

## MANUFACTURA ESBELTA EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS

*Data de aceite: 01/03/2024*

### **Jorge Tomás Gutiérrez Villegas.**

Catedrático de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua  
<https://orcid.org/0000-0003-2902-6020>

### **María Leticia Silva Ríos**

Catedrática de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua  
<https://orcid.org/0000-0002-4989-0185>

### **Armando Ernesto Valles Ramírez. Catedrático de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua**

### **Edgar Omar Gutiérrez Villegas**

Catedrático de Ciencias Económico Administrativas en el Tecnológico Nacional de México campus Parral, Hidalgo del Parral, Chihuahua

**RESUMEN:** Manufactura esbelta es una filosofía revolucionaria utilizada por las empresas productoras de bienes de transformación con un enfoque en el aumento de la eficiencia y de reducción de desperdicio entre otros: tiempos de entrega, trabajos en proceso, nivel de

inventario y utilización del espacio, así como incremento de la calidad, superando las expectativas del cliente, elementos que han constituido la esencia para alcanzar el éxito empresarial. La empresa donde se realizó el estudio implementó esta metodología para mejorar su proceso de producción. Después de un análisis exhaustivo de su línea de producción, identificaron áreas de desperdicio y oportunidades de mejora. La implementación de este sistema en la empresa generó una disminución considerable del nivel de inventarios, pasando de 408 a 0 mangas (reducción del 100% del nivel de inventarios de producto en proceso y producto terminado), trayendo como consecuencia una mejor utilización de los recursos financieros, materiales y humanos, liberando espacio en piso en área de producción de 538 pies<sup>2</sup> y almacenes 2200 pies<sup>2</sup>, valores que representaron un 22% de disminución en espacio.

**PALABRAS-CLAVE:** Sistemas productivos, técnica de jalón, nivel de inventario, sistema de jalón, reducción de espacio, heijunka

## LEAN MANUFACTURING IN IMPROVEMENT OF PRODUCTION PROCESSES

**ABSTRACT:** Lean manufacturing is a revolutionary philosophy used by companies producing manufacturing goods with a focus on increasing efficiency and reducing waste among others: delivery times, work in process, inventory level and space utilization, as well as an increase in quality, exceeding customer expectations, elements that have been the essence of achieving business success. The company where the study was carried out implemented this methodology to improve its production process. After a thorough analysis of their production line, they identified areas of waste and opportunities for improvement. The implementation of this system in the company generated a considerable decrease in the level of inventories, going from 408 to 0 sleeves (100% reduction in the level of inventories of products in process and finished products), resulting in a better use of resources. financial, material and human, freeing up floor space in the production area of 538 ft<sup>2</sup> and warehouses of 2,200 ft<sup>2</sup>, values that represented a 22% decrease in space.

**KEYWORDS:** Production systems, pull technique, inventory level, pull system, space reduction, heijunka

### INTRODUCCIÓN

Un sistema de producción utiliza insumos en forma de materiales, personal, maquinaria, capital, servicios e información y los transforma dentro de un subsistema en los productos y/o servicios deseados. En los últimos años en la industria de transformación se han experimentado grandes cambios en la manera de desarrollar los procesos productivos, esto ha sido en gran parte a la marcada competencia y su deseo por permanecer en el mercado. Los principales promotores de dichos cambios son las empresas que trabajan con sistemas de manufactura esbelta y/o sistemas de clase mundial, entre los que se encuentran la técnica de jalón desarrollada por Toyota Motor Company.

Las empresas nacionales o multinacionales tienen como objetivos la reducción de costos y mejoramiento de productividad dentro de sus esquemas de producción, para permanecer competitivos en una economía donde los clientes cada día exigen más producto, mejor calidad, menores precios y entregas frecuentes y a tiempo. Otro objetivo que influye es la identificación de lo que no agrega valor al producto o dicho en otras palabras, la eliminación de todo aquello que genere costos para la empresa y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Para esto se debe crear un flujo continuo para que cada paso agregue valor a otro desde la materia prima hasta la concepción del producto final (Womack y Jones, 2003). Esto permite crear sistemas de producción más robustos puesto que se eliminan algunos o todos los desperdicios que se generan en los procesos y la inestabilidad que tienen, creando sistemas de entrega de materiales apropiados y mejora las distribuciones de planta, para aumentar la flexibilidad en los procesos. Esto se logra al tener un ambiente más controlado de lo que son las entradas y las salidas, además de que se cuentan con controles más estrictos, robustos y con menos margen de error para la programación de las operaciones (Licker y Womack, 1997).

Las empresas de corte tradicional, generalmente en aras de mantener niveles de eficiencia altos fabrican excedentes de demanda (sobreproducción) considerado como desperdicio y que genera niveles de inventario altos impactando negativamente el flujo de efectivo y la rentabilidad de las empresas. Este desperdicio puede incluir los materiales con los cuales se produce, el tiempo en el manejo, espacio de almacenaje, cargos por inventario, maquinaria, equipo, así como defectos mismos de la sobreproducción mayormente causada por el uso excesivo de los recursos tanto humanos así como en equipo (Tincher, 2002).

En las operaciones, los niveles altos de inventarios pueden esconder muchos otros problemas como de maquinaria, problemas de calidad, tiempos largos de transportes y entrega de proveedores, ausentismo, organización, limpieza, comunicación de los problemas a lo largo de las organizaciones, tanto con los proveedores así como con los clientes. Los sistemas de manejo de material que controlan el flujo de producción ayudan a reducir éstos niveles mencionados a uno óptimo (Davis, 1999). Inventario en los procesos productivos según Axsater, (2006) lo define como toda la materia prima, trabajo en proceso y en si a todo el bien terminado listo para embarcarse, representando uno de los activos más importantes para la empresa, debido a que el retorno sobre lo invertido en dichos inventarios representan uno de los recursos sobre los cuales se cimienta la empresa y la generación de ganancias y por consiguiente las ganancias de los dueños y accionistas.

## **DESARROLLO**

### **Descripción del método**

El objetivo de todas las empresas es ganar dinero ahora y en el futuro, la acumulación de inventario de trabajo en proceso y producto final merman las utilidades de la empresa ya que consumen capital de trabajo y generan costos de almacenamiento. La empresa se dedica a la fabricación de transmisores de poder (bandas) para el ramo industrial. El proceso de producción de la empresa motivo del estudio consiste en la construcción, forrado y vulcanizado de bandas industriales, fabricando tres productos diferentes (MT 260, MT 390 y MT 450), la fabricación de estos productos se realiza por mangas, siendo una manga el equivalente a doce productos terminados de cualquiera de los tres productos que fabrica. La secuencia del proceso productivo para cada uno de los productos así como sus respectivos tiempos expresados en minutos se muestra en la Figura 1.

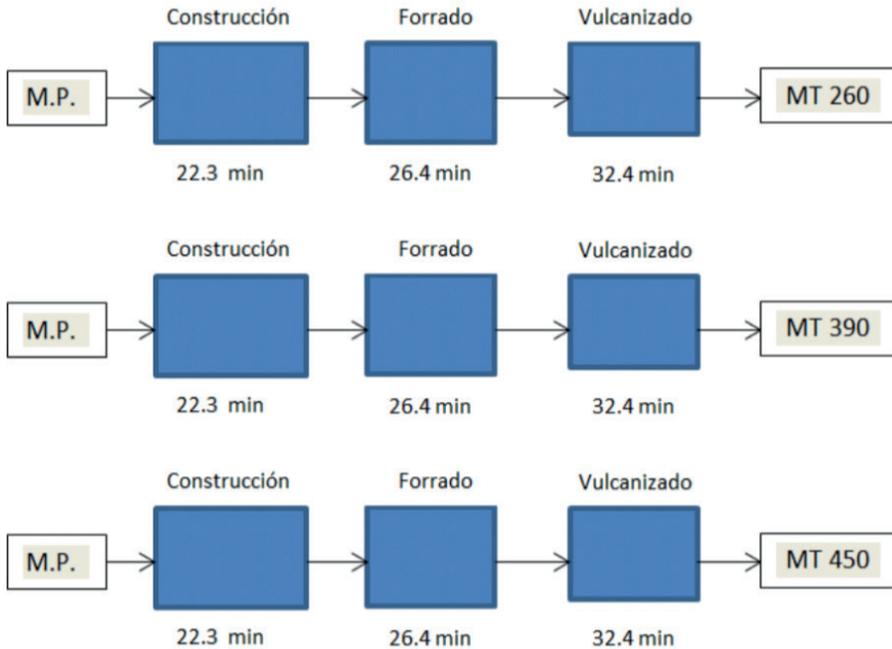


Figura 1. Diagrama de proceso de elaboración de productos

Fuente: Elaboración propia

Actualmente la empresa cuenta con 1,100 trabajadores en el área de manufactura entre técnicos y operadores, se trabajan 2 turnos de trabajo de 8 horas por día y 5 días laborales a la semana, Se presentan inventarios de producto en proceso y producto terminado en cantidades que elevan de manera considerable el nivel de inventario en algún producto en particular provocando en ocasiones paros productivos por falta de espacio y lo más grave por falta de materia prima en algunos productos que llevan a no entregar a tiempo productos terminados.

En la elaboración del producto se tiene inventarios en distintos puntos. El primer exceso de inventarios importante es en la entrada del proceso, ya que las partes provenientes del almacén de materia prima son puestos en un almacén temporal a la espera de ser repartidas en el área de construcción e iniciar el proceso de producción. Además, existen tiempos de espera considerables dentro del proceso, ya que, las partes que van de un área a otra son almacenadas en contenedores hasta ser movilizadas y ser repartidas entre los respectivos puestos de trabajo. La cantidad a almacenar no es estándar ni sigue un procedimiento establecido, este stock es mantenido hasta que la siguiente área de trabajo se encuentre habilitada para procesarlo. Así pues, la administración de inventarios presenta deficiencias, ya que mientras se mantienen niveles de inventario altos en algún producto, en otro se presentan faltantes en momentos específicos de tiempo que requieren entrega de productos, además de artículos defectuosos que pasan a ser reprocesados en el mejor

de los casos y cuando no es posible, simplemente se convierten en scrap. La empresa, por tal motivo trata de mantener niveles de inventario de los tres productos para evitar faltantes en la entrega al cliente.

Se realizó una recolección de datos de los niveles de producción mensuales de cada producto y el inventario final generado en el último mes, los datos recolectados se muestran en la Tabla 1. La producción final mensual en las diferentes áreas de producción, se muestran en la Tabla 2. La Tabla 3 indica el nivel de inventario final encontrado en las diferentes áreas.

PRODUCTO	PRODUCCION MENSUAL	INVENTARIO FINAL
MT 260	252	12
MT 390	148	8
MT 450	188	8

Tabla 1. Producción e inventario final mensual de producto terminado (mangas)

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTO	CONSTRUCCION	FORRADO	VULCANIZADO
MT 260	368	308	252
MT 390	228	180	148
MT 450	372	232	188

Tabla 2. Producción final mensual por áreas (mangas)

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTO	CONSTRUCCION	FORRADO	VULCANIZADO
MT 260	60	56	12
MT 390	48	32	8
MT 450	140	44	8

Tabla 3. Niveles de inventario final en las áreas involucradas (mangas)

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la cantidad de inventarios tanto en proceso como de producto terminado que genera la empresa, esta situación es el principal problema que se tiene en el área de producción, ya que provoca otros problemas como son inventarios de un producto en particular en momentos determinados de tiempo por sobreproducción y faltantes de otros artículos, lo que evidencia que la organización requiere una mejor planificación de inventarios. Para ello se ha elaborado un plan de la producción de los productos faltantes. Una vez que los productos en inventario han sido agotados se procedió a implementar una mejora del sistema.

La idea de mejoramiento surge por la gran necesidad de entregar a tiempo los pedidos a los clientes y bajar el nivel de inventario. Las estrategias utilizadas fueron: Efectuar una programación nivelada de la producción que sirve de base para tener disponibilidad de producto terminado de manera más frecuente incrementando el nivel de entregas mediante la utilización de lotes de producción de tamaño de 5 mangas, la utilización del Sistema de Jalón para eliminar y controlar los niveles de inventario, así como cargas de trabajo equivalentes. La demanda semanal ajustada solicitada por el cliente se presenta en la Tabla 4.

PRODUCTO	DEMANDA SEMANAL
MT 260	60
MT 390	35
MT 450	45

Tabla 4. Demanda Semanal (mangas)

Fuente: Elaboración propia

La nivelación de la producción total intenta regular un desequilibrio, haciendo que los volúmenes de producción sean lo más constantes posibles. En este sentido, si se considera la producción de una gama de artículos diferentes, para empezar se debe preparar una secuencia de lotes de producción semanal, a partir de los pronósticos y los pedidos en firme. El nivelado de la producción consiste en determinar el volumen diario de producción, de forma tal que se mantenga lo más constante posible. Este volumen diario es un aproximado de las cantidades exactas a producir, además es una guía para prevenir a los responsables de las estaciones de trabajo y almacén las posibles necesidades en un futuro próximo.

La nivelación de la producción con un tamaño de lote de 5 mangas da una secuencia de programación de 12 lotes del producto MT 260, 7 lotes del producto MT 390 y 9 lotes para el producto MT 450. Una posible secuencia de la programación es **MT 450 MT 260 MT 390 MT 450 MT 260 MT 390 MT 260 MT 450 MT 260 MT 450 MT 260 MT 390 MT 450 MT 260 MT 390 MT 260 MT 450 MT 260 MT 450 MT 260 MT 390 MT 450 MT 260 MT 390 MT 260 MT 450 MT 260 MT 390** que fue la utilizada en las corridas de producción semanal. Rother y Jones (1999) mencionan, lo que se busca al aplicar la manufactura esbelta es tener un proceso que sea capaz de fabricar lo que el siguiente proceso requiere y en el momento que lo requiere. Se busca ligar todos los procesos de la empresa identificando las necesidades desde el consumidor final hasta la preparación de la materia prima en flujo continuo, lo cual ayuda a reducir tiempos de entrega y costos y a aumentar la calidad del producto. Considerando que el tiempo marcapasos del sistema corresponde en los tres productos a la operación de vulcanizado, situación que establece que el tiempo pitch

(tiempo de lanzamiento de cada lote) corresponde a 162 minutos, es decir una producción de 5 mangas (60 artículos de cada producto) en 162 minutos, lo que significó una utilización de 4536 minutos de los 4800 disponibles en la semana para producir los 28 lotes. Esto indica que el proceso si tiene capacidad para producir la demanda solicitada por el cliente.

La reducción de inventarios se logra aplicando la técnica de jalón. Una vez que se han establecido los recursos necesarios para producir las cantidades que indica el nivelado de la producción, se debe establecer la programación exacta, esta solo se entrega a las estaciones de construcción (al inicio de la línea), y desde allí, mediante la utilización de un sistema de señales, se desencadena el proceso de producción de los productos entre dos estaciones de trabajo consecutivos o bien considerando la línea como proveedor y relacionándolo con el cliente (demanda). En los sistemas de producción de jalón se utilizan tarjetas que son incorporadas a los contenedores de material. El consumo de tales contenedores libera la tarjeta kanban, que actúa como orden de reposición para el proceso precedente. La reposición de contenedores se debe realizar considerando la Ecuación 1, que es la fórmula que utiliza el sistema kanban.

$$TA = \frac{\#K * TC}{DD} = \frac{1 * 5}{140} = .035714 \text{ semanas} = 162 \text{ minutos}$$

Ecuación 1. Calculo de tiempo de reposición del contenedor

Dónde:

TA= Tiempo de abastecimiento (semanas)

#K= Número de contenedores o tarjetas a utilizar

TC= Tamaño del contenedor

DD= Demanda semanal

En la Ecuación 1 se consideró un tamaño de contenedor de 5, una sola tarjeta que es el equivalente a un contenedor, la demanda semanal total de los productos (140 unidades) y una jornada de trabajo semanal equivalente al tiempo requerido para producción de 4536 minutos. La implementación del sistema se llevó a cabo mediante la realización de una Programación Heijunka, dicha programación se muestra en la Tabla 5.

# LOTE	TIPO	TIEMPO PITCH	TIEMPO INICIO	TIEMPO FINAL	# LOTE	TIPO	TIEMPO PITCH	TIEMPO INICIO	TIEMPO FINAL
1	MT 450	162	0	162	15	MT 390	162	2268	2430
2	MT 260	162	162	324	16	MT 260	162	2430	2592
3	MT 390	162	324	486	17	MT 450	162	2592	2754
4	MT 450	162	486	648	18	MT 260	162	2754	2916
5	MT 260	162	648	810	19	MT 450	162	2916	3078
6	MT 390	162	810	972	20	MT 260	162	3078	3240
7	MT 260	162	972	1134	21	MT 390	162	3240	3402
8	MT 450	162	1134	1296	22	MT 450	162	3402	3564
9	MT 260	162	1296	1458	23	MT 260	162	3564	3726
10	MT 450	162	1458	1620	24	MT 390	162	3726	3888
11	MT 260	162	1620	1782	25	MT 260	162	3888	4050
12	MT 390	162	1782	1944	26	MT 450	162	4050	4212
13	MT 450	162	1944	2106	27	MT 260	162	4212	4374
14	MT 260	162	2106	2268	28	MT 390	162	4374	4536

Tabla 5. Programación Heijunka

Fuente: Elaboración propia

Una característica del sistema productivo es que se obligan a los suministradores de materias primas y componentes a programas con entregas muy exigentes, en donde se debe entregar materia prima y componentes para la elaboración de los productos cada 162 minutos. Este tipo de programación es flexible ya que exige de los proveedores entregas frecuentes y en pequeñas cantidades, en este caso para 5 mangas (60 productos) de acuerdo a la secuenciación marcada en la Programación Heijunka. Para que se puedan cumplir estos programas, con varias entregas diarias, es necesario que los suministradores de materiales y componentes sean considerados como parte del sistema de producción y que se establezca un trato de cooperación que permita entregas de calidad y sin retrasos. Debido a ello, la calidad concertada entre el fabricante y los proveedores es una práctica muy difundida en los sistemas de producción JIT (Justo a Tiempo). Este lanzamiento de productos en los tiempos programados elimina de manera dramática los niveles de inventario de producto en proceso y producto terminado.

## COMENTARIOS FINALES

### Resumen de resultados

Los resultados obtenidos con la implementación de la técnica de jalón en la empresa, cumplen con los objetivos marcados. La Tabla 6 indica la cantidad de mangas producidas de cada uno de los productos, así como su inventario final; La Tabla 7 muestra la producción final de mangas de cada artículo en las diferentes áreas del proceso productivo; La Tabla 8 señala los niveles de inventario de producto en proceso por áreas.

PRODUCTO	PRODUCCION MENSUAL	INVENTARIO FINAL
MT 260	240	0
MT 390	140	0
MT 450	180	0

Tabla 6. Producción mensual e inventario final de producto terminado

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTO	CONSTRUCCION	FORRADO	VULCANIZADO
MT 260	240	240	240
MT 390	140	140	140
MT 450	180	180	180

Tabla 7. Producción final mensual

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTO	CONSTRUCCION	FORRADO	VULCANIZADO
MT 260	0	0	0
MT 390	0	0	0
MT 450	0	0	0

Tabla 8. Niveles de inventario de producto en proceso por áreas

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

Cualquier actividad que no agregue valor al producto final es considerada como un desperdicio, tomando en cuenta que todo proceso debe fluir constantemente para que agregue valor a otro. Las principales mejoras se aprecian en la eliminación de los inventarios de manera total (28 mangas de producto terminado y 380 mangas de producto en proceso), una disminución en el tiempo laboral de 5.5% equivalente a 264 minutos en la semana aprovechados en otros proyectos por la empresa.

La eliminación de inventarios produjo ahorros en espacio de 538 pies<sup>2</sup> en área de producción y 2,200 pies<sup>2</sup> en área de almacenes. La Figura 2 muestra una comparación entre la situación anterior con la situación actual respecto a los niveles de producción por áreas, mientras que la Figura 3 indica la comparación de los niveles de inventario de los productos en proceso antes y después de aplicar la técnica de jalón en las diferentes áreas de producción de la empresa.

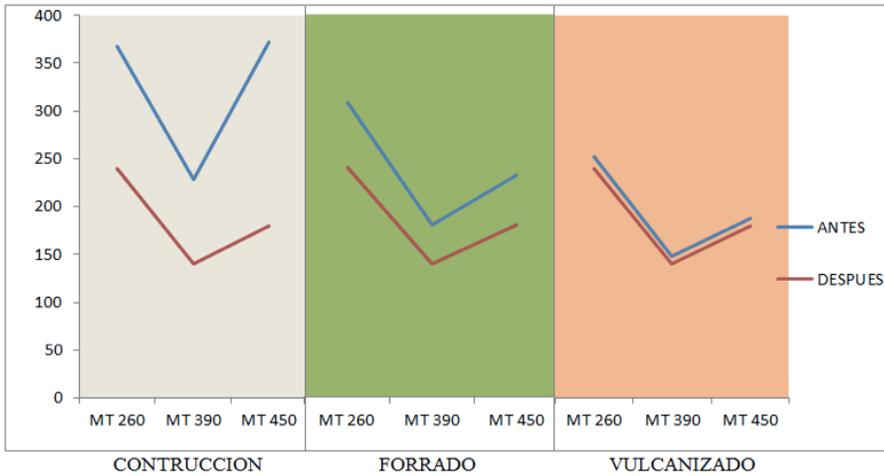


Figura 2. Comparación de niveles de producción

Fuente: Elaboración propia

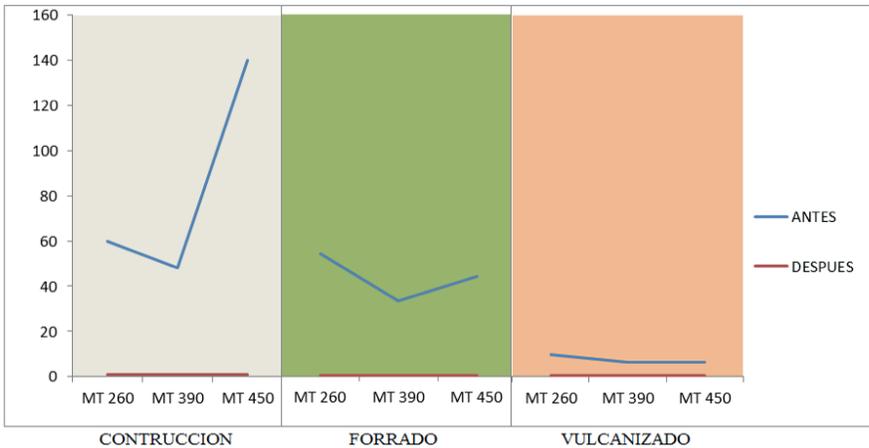


Figura 3. Comparación de niveles de inventario de producto en proceso y terminado

Fuente: Elaboración propia

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar futuras investigaciones donde se involucren más áreas de la empresa y se realicen pruebas estadísticas de correlación. De ésta forma se puede analizar y en su caso comprobar el impacto que tiene en las diferentes áreas la utilización de la técnica de jalón. Además de relacionar dichos resultados para definir, cuáles áreas son las que se ven más impactadas positivamente con dicha técnica. Se recomienda también, que se utilice la técnica para áreas similares, de empresas con giros diferentes, para analizar la relación entre las áreas de mejora y poder comprobar, si el tipo de producto afecta de una manera significativa a los resultados obtenidos.

## REFERENCIAS

Axsater, S. (2006). *Inventory control*. Springer Verlag New York.

Davis, J . (1999). *Fast Track to Waste-Free Manufacturing : Straight Talk from a Plant Manager*. Taylor and Francis, Inc..

Liker, F., Womack, J . (1997) *Becoming lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Productivity Press Inc..

Rother, M., & Jones, D. (1999). *Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Brookline.

Tincher, M. (2002). *High Velocity Manufacturing : A Step-by-Step Approach to Make Lean and Agile Manufacturing a Reality*. Buker Inc.

Womack, J. , Jones, D. ( 2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster Adult Publishing Group.