



# REDUCCIÓN DE OPERACIONES EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

**Apolinar Zapata Reboloso**  
**Servando Lizardi Macías**

## Resumen

Se presenta el uso de la simulación como una herramienta para reducir operaciones en una línea de producción. El modelo de simulación es presentado utilizando FlexSim. Los datos requeridos para alimentar el modelo son obtenidos mediante una combinación de varias herramientas de ingeniería. En particular, es importante señalar el uso de una aplicación en Excel, propiedad de la empresa, la cual es ampliamente utilizada para el Diseño de Sistemas de Producción.

Se tomaron mediciones de tiempo de cada operación manual y de cada operación de carga y descarga. También se recolectaron los ciclos de todas las máquinas y los cambios de número de parte. El modelo de simulación de los procesos es obtenido cuando se alimentan los requerimientos en FlexSim. Posteriormente, se aplica la herramienta OptiQuest para obtener una optimización del modelo de simulación del sistema que se está estudiando.

La optimización generada por FlexSim, le ha permitido a la empresa maquiladora liberar espacio en la nave industrial. Ese espacio extra podría ser utilizado para adquirir nuevos clientes. En caso de no conseguir nuevos productos, entonces se beneficia al reducir gente, máquinas y energía.

**Palabras clave:** FlexSim, simulacion, PSD, maquiladora.

## Introducción

El fenómeno de la globalización ha incrementado los desafíos a los que debe enfrentar la industria, principalmente ésta debe resolver problemas de competitividad, productividad y calidad. Paralelamente, se están generando cambios de mercado, demográficos, sociales y de administración, que exigen la generación de nuevos y mejores diseños en el área de la computación (Beaverstock, 2011). Dichos progresos han traído consigo grandes avances de igual importancia en la toma de decisiones y el diseño de procesos costeables para la empresa. En este sentido, una de las técnicas que sin duda ha mostrado mayor impacto es la simulación.

La simulación es una herramienta que permite conocer y analizar los sistemas de producción. El análisis se ejecuta considerando varios escenarios, involucrando muchas variables de decisión y observando su comportamiento a largo plazo (García Dunna, 2006).

En este artículo se presenta el proceso de optimización de una línea de producción de una empresa maquiladora, utilizando de manera particular el programa FlexSim.

FlexSim es un programa de simulación que permite visualizar y experimentar con cambios en las operaciones y en los procesos de logística, de manejo de materiales y de manufactura, de la manera más rápida y sencilla (Toucet Torne, 2012). Con FlexSim se evitan los altos costos, riesgos y extensos tiempos que surgen cuando se implementan cambios en el mundo real basados en la prueba y el error. FlexSim está orientado a la simulación de procesos, ofreciendo la

capacidad para realizar cálculos estadísticos, los cuales exhiben las áreas de oportunidad en una organización, la cual se esmera en optimizar sus recursos.

FlexSim es un software de simulación verdaderamente orientado a objetos que sirve para construir modelos que ayudan a visualizar el flujo de los procesos, y con ello, optimizarlos y generar ahorros. Permite analizar diferentes escenarios y condiciones, encontrando la solución más conveniente. Con FlexSim se modelan sistemas en un ambiente gráfico en tres dimensiones (3D) incluyendo los últimos avances en tecnología que facilita la comunicación y comprensión de las ideas para una acertada toma de decisiones.

FlexSim representa la mayor innovación en software de simulación de los últimos años, al ofrecer todo el poder, flexibilidad y conectividad. Es la más avanzada tecnología de simulación. FlexSim presenta una extraordinaria facilidad de uso. Permite construir modelos simples y complejos de la forma más rápida y sencilla posible, sin necesidad de conocimientos de programación.

### Justificación

El problema a resolver en este artículo, es la construcción de un modelo de simulación de una línea de producción en una empresa maquiladora del ramo electrónico. La pregunta plantada es la siguiente: ¿Será posible simular una línea de producción para determinar su optimización evitando desperdicios de tiempo, recursos y capital humano?

Entonces, el objetivo es conseguir la optimización de la línea de producción usando FlexSim como herramienta para conocer el impacto que tendrán los cambios en los procesos, para lograr una reducción del tiempo y mostrando la importancia que tiene ésta.

Hipotéticamente, se acepta la existencia de una relación positiva, estadísticamente significativa, entre el uso de la simulación y los cambios óptimos de sus procesos reales.

Un modelo de simulación con FlexSim, presenta una idea clara del nuevo proceso cuando los cambios se implementen en la línea. Si llegasen a existir nuevos productos, mejoras en el proceso, o implementación de nuevos equipos, éstos podrán ser sometidos a un análisis dentro del software FlexSim, y con ello, poder tomar decisiones importantes en la línea de producción.

Con los resultados obtenidos, se podrá determinar la optimización de los procesos dentro de una línea de producción. De esta manera se podrán medir los cambios, las trayectorias, etc; que representen un impacto en el proceso de producción actual y futuro.

La tabla 1 presenta las actividades clave necesarias para la construcción del modelo de simulación.

Tabla 1. Desglose de las actividades necesarias para construir el modelo de simulación.

<i>Actividades</i>	<i>Sub-actividades</i>
<p><i>Determinar el proceso a simular (línea de producción)</i></p> <p>Editar un modelo, máquina por máquina, en FlexSim.</p>	<p><i>Modelado de los números de parte.</i></p> <p>Interacción entre las características del proceso de producción, el operador y la máquina.</p> <p>Introducir, en el software de simulación, los datos tomados en el área real de trabajo.</p>
<p><i>Experimentar con el modelo.</i></p>	<p><i>Utilización de Optquest para optimizar las operaciones.</i></p>

Fuente: Propia.

## Metodología

El estudio es descriptivo y correlacional porque se describen relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. (Sampieri Hernandez Roberto, 2003).

Es un método experimental, porque se presenta un estudio con el cual se desea optimizar una línea de producción en una empresa maquiladora. El modelo de estudio será sometido a un análisis utilizando Optquest, la cual es un software complementario de FlexSim. En particular, se desea visualizar el comportamiento de los números de parte, las operaciones manuales, ciclos de máquina, el tiempo de carga y el tiempo de descarga.

Según los resultados que nos muestre Optquest de FlexSim, se tomaran las acciones apropiadas para ejecutar los cambios necesarios en el área real de trabajo, y así obtener una optimización de la línea de producción.

Se tomaron como referencia los números de parte correspondiente a la línea de producción denominada "G Canadá Control", los ciclos de máquina, los tiempos de operaciones de carga/descarga, así como también los tiempos de las operaciones manuales, el tiempo de set up aplicado a cambios de modelo. Todos ellos son elementos importantes para construir el modelo de simulación que se desea optimizar.

Los instrumentos utilizados para recolectar los datos necesarios involucran visitas a la planta, observación de la línea, layout de la planta, toma de tiempos. Todos estos datos recolectados están relacionados con la línea de producción.

La decisión de usar FlexSim como herramienta para analizar y resolver problemas asociados con las operaciones del sistema, son un factor importante para garantizar que el modelado y el análisis sean exitosos.

Las variables denotan una característica de la realidad que puede ser observada. Es decir, una variables es una característica o atributo que está sujeta a variación en el transcurso del tiempo, por lo que puede presentar diferentes valores en las unidades con que se mide (Hodson, 2004).

Existen variables cuantitativas y cualitativas dependiendo de la característica a observar. Por otro lado, existe una clasificación general en donde se identifican dos tipos de variables, las dependientes y las independientes. Las variables dependientes son el objeto del estudio principal, se encuentra en el problema a investigar que puede ser cuantificado. Las variables independientes son aquellas que fluyen sobre la variable dependiente y se relaciona explicando la varianza de la variable dependiente.

Las variables se dividen como se muestra en la figura 1.

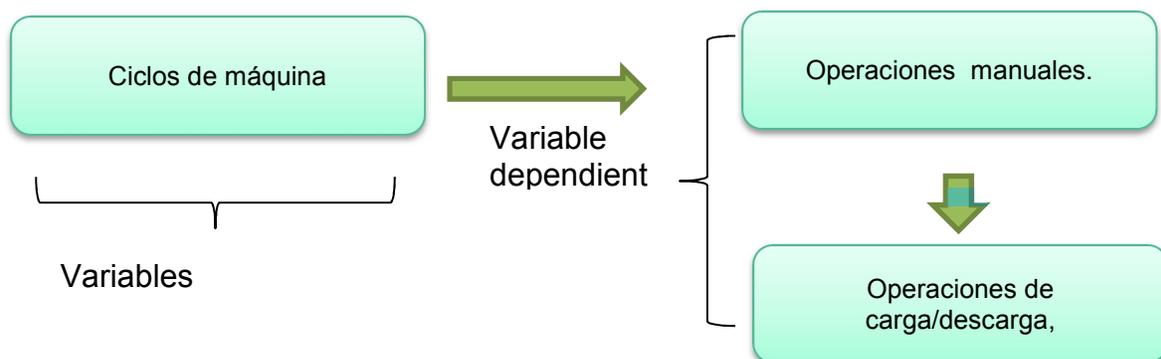


Figura 1. Variables independientes y dependientes.

Lo que se estudia en la línea de producción son las variables (los ciclos de máquina, operaciones de carga/descarga, las operaciones manuales). Los datos son los valores que se asignan a la variable en cada caso.

La naturaleza de las observaciones es de gran importancia a la hora de elegir el método de análisis más apropiado (Levin Richard, 2010). Con este fin, se analizarán las variables cuantitativas. Variables cuantitativas son aquellas que pueden medirse, cuantificarse o expresarse numéricamente. Las variables cuantitativas continuas son aquellas que admiten cualquier valor dentro de un rango numérico. (Sampieri Hernández Roberto, 2003). Por otro lado, las variables cuantitativas discretas son aquellas que toman solamente valores enteros.

## Resultados

En la figura 2 se muestra el modelo de simulación de la línea “G Canadá control”. Es aquí donde la materia prima comienza a procesarse en cada una de las estaciones de trabajo de la línea.

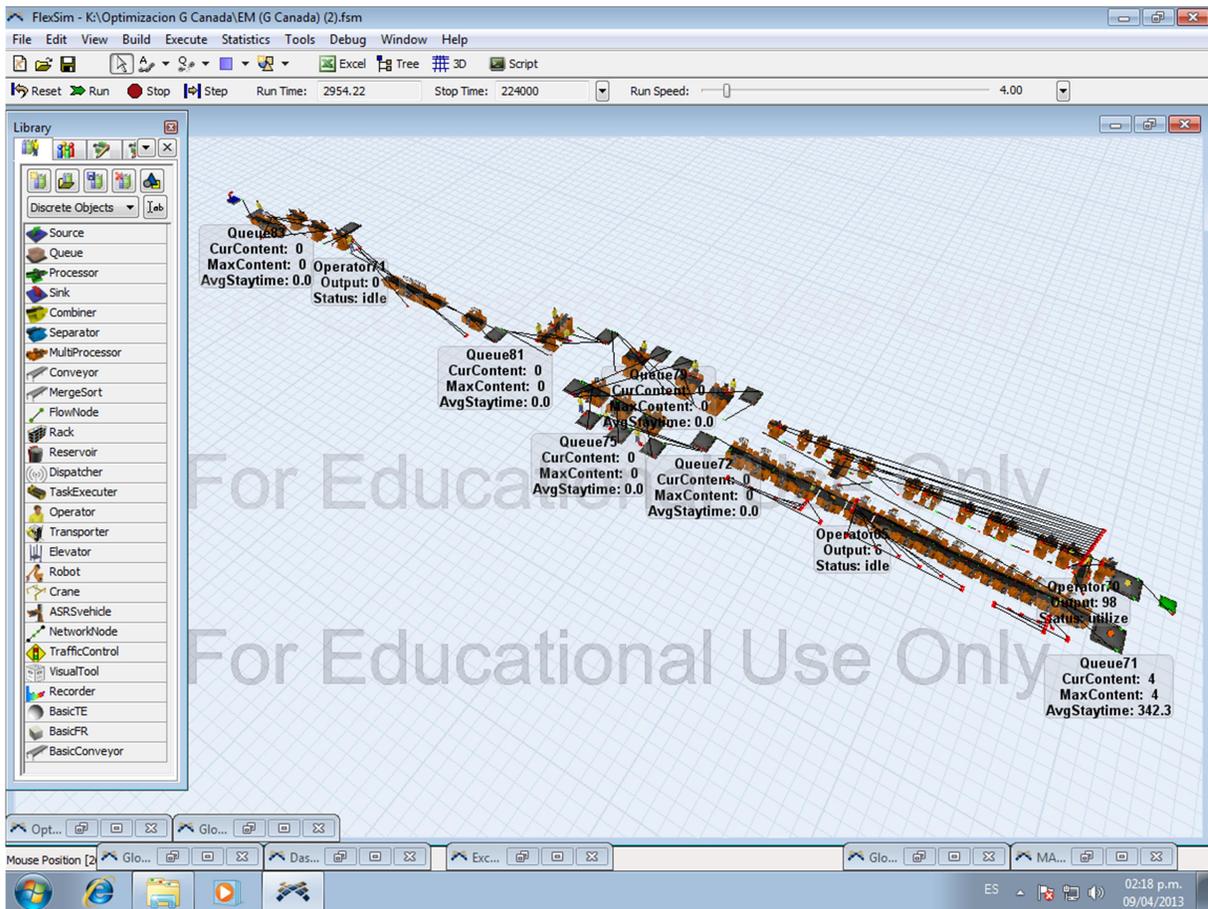


Figura 2. Modelo de simulación de la línea de producción.

En la tabla 2 se muestran los números de parte que se corren en la línea de producción “G Canadá”.

Tabla 2. Números de parte

Números de Parte Correspondientes a G Canadá Control		
G1-1007-000	G1-11434-000	G1-11665-000
G1-101-070	G1-11450-000	G1-11686-000
G1-1047-000	G1-11452-000	G1-11689-000
G1-1052-000	G1-11459-000	G1-11696-000
G1-1065-000	G1-11480-000	G1-11700-000
G1-1070-000	G1-11486-000	G1-11705-000
G1-1073-000	G1-11502-000	G1-11709-000
G1-1074-000	G1-11513-000	G1-11712-000
G1-1079-000	G1-11521-000	G1-11713-000
G1-1084-000	G1-11569-000	G1-11714-000
G1-1085-000	G1-11579-000	G1-11715-000
G1-11013-000	G1-11579-070	G1-11721-000
G1-11015-000	G1-11606-000	G1-11722-000
G1-11210-000	G1-116-070	G1-11723-000
G1-11215-000	G1-11614-000	G1-11724-000
G1-11246-000	G1-11625-000	G1-11728-000
G1-11257-000	G1-11627-000	G1-11729-000
G1-11268-000	G1-11632-000	G1-11742-000
G1-11271-000	G1-11656-000	G1-11750-000
G1-11281-000	G1-11664-000	G1-11757-000
G1-11765-000	G1-11771-000	G1-11777-000
G1-11770-000	G1-11774-000	G1-11778-000
G1-11780-000	G1-11780-000	

En la tabla 3 se muestra una programación de 10 días de producción, donde FlexSim corrió y simuló estos números de parte que normalmente se corren en 61.37 hrs.

Tabla 3. Orden de producción.

Nombre	ItemType	cantidad	lotelD	orden
K G1-1052-000	209	240.00	1	1
K G1-11452-000	209	240.00	2	2
K G1-11521-000	209	6.00	3	3
K G1-11521-000	149	54.00	4	4
K G1-11579-070	29	126.00	5	5
K G1-11722-000	29	28.00	6	6
K G1-11780-000	32	20.00	7	7
K G1-2587-000	23	63.00	8	8
K G1-2683-000	87	63.00	9	9
K G1-2683-000	53	225.00	10	10
K G1-2683-000	4	25.00	11	11
K G1-2716-000	87	20.00	12	12
K G1-2716-000	87	252.00	13	13
K G1-2716-000	74	50.00	14	14
K G1-661-000	97	24.00	15	15
K G1-8079-000	97	24.00	16	16
K G4-4915-000	97	240.00	17	17
K G4-14218-000	67	50.00	18	18
K G4-624-000	147	2.00	19	19
K G4-14218-000	5	25.00	20	20
K G4-2447-000	74	38.00	21	21
K G4-14301-000	74	76.00	22	22
K G4-650-000	147	2.00	23	23

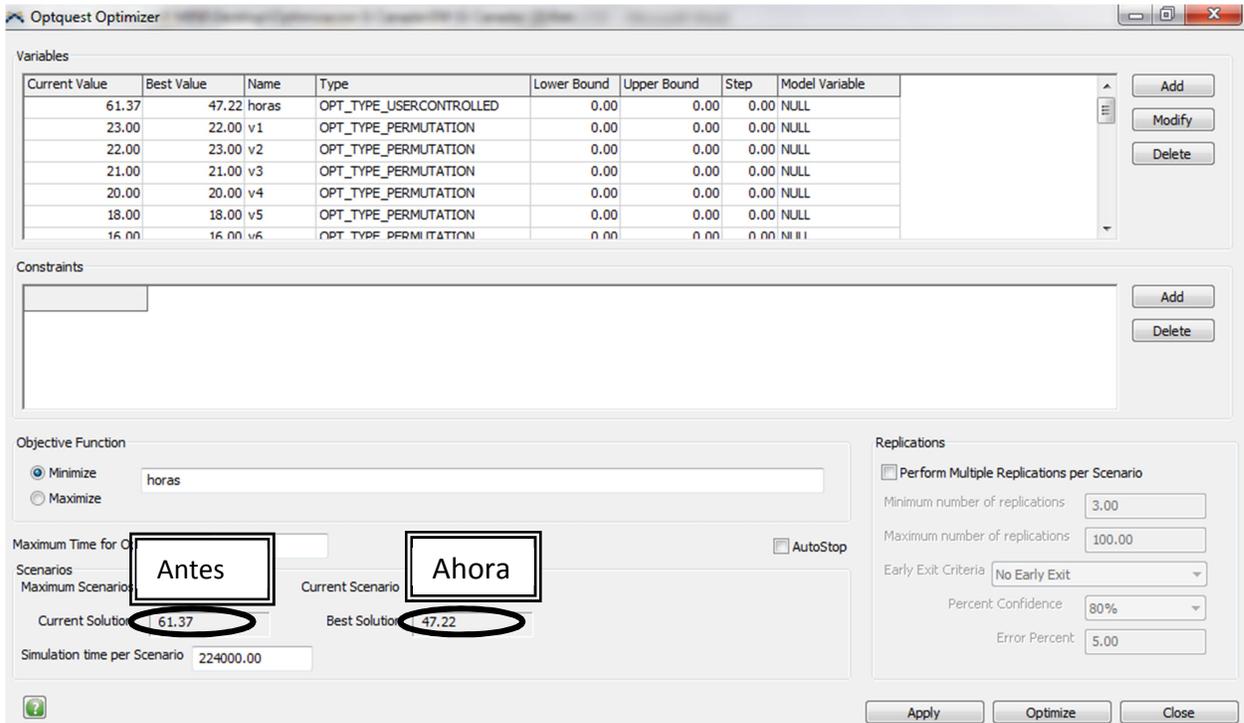
En la tabla 4 se muestran el programa optimo mostrando las mejores alternativas de cómo se debe correr la programación para poder reducir el tiempo de producción de 10 días, FlexSim arrojó un análisis en el cual el tiempo de finalización de la programación de producción se hizo en menos tiempo.

Tabla 4. Secuencia de órdenes de producción.

Global Table - Programa Óptimo						
Name:	Programa Óptimo		Rows:	23.00	Columns:	5.00
Nombre	ItemType	cantidad	loteID	orden		
K G4-14218-	5.00	25.00	20.00	1.00		
K G4-624-00	147.00	2.00	19.00	2.00		
K G4-4915-0	97.00	240.00	17.00	3.00		
K G4-14218-	67.00	50.00	18.00	4.00		
K G4-14301-	74.00	76.00	22.00	5.00		
K G1-2716-0	87.00	252.00	13.00	6.00		
K G1-2716-0	74.00	50.00	14.00	7.00		
K G4-2447-0	74.00	38.00	21.00	8.00		
K G1-661-00	97.00	24.00	15.00	9.00		
K G1-8079-0	97.00	24.00	16.00	10.00		
K G1-11780-	32.00	20.00	7.00	11.00		
K G4-650-00	147.00	2.00	23.00	12.00		
K G1-2683-0	53.00	225.00	10.00	13.00		
K G1-2683-0	4.00	25.00	11.00	14.00		
K G1-2683-0	87.00	63.00	9.00	15.00		
K G1-11722-	29.00	28.00	6.00	16.00		
K G1-2587-0	23.00	63.00	8.00	17.00		
K G1-11579-	29.00	126.00	5.00	18.00		
K G1-2716-0	87.00	20.00	12.00	19.00		
K G1-11521-	149.00	54.00	4.00	20.00		
K G1-11521-	209.00	6.00	3.00	21.00		
K G1-1052-0	209.00	240.00	1.00	22.00		
K G1-11452-	209.00	240.00	2.00	23.00		

En la tabla 5 se muestra la programación de producción, obtenida de FlexSim, optimizada. Ahora se necesitan solo 47.22 hrs. Es decir, se tiene una diferencia de 14.15 hrs. Como resultado, se hacen las entregas al cliente más pronto y los empleados sobrantes se pueden reubicar en otras áreas.

Tabla 5. Optimización generada por Optquest.



The screenshot shows the Optquest Optimizer interface. The 'Variables' table is as follows:

Current Value	Best Value	Name	Type	Lower Bound	Upper Bound	Step	Model Variable
61.37	47.22	horas	OPT_TYPE_USERCONTROLLED	0.00	0.00	0.00	NULL
23.00	22.00	v1	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL
22.00	23.00	v2	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL
21.00	21.00	v3	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL
20.00	20.00	v4	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL
18.00	18.00	v5	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL
16.00	16.00	v6	OPT_TYPE_PERMUTATION	0.00	0.00	0.00	NULL

In the 'Objective Function' section, 'Minimize' is selected with the value 'horas'. The 'Replications' section shows 'Perform Multiple Replications per Scenario' checked, with a minimum of 3.00 and a maximum of 100.00. The 'Early Exit Criteria' is set to 'No Early Exit', 'Percent Confidence' is 80%, and 'Error Percent' is 5.00.

At the bottom, the 'Current Scenario' section shows 'Antes' with a 'Current Solution' of 61.37 and 'Ahora' with a 'Best Solution' of 47.22. The 'Simulation time per Scenario' is 224000.00.

### Conclusiones

Este artículo muestra que el uso de la simulación es un medio óptimo, y económico, para realizar cambios en los procesos reales en una empresa maquiladora. Por lo tanto, se puede afirmar que la simulación es fundamental para la construcción de modelos utilizados para la optimización de procesos.

Basados en herramientas de manufactura esbelta, se han optimizado los siguientes recursos de la empresa: capital humano, maquinaria, piso de producción, y energía.

También es recomendable tener a la mano un tutorial de FlexSim. Esto es necesario para comprender correctamente las funciones de cada una de las herramientas para el diseño del modelo.

Para poder optimizar una línea de producción, lo más importante es la recaudación de los datos contando con un gran equipo de colaboradores y tener paciencia para poder ver reflejados los resultados en el software. Cada dato que se tome de la línea de producción, por cada número de parte, debe ser seleccionado en base al estudio para poder lograr un buen resultado. Al final, es importante confiar en los resultados que genera FlexSim e implementar los cambios sugeridos por el estudio.

FlexSim es una excelente herramienta para acreditar toda la información obtenida, sin necesidad de hacer cambios físicos en el área de producción. Sin embargo, el proceso utilizado para modelar un sistema podría llegar a ser muy complejo. A menudo, esto es debido a la dificultad de replicar su funcionalidad. Está claro que la representación de las operaciones debe ser muy exacta. Por otro lado, la confiabilidad tiene un significativo impacto en el desempeño de los sistemas. En este sentido, FlexSim juega un papel importante para determinar la ubicación, el tamaño, y cualquier punto de acumulación de material. Los resultados que genera FlexSim son una importante y eficiente información relacionada con la optimización de la producción.

## Bibliografía

Beaverstock, M. W. (2011). *Applied Simulation, Modeling and Analysis Using FlexSim*. Orem,Utah: FlexSim Software Products,Inc.

Garcia Dunna, E. R. (2006). *Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel*. Mexico: Pearson- Prentice Hall.

Hodson, W. K. (2004). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. Mexico : McGraw-Hill.

Levin Richard I, R. D. (2010). *Estadística para Administración y Economía 7 Edición*. Mexico: Pearson.

Sampieri Hernandez Roberto, C. F. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraww-Hill Interamericana.

Toucet Torne, J. (2012). *Lander Simulation & Training solutions*. Mexico: FlexSim.