

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

**MEDICIÓN DE LA CREACIÓN DE VALOR EN PROYECTOS
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Autor
NICOLÁS GUILLERMO
GÓMEZ GARCÍA**

**Director
EDGARD JARAMILLO**

*Trabajo de grado presentado como requisito para optar
al título de Magister en Ingeniería Industrial*

en el

Departamento de Ingeniería Industrial

**Facultad de Ingeniería
Maestría Ingeniería Industrial
Bogotá, D.C.
2017**

Tabla de contenido

Planteamiento del problema	8
1. Revisión del estado del arte	8
1.1 Evolución del concepto de creación de valor.....	8
1.2 Subjetividad en el concepto de creación de valor	9
1.3 Valor económico y Valor Compartido	9
1.3.1 Valor económico o financiero	9
1.3.2 Valor Compartido	10
1.4 Evolución de la creación de valor en gestión de proyectos	10
1.4.1 Teorías de Creación de valor	10
1.4.2 Creación de valor económico en gestión de proyectos	12
1.5 Literatura asociada a la Creación de valor en gestión de proyectos	14
1.6 Métricas de valor económico.....	15
1.6.1. Cálculo y definición del EVA™	17
1.7 Áreas de énfasis en Ingeniería Industrial	18
1.7.1 Tendencias de Investigación sobre valor económico en las áreas de ingeniería industrial	18
2. Justificación	20
2.1 Creación de valor en el contexto organizacional	20
3. Coherencia con temáticas de la maestría	22
4. Pregunta de investigación	22
5. Objetivos	23
5.1 Objetivo General	23
5.2 Objetivos Específicos.....	23
6. Metodología	24
Consulta de expertos.....	24
Modelo SCOR	24
Medición de la creación de valor económico	25
7. Resultados	26
Consulta con expertos.....	26
Gestión de la cadena de abastecimiento y Logística.....	26
Manufactura o gestión de procesos.....	27

Investigación de operaciones.....	29
Ergonomía	30
8. Análisis de los Resultados	31
Metodología general para la medición de la creación de valor económico	31
Caso de estudio Manufactura	32
Descripción del caso.....	32
Problemática a resolver	32
Cómo lean & six sigma crea valor medido en EVA.....	34
Lean manufacturing	35
Definición	35
Herramientas.....	35
Six sigma.....	35
Definición	35
Herramientas.....	35
Procedimiento general (Navarrete 2016).....	36
Análisis de la creación de valor para el caso Lean Manufacturing & six sigma	37
Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras	37
Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros..	38
Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto	38
Medir la creación de valor.....	39
Análisis de sensibilidad.....	40
Caso de estudio Ergonomía.....	44
Descripción del caso.....	44
Problemática a resolver	44
Cómo la ergonomía crea valor medido en EVA	44
Estudios de monitoreo y evaluación en Ergonomía.....	47
Definición	47
Herramientas.....	47
Análisis de la creación de valor para el estudio de Monitoreo y Evaluación en Ergonomía	47
Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras	47
Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros..	48

Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto	48
Medir la creación de valor.....	49
Análisis de sensibilidad.....	49
Caso de estudio Gestión de la cadena de abastecimiento	53
Descripción del caso	53
Problemática a resolver	53
Cómo S&OP crea valor medido en EVA.....	53
Sales & Operation Planning.....	54
Definición	54
Herramientas.....	54
Análisis de la creación de valor para S&OP	54
Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras	54
Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros..	55
Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto	56
Medir la creación de valor.....	56
Análisis de sensibilidad.....	57
Caso de estudio Investigación de Operaciones.....	59
Descripción del caso	59
Problemática a resolver	59
Cómo el Sistema Multi-Agente de control de la producción crea valor medido en EVA.....	59
Sistemas Multi-Agente (Multi-Agent Systems-MAS)	60
Definición	60
Herramientas.....	60
Análisis de la creación de valor para Sistemas Multi Agente.....	60
Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras	60
Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros..	61
Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto	62
Medir la creación de valor.....	62
Análisis de sensibilidad.....	63

9. Discusión	65
10. Conclusiones.....	66
Bibliografía	69
Anexos.....	74
1. Proceso de recolección de la información (diseño y validación del cuestionario de la entrevista)	74
2. Ingenieros entrevistados.....	85
Gestión de la cadena de abastecimiento / Logística.....	85
Investigación de operaciones.....	86
Manufactura /procesos.....	87
Ergonomía	87

Resumen

La necesidad de evaluar los proyectos de ingeniería industrial en términos de la creación de valor, y la insuficiencia del enfoque en el que el triángulo de hierro (costo, tiempo, calidad) se establece como método de evaluación en éste contexto, son la principal razón por la cual el presente estudio fue escogido como tema de investigación.

En un principio se escogieron 4 ramas de la ingeniería industrial y se entrevistaron expertos en cada una para establecer las principales situaciones que un profesional debe enfrentar y resolver a través de la aplicación de las diferentes herramientas que ofrece la carrera. Se identificaron además, el alcance, los factores críticos de éxito en la implementación de dichas herramientas en las empresas, así como recursos, indicadores clave que se pretenden mejorar y requerimientos de información necesarios para poder evaluar los resultados de éste tipo de proyectos.

Con ésta información se halló un marco de referencia común para evaluar el impacto operacional de las herramientas teniendo en cuenta tanto factores adicionales a los que comúnmente se utilizan para evaluar el éxito de los proyectos anteriormente mencionados, como el impacto que la mejora de los indicadores establecidos por cada herramienta de ingeniería industrial puede llegar a tener en diferentes áreas de la empresa y en los ingresos, facturación, capacidad de atención de demanda, costos, inventarios, etc.

Una vez clara ésta información se procedió a analizar casos de aplicación de las diferentes herramientas de ingeniería industrial, y su impacto en la creación de valor. Para lograr esto fue necesario realizar un análisis incremental, comparando los flujos futuros de la situación propuesta (implementando la solución de ingeniería) y los flujos actuales (sin hacer mejoras a la situación actual), de manera que se pudiera medir la creación de valor económico que el proyecto proporciona.

Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad para identificar cuáles de los indicadores utilizados para evaluar el proyecto y las mejoras en la operación de la empresa, resultan ser también críticos en la creación de valor.

Introducción

La creación de valor económico (valor creado para los accionistas de la empresa), es un factor crítico de decisión hoy en día, y cada vez, se hace más importante que los profesionales tengan claro que las empresas deben regirse mediante la evaluación de sus acciones y cómo éstas impactaran el valor financiero de las compañías.

En muchas ocasiones las propuestas de mejora que se presentan en términos de ingeniería industrial en las compañías, no son sustentadas adecuadamente frente a la creación de valor económico que potencialmente pueden alcanzar o incluso dicha evaluación se omite. Por ésta razón no es raro que se aprueben proyectos que terminen por destruir valor económico para las empresas, basándose en que aparentemente se alcanzan mejoras en la operación de la empresa.

Con el fin de aportar a la resolución de éste tipo de problemas se llevó a cabo éste estudio en el que se proponen algunos pasos generales para llevar a cabo la medición de la creación de valor económico en proyectos de ingeniería industrial. Para ello se evaluaron casos de aplicación donde se realizó la medición de la creación de valor económico que generarían las herramientas de ingeniería industrial en situaciones típicas que el profesional debe resolver en su ejercicio.

Planteamiento del problema

1. Revisión del estado del arte

1.1 Evolución del concepto de creación de valor

Si bien el interés de los académicos en el concepto de creación de valor se ha incrementado en los últimos años (Laursen y Svejvig, 2015), se han presentado dificultades para llegar a un consenso sobre el término debido a su complejidad y carácter multifacético (Lepak, Smith, y Taylor 2007); en primer lugar la creación de valor es abarcada desde varias disciplinas haciendo que los investigadores direccionen sus estudios de manera diferente según el área de formación en que pretenden aplicar el concepto (Barney 2013; Della Corte y Del Gaudio 2014; Lepak, Smith, y Taylor 2007) dificultando la medición del valor creado por cada propuesta de mejora que las organizaciones identifiquen en cada una de éstas áreas. Otro factor de confusión surge debido a que en la literatura se incluye bajo el mismo término, tanto la definición de valor, como su proceso de creación (Lepak et al., 2007). Finalmente, se presentan dificultades ya que en el proceso de creación de valor no se ha diferenciado claramente los conceptos de creación y captura de valor (Bowman y Ambrosini, 2000; Bowman y Ambrosini, 2010).

En su investigación, Lepak et al. (2007) definen la creación de valor como la diferencia entre el valor percibido por el usuario o comprador final, y la cantidad monetaria que el usuario está dispuesto a intercambiar por el valor recibido; el primero se conoce como valor de uso y el segundo como valor de cambio (Bowman y Ambrosini, 2000). Sin embargo, ésta definición establece la existencia de un carácter subjetivo, inherente a la creación de valor ya que el valor de uso es percibido por cada usuario de manera diferente según su punto de vista y sus circunstancias particulares, lo cual a su vez afecta el valor de cambio. Adicionalmente, como se mencionaba anteriormente, los académicos abordan el aporte del valor creado a partir de las diferentes áreas de estudio, de manera distinta (Barney 2013; Della Corte y Del Gaudio 2014; Lepak, Smith, y Taylor 2007), y por ello no se ha encontrado una forma de medición común en la literatura.

Debido a éste carácter subjetivo del término, la norma «European Standard 12973-2000» (2000) establece que “el valor no es absoluto, sino relativo, y puede ser visto de manera diferente por diferentes partes en diferentes situaciones.”. Teniendo esto en mente, Laursen y Svejvig (2015) decidieron definirlo como la relación entre beneficio y costo, donde el valor (siguiendo la premisa de la norma citada), es relativo según la percepción de las diferentes partes. Sin embargo, ésta relación es definida por los autores como una representación no cuantitativa de beneficios y costo, ya que en éste contexto, los beneficios hacen referencia a la mejora percibida, a partir del cambio generado en la organización

luego de llegar al resultado de un proyecto; es decir, el beneficio resulta de una percepción positiva con respecto al cambio que el proyecto genera para uno o más stakeholders (Bradley, 2012).

1.2 Subjetividad en el concepto de creación de valor

La confusión se debe principalmente a que los beneficios son evaluados desde el punto de vista tanto de stakeholders como stockholders a un mismo tiempo. Sin embargo las implicaciones para los segundos se pueden medir más fácilmente ya que se habla de valor en términos económicos, mientras que para los primeros, el valor creado incluye todos los beneficios percibidos por todos aquellos que se vean afectados por los resultados del ejercicio de una empresa o por el resultado de un proyecto determinado (Bradley, 2012). Por ello es necesario hacer una distinción en la forma en que estas dos partes entienden el valor creado.

1.3 Valor económico y Valor Compartido

Gran parte de la confusión con respecto al término de valor surge a partir de la subjetividad que se presenta al tratar de medirlo. Como se menciona anteriormente se establece que el valor no es absoluto sino relativo debido a que depende de la percepción de las diferentes partes (o stakeholders) que se vean involucradas con el resultado de cierto proyecto «European Standard 12973-2000» (2000). Sin embargo, ésta visión de valor es muy amplia y abarca tanto los beneficios para las organizaciones como aquellos que favorecen a la sociedad.

En éste sentido Porter y Kramer (2011), hacen una distinción al hablar de dos tipos de valor: el primero es el valor económico, que es aquel que genera beneficios para la empresa, medibles financieramente y que favorecen a los stockholders. El segundo es el valor compartido, que hace referencia a aquellos beneficios que se generan para la sociedad con el resultado del ejercicio económico de la organización y que tienen impacto en los stakeholders (Porter y Kramer 2011).

1.3.1 Valor económico o financiero

El valor económico es mucho menos subjetivo ya que no está sujeto a la percepción de las diferentes partes involucradas, sino que tiene una relación directa con los beneficios económicos asociados a los recursos y la gestión de la organización o de los proyectos que se desarrollen. Pablo Fernández (2000), establece que el valor económico de una empresa se define como los beneficios económicos que espera recibir en el futuro por los recursos de los que dispone y la forma en que se planea manejarlos según la estrategia corporativa.

Cualquier proyecto que se evalúe bajo la visión de creación de valor debe tener en cuenta los beneficios económicos futuros. Por ello, los proyectos de ingeniería industrial que

pretenden alcanzar mejoras en la operación, deben evaluar el valor asociado a través de la capacidad de generar beneficios económicos en el futuro (Fernández López 2000).

Sin embargo no hay que confundir el hecho de obtener beneficios económicos por el desarrollo un proyecto, con la capacidad que éste tenga para crear valor económico. La creación de valor debe ser analizada comparando los diferentes escenarios disponibles de modo que se evite escoger un proyecto que prometa beneficios económicos, pero sean menores que los que se obtendrían al tomar otra decisión, lo cual termina por destruir valor para los stockholders. Con el objetivo de evitar ésta confusión y debido a la necesidad de encontrar una forma de medir adecuadamente la creación de valor económico que se genera con los diferentes proyectos en la ingeniería industrial, éste estudio se basará en el análisis de éste tipo de valor.

1.3.2 Valor Compartido

Por su parte el valor compartido es mucho más subjetivo, y aunque su medición es posible, requiere de un estudio extensivo sobre las diferentes percepciones de los stakeholders. Esto es debido a que la sociedad presenta retos y necesidades que los proyectos de una empresa pueden afectar tanto de manera positiva como negativa, construyendo o destruyendo el valor compartido. Por ello la percepción del valor compartido depende de la apreciación que las partes involucradas tengan sobre los resultados de las diferentes acciones y proyectos de una empresa.

A pesar de ésta distinción entre el valor para los stockholders y los stakeholders, Porter y Kramer (2011) sugieren que el valor compartido no debe dejarse de lado al evaluar los proyectos ya que, aunque existe una diferencia entre el valor económico y el valor compartido, ambos tienen una estrecha relación, y que de hecho una empresa que no piensa en crear valor compartido tiene una gran probabilidad de destruir su valor económico.

1.4 Evolución de la creación de valor en gestión de proyectos

1.4.1 Teorías de Creación de valor

Algunos de los artículos encontrados en la revisión de literatura sobre el tema de creación de valor y su medición en el área de gestión de proyectos aplicaron algunas de las teorías de creación de valor que se presentan a continuación. Estas teorías tratan de explicar la manera en que las organizaciones generan valor a partir de los recursos a su disposición y las actividades sobre las que tienen influencia. En general estas teorías se aplican al concepto de valor económico o financiero ya que las empresas las utilizan para generar incremento de sus flujos financieros futuros.

1.4.1.1 Análisis de la cadena de valor

El análisis de la cadena de valor (M. E. Porter 1985) identifica las actividades tanto primarias (directamente relacionadas con la creación de valor: producción, mercadeo, despacho, servicio posventa, etc.), como de soporte (que pueden influenciar el desempeño de actividades primarias: recursos humanos, contabilidad, etc.) de la organización y estudia la implicación económica asociada a cada una. Ya que el valor de cambio puede entenderse como el monto que los compradores están dispuestos a pagar por un producto o servicio (Bowman y Ambrosini 2000), la organización se puede considerar rentable si el valor de cambio excede los costos de realizar las actividades de la organización. Así la empresa es más valiosa si baja sus costos o aumenta sus ventas.

Debido a que la cadena de valor de una organización es un sistema de actividades conectadas por enlaces que también se conectan con cadenas de valor de otras organizaciones, el desempeño de las empresas en términos de creación de valor se puede ver influenciado por relaciones estratégicas con sus socios (Porter y Millar 1985).

1.4.1.2 Teoría de la innovación de Schumpeter

En la teoría de la innovación de Schumpeter, la innovación es el origen de la creación de valor, resaltando la importancia de la tecnología y la inversión en investigación y desarrollo. Según esta teoría, el valor puede ser creado por la introducción de productos nuevos, nuevos métodos de producción, nuevos mercados, nuevas fuentes de suministro y la reorganización de la industria a través de la innovación técnica (Amit y Zott 2001).

Productos existentes, servicios y tecnologías se pueden combinar resultando en nuevos productos o servicios, que a su vez pueden ser el inicio de la creación de otro producto o servicio. Este ciclo es la base de la aparición de nuevos mercados completos y por lo tanto, la destrucción creativa (también llamado "vendaval de Schumpeter") se refiere a la creación de la totalidad de los nuevos mercados que destruyen los mercados antiguos.

Galunic y Rodan (1998) extienden la teoría de la innovación de Schumpeter con el argumento de que la innovación en áreas no técnicas también es un controlador que hace posible la creación de valor. Nuevos productos o servicios son creados por la combinación y la reconfiguración de los recursos de entrada y de los recursos basados en el conocimiento; los primeros, se refieren principalmente a recursos tangibles los equipos, los derechos de propiedad y el capital, mientras que los segundos, describen el conocimiento necesario para combinar de manera productiva las capacidades actuales de la compañía y así generar valor.

1.4.1.3 Visión basada en recursos

La teoría de recursos se relaciona de manera estrecha con la teoría de la innovación de Schumpeter, especialmente con la visión de Galunic y Rodan. Según ésta teoría, los

recursos se definen como "cualquier cosa que se podría considerar como una fortaleza o debilidad de una empresa determinada" (Wernerfelt 1984). Una organización crea valor cuando combina de forma única sus recursos y capacidades con el fin de reducir los gastos o aumentar sus ingresos.

1.4.1.4 Redes Estratégicas

Las redes estratégicas son acuerdos a largo plazo entre organizaciones, que les permiten mantener una ventaja competitiva (Jarillo 1988) y pueden existir en formas de alianzas estratégicas, joint ventures, asociaciones comprador-proveedor a largo plazo y otras relaciones (Amit y Zott 2001). Las relaciones entre las organizaciones pertenecientes a una red estratégica son esenciales para su posición competitiva, e incluso se puede crear valor al permitir el acceso a los recursos (información, los mercados, las tecnologías, actividades, etc.). También las redes estratégicas permiten distribuir el riesgo, y ofrecen la posibilidad de aumentar la escala del negocio y su alcance, además de facilitar el intercambio de conocimientos y el aprendizaje (Amit y Zott 2001).

1.4.1.5 Economía de los costos de transacción

En ésta teoría, la creación de valor se produce cuando aumenta de la eficiencia de una transacción reduciendo los costos. Por lo tanto, esta teoría está más centrada en reducir costos y esfuerzo. El valor se crea a través de la reducción en la incertidumbre y complejidad de la información (Amit y Zott, 2001), por lo cual la reputación, confianza y experiencia en manejo de transacciones por parte de la empresa y sus socios, puede ayudar a mejorar la eficiencia.

1.4.2 Creación de valor económico en gestión de proyectos

A lo largo de la historia de la investigación en el campo de creación de valor en gestión de proyectos se ha visto un interés creciente de los ingenieros industriales en el concepto y la forma de medirlo pero mayormente a un nivel operacional (Laursen y Svejvig, 2015), confundiendo el concepto de creación de valor con el hecho optimizar costos o gestionar los beneficios de los proyectos, lo cual no necesariamente crea valor ya que puede que los proyectos que buscan reducir costos o que prometen beneficios económicos destruyan valor si se analizan otras posibilidades que ofrezcan mejores escenarios de creación de valor económico para los stockholders.

1.4.2.1 Enfoque basado en optimización de costos

La literatura ha abarcado la creación de valor en el campo de la gestión de proyectos desde la década de 1940 con el interés de optimizar los procesos y gestionar los proyectos a nivel operacional (Laursen y Svejvig, 2015). Esto abrió campo a la rama de gestión del valor, que tiene como objetivo optimizar tanto los beneficios como los costos en la ejecución de proyectos, sin embargo muchas veces los investigadores se enfocaron en reducir costos,

desviando la atención del verdadero objetivo, es decir, aumentar los beneficios y así crear valor (Morris, 2013); éste enfoque, según Martin (2014), representa una visión engañosa de la planeación estratégica, pues proyectar el desempeño de una organización de acuerdo a sus costos puede distraer la atención de los factores creadores de valor y aunque logre un mejor rendimiento a corto plazo puede comprometer la propuesta de valor y así destruir valor a largo plazo.

El marco conceptual que se ha mantenido a lo largo de la historia con respecto a la creación de valor en proyectos está basado fundamentalmente en la entrega de resultados o productos, y maneja como criterios de éxito el control del costo, el tiempo y la calidad (llamado triángulo de hierro). Ésta visión ignora la importancia del valor creado por el proyecto, pues no tiene en cuenta el sistema resultante, ni los beneficios que éste trae para la organización (Atkinson 1999) cayendo frecuentemente en la destrucción de valor.

1.4.2.2 Enfoque basado en beneficios

Recientemente investigadores como Winter et al. (2006) sugieren que la exploración en el campo de gestión de proyectos debe adoptar nuevas direcciones que complementen el manejo tradicional, con teorías que reflejen la complejidad de los proyectos y su gestión. Proponen a su vez incluir factores críticos de éxito, entre los cuales se cita la inclusión de conceptos y marcos de referencia que se centren en la creación de valor como principal objetivo de los proyectos, programas y portafolios (Winter et al. 2006).

En contraposición al enfoque basado en la gestión de costos para aumentar las ganancias, se presenta el concepto de gestión de beneficios que se define como “el proceso de organizar y gestionar proyectos, de manera que los beneficios potenciales, de invertir en el cambio, realmente lleguen a alcanzarse” (Bradley 2012).

Al identificar y tratar de alcanzar el mayor beneficio posible, la gestión de beneficios, al igual que la creación de valor se enfoca en los resultados del proyecto. La sugerencia de Winter et al. (2006) permite a los investigadores enfocarse en buscar maneras de crear valor a partir de los proyectos planteados en una organización, sin embargo no siempre resulta fácil medir la creación de valor.

Si bien la gestión de beneficios trata de alcanzar los beneficios potenciales de un proyecto, puede destruir valor si no se realiza un análisis de las diferentes opciones que plantean los proyectos y alternativas disponibles en términos de creación de valor. Es necesario realizar un análisis de los beneficios económicos futuros de diferentes proyectos de manera que se identifique aquellos que realmente crean valor económico en comparación con las otras opciones.

1.5 Literatura asociada a la Creación de valor en gestión de proyectos

Laursen y Svejvig (2015) realizaron una recopilación de los artículos relacionados con la creación de valor en el área de gestión de proyectos. En la tabla 1 se presenta un resumen que comprende dichos artículos, además de una breve descripción del enfoque que abarcaron con respecto a la gestión de proyectos.

Tabla 1 Artículos sobre la creación de valor en gestión de proyectos.

Tema de Enfoque	Descripción	Literatura
Éxito de proyectos y su medición	Presentan interés en medir el éxito de los proyectos sugiriendo llevarlo más allá del cumplimiento del triángulo de hierro (costo, tiempo, calidad).	(de Wit 1988; J. K. Pinto 1988; Atkinson 1999; Baccarini 1999; Lim y Mohamed 1999; Wateridge 1998; Andersen et al. 2006; Shenhar et al. 2001)
Gestión de beneficios	Modelo de Cranfield es propuesto para gestión de beneficios en proyectos IS/IT	(Ward, Taylor, y Bond 1996)
	Enfoque de realización de beneficios activos	(Remenyi y Sherwood-Smith 1998)
	Red de dependencia de beneficios, lo cual conectó los beneficios a la estrategia	(Peppard, Ward, y Daniel 2007)
	Conecta los beneficios con la estrategia a través del modelo de capacidad de realización de beneficios, que combina manejo de beneficios con la visión basada en recursos (Wernerfelt 1984).	(Ashurst, Doherty, y Peppard 2008)
Proyectos como sistemas creadores de valor	Evalúa tanto manejo de beneficio como el éxito de los resultados de un proyecto	(Andersen 2014; Winter y Szczepanek 2008; Winter et al. 2006; Yu, Flett, y Bowers 2005)
	Aplica el concepto de valor organizacional a la par de la evaluación de los resultados del proyecto	(Zwikael y Smyrk 2012)
	Marco conceptual para enfrentar la formulación de beneficios, incorporando el término de manejo de	(Chih y Zwikael 2015)

	beneficios en proyectos, lo cual posicionó el manejo de beneficios más allá de la inversión en IS/IT	
Uso integral de teorías de creación de valor en proyectos de ingeniería	Visión basada en recursos, aplica la utilización de recursos para alcanzar ventajas competitivas sostenibles.	(Ashurst, Doherty, y Peppard 2008; Nigel Melville 2004)
	Teoría de contingencia, por la cual no existe una forma establecida sino que la solución depende de la situación	(Zwikael y Smyrk 2012; Remenyi y Sherwood-Smith 1998)
	Teoría principal-agente, que trata de reducir el azar de la moral evaluando los problemas de las estructuras de incentivos para los agentes y directivos teniendo información asimétrica.	(Wu, Ding, y Hitt 2013)
	Costos de transacción, costos relacionados a realizar un intercambio económico	(Ahola et al. 2008; Smyth, Gustafsson, y Ganskau 2010)
	Cadena de valor, que entrelaza las actividades de una empresa en pro de generar valor	(Bygballe y Jahre 2009; Johannessen y Olsen 2011; Reginato 2007)

1.6 Métricas de valor económico

A nivel organizacional existe gran inquietud acerca de la manera adecuada de medir la creación de valor económico, de forma que no existan sesgos relacionados con medidas contables de los proyectos o el ejercicio de las organizaciones. Por esto se han diseñado diversas métricas que tratan de calcular una medida del valor creado para los accionistas. Algunas de ellas, como el Shareholder Value Added (SVA), Economic Value Added (EVA), Market Value Added (MVA), Economic Profit (EP), Cash Flow Return of Investment (CFROI), y el Cash Value Added (CVA), tratan de dirigir la atención hacia la importancia del flujo de caja y se centran en menor medida en las ganancias (Maditinos, Šević, & Theriou, 2007).

The Economic Profit approach y Economic Earnings son calculadas de forma que terminan por reportar ganancias sujetas a distorsiones contables, ya que no toman en cuenta el costo total del capital (Madinios, Šević, & Theriou, 2007).

A pesar de los esfuerzos por encontrar una métrica directamente asociada a la creación de valor, ha sido de gran dificultad encontrar una que no sea sujeta a los sesgos propios de la fuente de información requerida por cada una. Pablo Fernández (2000), establece que el valor económico está asociado a los beneficios económicos futuros, y que debe realizarse un análisis en el que, si bien se toman en cuenta éstos indicadores, no se debe caer en la tentación de establecer una relación directa entre la creación de valor económico y alguna de éstas métricas en especial. En lugar de eso se debe tener en cuenta el comportamiento de los flujos futuros y el comportamiento esperado en términos financieros Pablo Fernández (2000).

Joel M. Stern y Benneth Stewart, socios de Stern Stewart & Co. son conocidos como dos de los pioneros y líderes en la promoción del concepto de administración enfocada en la generación de valor financiero o económico para los accionistas (B. Stewart 2013). En conjunto, los dos fundadores de la compañía Stern Stewart & Co., desarrollaron el concepto de EVA[®] (Economic Value Added) (G. B. Stewart 1991), lo registraron como marca propia y se especializaron en ofrecer consultorías de modo que las compañías se enfocaran en incrementar la eficiencia, mediante la implementación de esta métrica como herramienta de medición del valor financiero creado para los accionistas (B. Stewart 2013).

El EVA[®] es una de las medidas más populares utilizadas por las empresas en todo el mundo. EVA[™], la métrica de marca comercial de Stern, Stewart & Co., es reclamado por Stewart (1991) como: "La medida de desempeño financiero que se acerca más que cualquier otra medida en la captura del verdadero beneficio económico de una empresa. Es la medida de desempeño más directamente vinculada a la creación de riqueza de los accionistas a través del tiempo".

Sin embargo, como se mencionaba anteriormente, no existe un consenso sobre la métrica más acertada en términos de medición del valor financiero. El EVA[™] es una de las más aceptadas a nivel mundial e incluye la posibilidad de realizar la medición de los flujos económicos futuros, lo cual permite medir el valor económico o financiero esperado de los proyectos mediante una proyección del flujo de caja y de la estructura de financiación de la empresa. Sin embargo, también se realizará el análisis propuesto por Fernández (2000) en el que se calculan los flujos futuros incrementales del proyecto (situación propuesta vs situación actual) y se llevan a valor presente.

Debido a esto, en el presente proyecto se trabajó con la medición del EVA y de los flujos futuros de los proyectos llevados a valor presente, como dos metodologías paralelas de medición de la creación de valor económico.

Adicionalmente, para identificar la creación de valor que los proyectos de ingeniería industrial pueden generar a partir de diferentes herramientas, fue necesario también realizar un análisis incremental entre la situación actual (sin la implementación de las herramientas de ingeniería industrial) y la situación propuesta (con la aplicación de las herramientas) con el fin de comparar ambos escenarios y hallar el valor incremental que se puede crear con la ejecución de las mencionadas iniciativas de mejora.

1.6.1. Cálculo y definición del EVA™

(Drucker 1998), explica mejor el concepto como, "EVA se basa en algo que hemos sabido por mucho tiempo: Lo que denominamos utilidades, el dinero para el servicio del capital, no es por lo general beneficio en absoluto". Es decir, hasta que una empresa genere una utilidad que es mayor que su costo de capital, se podría decir que no está operando a pérdida.

EVA™ es una medida que describe lo que ha sucedido a la riqueza de los accionistas (B. Stewart 2013). Por esta razón el obtener un rendimiento mayor que el costo del capital se denomina un aumento de valor (de una empresa), y cuando esa empresa gana menos, se destruye valor (Grant 2003).

EVA™ se calcula como el exceso de la utilidad operacional neta por encima del coste de capital, incluido el costo del capital. La fórmula utilizada para el cálculo de EVA™, dado por Young y O'Byrne (2000) es:

$$EVA = (ROI - WACC) * K$$

El **ROI** es el rendimiento sobre la inversión, que expresado en término de fórmula es igual a UODI/K, donde UODI es la utilidad operacional neta antes de gastos financieros y después de impuestos, es decir la Utilidad Neta Operativa (UNO) multiplicada por (1-T), siendo T la tasa de impuestos de Colombia y K es el capital invertido, que equivale a los activos operacionales netos (AON). Quedando la fórmula de EVA de la siguiente manera (Young y O'Byrne 2000):

$$EVA = UODI - WACC * AON$$

Para aplicar la formula anterior, se deben seguir los siguientes pasos:

- La UODI se calcula tomando la Utilidad Operacional (ventas menos el costo de ventas y prestación de servicios y los gastos operacionales de administración y ventas) y deducirle los impuestos (1-T).

- Los Activos Operacionales Netos (AON) resultan de la sumatoria entre el capital de trabajo neto operativo (KTNO) y los activos fijos; siendo el KTNO las cuentas por cobrar a clientes más los inventarios, menos las cuentas por pagar a proveedores.
- El WACC es el costo promedio ponderado del capital:

$$WACC_j = Kd_{(1-T)} * \%D_{(n-1)} + Ke * \%E_{(n-1)}$$

Dónde: Costo de la Deuda después de impuestos ($Kd_{(1-T)}$)

Porcentaje de deuda sobre activo al comienzo del período ($\%D_{(n-1)}$)

Costo del Patrimonio (Ke)

Porcentaje de patrimonio sobre activo al comienzo del período ($\%E_{(n-1)}$)

1.7 Áreas de énfasis en Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial está compuesta de múltiples disciplinas en las que se estudian diferentes aspectos del funcionamiento de las organizaciones. En su investigación Bilge et al. (2016), estudiaron el modelo americano y alemán de enseñanza, en las universidades que ofrecían el programa de ingeniería industrial. Allí encontraron que en dichos programas se ofrece una formación en los fundamentos de las ciencias formales y naturales, así como en física y cursos técnicos enfocados en estadística y estocástica.

Así mismo, Bilge et al. (2016) identificaron las ramas de profundización y desarrollo de la carrera del ingeniero industrial, nombrando aquellas que se centran en temas de producción, tecnología de ensamble, control por computadora y simulación de los sistemas de manufactura, así como aquellas basadas en temas de tecnología y manejo de la información de las fábricas, gestión de calidad y finalmente la gestión de la cadena de abastecimiento.

Corroborando la visión de Bilge et al. (2016), una revisión de los programas de ingeniería industrial en varias universidades de Colombia (2016b, 2016a, 2016d, 2016c), indica que entre las áreas comunes de formación del ingeniero industrial se pueden resaltar las siguientes categorías: **producción y manufactura, investigación de operaciones, gestión de la cadena de abastecimiento, y ergonomía.**

1.7.1 Tendencias de Investigación sobre valor económico en las áreas de ingeniería industrial

La investigación sobre el valor en las ramas de ingeniería industrial incluye temas relativos al efecto de herramientas y teorías en el desempeño de la organización, y su posible repercusión en el valor creado. Sin embargo la investigación sobre la forma de llevar dichas mejoras del desempeño hacia la visión de creación de valor económico es escasa, al igual que aquella referente a metodologías que permitan cuantificar el valor económico que generan dichas herramientas y teorías propuestas.

1.7.1.1 Estudios sobre Creación de valor en el área de manufactura

En ésta área existen estudios que se enfocan en encontrar la relación entre las directrices de la creación de valor y los factores que pueden ser controlados desde el manejo de la operación en el área de manufactura (por ejemplo Waldron 2010; Hall 2012). Otro de los estudios encontrados se enfoca en la forma en que la visión “lean” en los procesos de producción puede influenciar la participación de mercado y la creación de valor (Forrester et al. 2010), e incluso puede ser utilizado para crear valor en el proceso de desarrollo de producto (Cai 2011). Por otro lado se revisa la influencia del manejo de los bienes intangibles en la creación de valor (Tanfous 2013). También se pueden encontrar estudios que sustentan que la flexibilidad en el trabajo, ofrecida a los colaboradores en términos de manejo del tiempo y libertad para trabajar de manera independiente o incluso para otras compañías pueden ser una directriz en la creación de valor (por ejemplo Mital 2010).

Realizando ésta revisión se puede ver que los estudios se enfocan en cómo las propuestas y las herramientas evaluadas en cada uno, crean valor pero no existe un enfoque claro que pretenda trasladar los resultados de las mejoras en el desempeño hacia la medición del valor creado.

1.7.1.2 Estudios sobre Creación de valor en el área de investigación de operaciones

En el área de investigación de operaciones las investigaciones los modelos matemáticos tienen escasa relación con la creación o medición del valor económico y es raro encontrar artículos que tengan en cuenta estos conceptos como objetivo de estudio.

Klibi y Martel (2013) el valor es tenido en cuenta en función del valor esperado de la solución y la variabilidad de los flujos de caja residuales de las soluciones enfocadas en escoger el diseño más robusto de la cadena de abastecimiento entre varias muestras de escenarios obtenidas a partir de la simulación de Montecarlo. La medición del valor entonces está atada a los parámetros necesarios para resolver el problema pero resulta teniendo en cuenta los flujos de caja, que pueden no ser un buen indicador del valor económico creado.

En otro ejemplo, Liu et al. (2010) propone un modelo multi-criterio que posteriormente es evaluado en dos estudios empíricos. En el primero, el modelo propuesto permite hacer una segmentación de mercados descriptiva en la industria de servicio de telefonía celular, teniendo en cuenta una perspectiva dual de creación de valor. Mientras que en el segundo caso, el modelo permite incluir atributos sociodemográficos en el análisis necesario para realizar una segmentación predictiva basada en las ganancias.

Si bien en la aplicación del modelo de Liu et al. (2010), el estudio incluye la creación de valor desde una perspectiva dual en uno de los casos empíricos estudiados, el objetivo de la investigación es incluir varios criterios en el análisis del problema de segmentación de

mercados pero no se incluye el concepto de valor económico de manera directa, por lo cual su contenido no tiene relación clara con la investigación en el área de creación o medición del valor económico.

1.7.1.3 Estudios sobre Creación de valor en el área de gestión de la cadena de abastecimiento

Los estudios relativos a la gestión de la cadena de abastecimiento se centran en la forma en que las técnicas evaluadas por cada autor pueden crear valor, pero no se propone un método de medición que permita cuantificarlo (Por ejemplo Hammervoll 2009; Huemer 2006; Knolmayer, Mertens, y Zeier 2002; Madhani 2012). Por otra parte algunos autores analizan la importancia de la innovación como factor de generación de valor (por ejemplo Shamah 2012) mientras que otros investigadores pretenden analizar la creación de valor desde un sector específico de la industria (por ejemplo Wiengarten et al. 2011).

Si bien se ha intentado establecer una relación entre las diferentes herramientas de la ingeniería industrial y la creación de valor en el campo de gestión de la cadena de abastecimiento, no se ha encontrado en la literatura un método de medición que permita cuantificar el valor económico creado por dichas alternativas.

1.7.1.4 Estudios sobre Creación de valor en el área de ergonomía

Kester (2016) manifiesta que realizar reuniones periódicas donde se informe a los directivos sobre los progresos, dificultades e impacto de las soluciones confirma que los proyectos de ergonomía crean valor para la compañía. También se resalta la importancia de sustentar a largo plazo los retornos económicos que los directivos esperan, lo cual indica que existe una necesidad en términos de medición del valor creado por los proyectos en el área de ergonomía.

Consciente de ésta necesidad, Kester (2016) sugiere el ROI (retorno sobre la inversión) y el periodo de retorno de la inversión como indicadores de los beneficios económicos que ofrecen las soluciones presentadas por los departamentos de ergonomía de la organización. Sin embargo como se mencionaba con anterioridad éstas mediciones están sujetas a errores en cuanto a la medición del valor creado por lo cual no representan en muchos casos la realidad sobre este asunto.

2. Justificación

2.1 Creación de valor en el contexto organizacional

La globalización de los mercados en los que se desenvuelven las empresas actualmente y la creciente competencia evidenciada en las últimas décadas, además del crecimiento de los

mercados de capitales y activismo de los accionistas, ha llevado a las empresas a adoptar la maximización del valor del accionista como una de sus principales metas. Incluso la creación del valor económico se ha convertido en una forma de medir el desempeño de los directores ejecutivos (Carrott y Jackson, 2009).

La creación y medición del valor económico en el área de gestión de proyectos es un tema crucial para el desarrollo y proyección de las organizaciones y ha sido de gran interés para la ingeniería industrial pues la gestión del valor ha sido abarcada en el desarrollo industrial desde los años 40s (Laursen y Svejvig 2015). Sin embargo, debido al carácter multidisciplinario del concepto de valor, no ha sido fácil establecer un marco de referencia común para las diferentes disciplinas que se abarcan en el manejo de una organización (Lepak, Smith, y Taylor 2007) ya que todas pueden generar valor económico pero tomando diferentes acciones y teniendo en cuenta distintas variables en cada área de gestión.

Por otra parte, Porter y Kramer (2011), exploran el concepto de valor compartido. En su análisis el valor compartido es aquel que afecta a todos los stakeholders, lo cual hace que sea difícil realizar una medición acertada de éste, pues todos perciben el valor de manera diferente «European Standard 12973-2000» (2000). Sin embargo, el valor compartido tiene una estrecha relación con el valor percibido por los stockholders a largo plazo, es decir en el valor económico (Porter y Kramer 2011). El presente estudio se enfocará en éste último.

Sin embargo, existe dificultad para definir la creación de valor económico y de hecho, a lo largo de la historia se haya caído en el error de confundir éste concepto con el de optimizar los costos para así aumentar los ingresos (Laursen y Svejvig 2015; Martin 2014). En las últimas décadas los investigadores han manifestado la necesidad de evaluar los proyectos desde una perspectiva de creación de valor económico, en la que se evite caer en el enfoque basado en los costos, donde el triángulo de hierro (costo, tiempo y calidad) se define como una medición adecuada del valor creado en los proyectos, lo cual resulta insuficiente en la práctica (Atkinson 1999).

Con esto en mente, es necesario identificar la manera en que cada área de la organización genera valor y cómo puede ser medido de manera acertada. Para lograrlo, se requiere hacer una sana traducción de las condiciones y variables asociadas a los proyectos de mejora propuestos, de manera que puedan ser expresados y medidos en términos de la creación de valor económico.

En éste orden de ideas, uno de los problemas que han generado confusión en la literatura sobre la creación, gestión y medición del valor, es el hecho de que las diferentes áreas de una organización definen el concepto de manera diferente (Lepak, Smith, y Taylor 2007), ya que cada una genera valor económico teniendo en cuenta diferentes variables y distintas

áreas de impacto. Es claro, al revisar la literatura, que esto representa la principal dificultad para definir el valor que se crea con un proyecto en la industria ya que para cada rama de la ingeniería industrial los proyectos aumentan el valor de las compañías, pero de forma diferente (Lepak, Smith, y Taylor 2007).

Adicional a la dificultad que se presenta al realizar la medición del valor económico (debido a la falta de una herramienta adecuada para esto), se requiere de un análisis que permita relacionar éste concepto, con los resultados obtenidos por los proyectos desarrollados desde cada área de la ingeniería industrial. De ésta manera se podría establecer un marco de referencia en el que estos proyectos puedan ser evaluados desde la perspectiva de creación de valor. La dificultad se presenta ya que se cometen errores al realizar el análisis necesario para trasladar los resultados de los proyectos hacia la visión de creación de valor económico, lo cual en algunos casos simplemente no se lleva a cabo.

Los proyectos y herramientas de ingeniería industrial son normalmente manejados en términos de las variables necesarias para aumentar la productividad, pero dichas variables son diferentes en cada área de investigación y los resultados no siempre son medidos en términos del valor económico. Incluso, aun en los casos en que ésta medición se realiza, se suelen cometer errores, debido a la falta de un marco de referencia en el que se establezca una relación concreta entre los resultados de un proyecto y la creación de valor económico asociada a éste, o simplemente, por la exclusión de información clave que en conjunto con los resultados de los proyectos puede terminar por destruir valor económico.

3. Coherencia con temáticas de la maestría

El presente proyecto pretende analizar el impacto en términos de creación de valor económico de herramientas pertenecientes a 4 de las ramas de la ingeniería industrial. Este estudio surge debido a la necesidad expresada por algunos autores de evaluar el impacto de los proyectos desde un enfoque que vaya más allá del triángulo de hierro (Tiempo, Costo, calidad); ya que en términos de creación de valor económico, éste enfoque es insuficiente (Atkinson 1999), e incluso puede llevar a decisiones que terminen por destruir valor económico para los accionistas (G. B. Stewart III y Stern 1999).

4. Pregunta de investigación

Teniendo en cuenta lo anterior, es válido hacer la siguiente pregunta de investigación: **¿Cuáles son los factores críticos y variables a tener en cuenta para crear valor económico con los proyectos asociados a cada una de las áreas de la ingeniería industrial?**, y adicionalmente, teniendo en cuenta que es necesario entender los resultados de dichos proyectos en términos de la creación de valor económico **¿cómo se puede evaluar el**

impacto de los resultados obtenidos por los proyectos de la ingeniería industrial en términos de la creación de valor económico y así realizar una medición adecuada?

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Realizar la medición de la creación de valor económico en proyectos de ingeniería industrial en las áreas de producción/manufactura, investigación de operaciones, gestión de la cadena de abastecimiento, y ergonomía.

5.2 Objetivos Específicos

1. Identificar, para cada una de las áreas de la ingeniería industrial seleccionadas, una de las situaciones más relevantes en la actualidad, que se presente como un tema a resolver por el ingeniero industrial.
2. Definir qué proyectos y herramientas de ingeniería industrial tienen como objetivo resolver dichas situaciones.
3. Utilizar una metodología para la medición de la creación de valor económico para los proyectos escogidos por cada área de la ingeniería industrial y aplicarla en un caso de estudio.
4. Identificar áreas de investigación futuras a partir del desarrollo del presente proyecto.

6. Metodología

Consulta de expertos

Debido a la gran cantidad de herramientas de ingeniería industrial y a los diversos problemas y situaciones que los ingenieros deben enfrentar en el ejercicio profesional se decidió realizar entrevistas a expertos en las 4 áreas seleccionadas de la carrera y así establecer, por medio de la opinión profesional de cada uno de ellos, qué situaciones y herramientas son las más relevantes en la actualidad.

Para esto se diseñó un modelo de entrevista cuyo objetivo fue el de recolectar información clave acerca del área de experiencia de cada profesional entrevistado, las situaciones a resolver con las que se ha enfrentado con mayor frecuencia en su ejercicio profesional y las herramientas típicas de ingeniería industrial que se suelen utilizar en cada caso. A partir de allí se programaron sesiones con cada uno de los entrevistados y se realizó una grabación de voz para su posterior análisis. Ver anexo 1 para mayor información sobre la entrevista utilizada en el proceso de recolección de la información.

Inicialmente se solicitó a los ingenieros entrevistados información sobre 2 situaciones típicas a resolver, de las cuales se escogió una sola para realizar el análisis de los casos de estudio. Una vez identificada la situación más relevante según los expertos de cada área, se estableció una metodología general con los pasos necesarios para realizar una medición de la creación del valor de manera adecuada.

La metodología general propuesta pretende en un primer momento identificar qué factores (variables, indicadores, recursos, parámetros, etc.) son críticos para el desarrollo de un proyecto, que tenga como objetivo solucionar una situación determinada a partir de la aplicación de una herramienta de ingeniería industrial.

En éste orden de ideas se logró también establecer cuáles indicadores se quieren mejorar con el uso de las herramientas identificadas y qué recursos serían necesarios para llevar a cabo el proyecto de aplicación y adopción de dichas metodologías.

Modelo SCOR

Para tener un marco general con el que se pueda evaluar las diferentes herramientas de Ingeniería Industrial, se eligieron indicadores propuestos por el modelo SCOR, que define métricas para los 5 atributos que una empresa suele tener en cuenta para diferenciar su cadena de abastecimiento: Confiabilidad, Velocidad de respuesta, agilidad, costos y manejo de activos (Supply Chain Council 2008).

Puede que las herramientas estén enfocadas en mejorar solamente uno de estos atributos, sin embargo, ya que el modelo SCOR es un modelo de referencia ampliamente aceptado a

nivel internacional como una guía para ayudar a las empresas a mejorar los procesos de su cadena de abastecimiento, se decidió tener en cuenta los 5 atributos para el análisis de los casos de estudio. De ésta manera se procedió a modificar únicamente los valores de aquellos indicadores en los que las herramientas de ingeniería industrial pretendían realizar cambios.

También se consultó con los expertos, los niveles en que las métricas establecidas se pueden encontrar en la industria, y en cuánto podrían llegar a mejorar con la aplicación de las herramientas estudiadas.

Medición de la creación de valor económico

La recolección de ésta información es indispensable para realizar una medición adecuada de la creación de valor económico, pues no se puede establecer el impacto en el valor creado para los accionistas sin identificar primero, qué áreas de la empresa se verán afectadas, cómo los indicadores clave de los proyectos o herramientas están relacionados con la operación y finalmente cómo la mejora de dichos indicadores impacta los ingresos, egresos, costos, multas, ventas, facturación, atención de la demanda, etc.

Debido a que una gran variedad de circunstancias pueden afectar el resultado financiero de la herramienta implementada, el hecho de realizar una medición de los indicadores clave propuestos por la ingeniería industrial, no es suficiente para establecer si se crea o se destruye valor económico con la aplicación de un proyecto en específico. Es necesario establecer con claridad cómo esta mejora puede ayudar a la empresa a crear valor y qué variables son críticas para esto. Por ello se debe realizar un análisis integral de todas las variables que pueden afectar dicha creación de valor.

Todo esto debe ser analizado por el ingeniero industrial pues puede que la mejora en los indicadores operativos tenga un impacto financiero que no sea lo suficientemente grande como para justificar la inversión necesaria para la implementación de la herramienta escogida, con lo cual se puede estudiar la pertinencia de dicha herramienta, o si existen otras opciones que creen mayor valor solucionando otra situación en un área diferente de la empresa.

La medición del valor económico creado por las herramientas de ingeniería industrial estudiadas, debe ser realizada mediante un análisis incremental; es decir, debe realizarse una proyección del flujo de caja en caso de que la empresa decida no ejecutar el proyecto (situación actual) y otra, con los flujos esperados si se decide hacerlo (situación propuesta). Una vez obtenidos dichos flujos, se debe hallar la diferencia entre la situación propuesta y la situación actual, para de ésta manera hallar el valor incremental.

A estos flujos incrementales se debe restar la inversión inicial y los gastos de mantenimiento de las herramientas necesarias para ejecutar los proyectos de mejora, obteniendo así los flujos financieros del proyecto. Para establecer si se crea o se destruye valor económico, se halla el valor presente neto de los flujos futuros (Fernández 2000) y se realiza un análisis de sensibilidad a las variables críticas del proyecto con el fin de establecer los valores para los cuales las variables crean o destruyen valor.

7. Resultados

Consulta con expertos

Como se mencionó anteriormente se realizó una consulta con expertos en diferentes áreas de la ingeniería industrial con el fin de seleccionar las situaciones típicas a resolver en cada rama y las herramientas más relevantes a la hora de dar solución a dichas situaciones.

Gestión de la cadena de abastecimiento y Logística

Para el área de gestión de la cadena de abastecimiento y logística, se entrevistó a los ingenieros Ramón Mantilla, Gonzalo Bustos y Carlos Montoya. Ver anexo 2.

Situación típica a resolver 1: Reducción de costos y aumento de la capacidad de atención de demanda en el Diseño de redes de distribución

La red de distribución no es únicamente la distribución de última milla sino toda la red de transporte de materiales entre centros de distribución y almacenamiento hasta los puntos de atención al mercado (Bustos 2016). El diseño adecuado de las redes de distribución puede reducir costos e inventarios al consolidar los puntos de almacenamiento y atender la mayor zona posible con la menor cantidad de centros de distribución, así como aumentar los niveles de servicio al cumplir con un mayor número de ordenes perfectas (cantidades pactadas, tiempo convenido, documentación necesaria, calidad del producto) (Bustos 2016).

Herramientas diseñadas para resolverla

Programación Lineal Entera Mixta: se realiza un modelo matemático para optimizar los indicadores de gestión a partir de la selección del mejor escenario para la ubicación de puntos de distribución obtenidos como candidatos a través del análisis de centro de gravedad (Bustos 2016).

Situación típica a resolver 2: Desbalances entre capacidad y demanda en los procesos de la cadena de abastecimiento.

Los desbalances entre la capacidad y demanda en los procesos de la cadena de abastecimiento (Planeación, Abastecimiento, Manufactura, Distribución, Devolución), son una situación muy común que los ingenieros industriales deben resolver pues, ya sea que la capacidad sea mayor o menor a la demanda, se está desaprovechando una oportunidad

para crear valor (Mantilla Pabón 2016). Puede que una menor oferta ocasione la pérdida de ventas potenciales o que una oferta mayor genere inventarios en exceso (Mantilla Pabón 2016) que implican una utilización del capital poco eficiente en términos de creación de valor económico debido al costo de oportunidad que éste tiene.

Un desbalance típico en el proceso de distribución es que se tenga demasiado inventario de un producto que el mercado no está demandando o por el contrario que existan demasiadas órdenes de pedido y debido a la falta de capacidad para atender esa demanda se estén perdiendo ventas (Mantilla Pabón 2016). Existen múltiples herramientas para solucionar éste desbalance, entre las cuales se encuentra Sales & Operation Planning, análisis de procesos, six sigma, teoría de restricciones, diseño de centros de distribución (Mantilla Pabón 2016).

Herramientas diseñadas para resolverla

Sales & Operation Planning: pretende cerrar la brecha que existe entre la planeación de ventas, el área financiera y la operación de las compañías (Wallace 2004). La metodología consiste en realizar un proceso de codificación, agrupación, priorización y consolidación de los bienes ofrecidos, en función de la demanda pronosticada por familias de producto, así como la planeación de las cantidades a producir con base en ésta (Mantilla Pabón 2016). De ésta manera se logra un solo plan de operación general que involucra a cada área de la compañía en función de la capacidad y la demanda (Wallace 2004). Este análisis se realiza por cada familia de productos que se maneja en una compañía y se trata de un esfuerzo conjunto que tiene el fin de evitar desconexiones en el flujo de materiales, productos e información, de manera que se trabaje de manera conjunta y coordinada para lograr una mejor respuesta ante la demanda del mercado. Los resultados esperados son una mejora en el nivel de los indicadores de servicio, tiempo de respuesta y capacidad, al igual que una mejor utilización del capital relacionado con los niveles de inventario (Wallace 2004).

Manufactura o gestión de procesos

Para el área de gestión de Manufactura y gestión de procesos se entrevistó a los ingenieros Carlos Navarrete, Santiago Aguirre y Carlos Fúquene. Ver anexo 2.

Situación típica a resolver 1: Diseño de un proceso

Se trata de definir y modelar las actividades que se deben ejecutar en un proceso, así como asignar responsabilidades, secuencias de ejecución, decisiones críticas y procedimientos estandarizados para guiar la respuesta de las personas en la ejecución del proceso una vez se esté ejecutando (Aguirre 2016).

Herramientas diseñadas para resolverlas

Una metodología para el diseño de procesos es Business Process Management, que procura analizar información acerca del ciclo total del proceso, los procedimientos, flujo de materiales e información, posibles cuellos de botella, actividades demoradas, estimaciones sobre la productividad del personal, volumen de transacciones, tiempos por transacción, interrelaciones entre personas y equipos de trabajo con el fin de tener una visión del desempeño esperado del proceso para realizar simulaciones y aproximaciones sobre los resultados esperados del diseño propuesto (Aguirre 2016).

Situación típica a resolver 2: Mejora de un proceso

Es la situación más común que se presenta en el área de manufactura ya que la mayoría de las empresas requieren de los profesionales en ingeniería industrial para mejorar los procesos que ya están en marcha, y aunque existen casos donde se busca asesoría para diseñar un proceso, antes de montarlo, la mayoría de las empresas no tienen el presupuesto para hacerlo desde el momento en el que deciden iniciar su operación por lo cual deben postergarlo (Aguirre 2016). Adicionalmente, las circunstancias en constante cambio hacen que aún aquellos procesos que fueron diseñados antes de su montaje requieran cambios y mejoras con el tiempo.

Herramientas diseñadas para resolverlas

Nuevamente gran cantidad de herramientas, metodologías y filosofías son utilizadas para resolver la mejora de los procesos. Sin embargo las más utilizadas según los expertos consultados son las referentes a las filosofías Lean Manufacturing y Six sigma (Navarrete 2016), el BPM (Aguirre 2016), y análisis de sostenibilidad enfocado en la producción más limpia (Fúquene 2016).

Cada una de estas metodologías aborda las oportunidades de mejora de una manera diferente pero tienen en común la búsqueda de la mejora en la eficiencia operacional. Lean & six sigma buscan eliminar de manera sistemática los desperdicios en la operación (actividades, materiales, piezas, equipos, espacio o tiempos de procesamiento que no añadan valor al producto final) y las causas de la variabilidad de los procesos, así como de los defectos en la calidad final de los productos (Cherrafi et al. 2016). BPM Es un área que estudia el diseño, la especificación, modelación, ejecución, medición, control y mejora de los procesos con el fin de mejorar 4 perspectivas, agilidad, calidad, costo y satisfacción del cliente (Aguirre 2016). Por su parte la producción más limpia utiliza balances de materia y energía para identificar desperdicios de agua, energía, materiales y procura reducirlos a partir de propuestas enfocadas tanto en buenas prácticas como en la renovación tecnológica de los procesos (Fúquene 2016).

Investigación de operaciones

Para el área de investigación de operaciones se entrevistó a los ingenieros Juan Carlos García, Gabriel Zambrano, Sergio Cabrales, y Manuel Bolívar.

La investigación de operaciones es una herramienta que puede ser utilizada de manera transversal para resolver gran variedad de problemas en ingeniería industrial (Zambrano 2016), por lo cual se escogieron dos situaciones y herramientas para realizar el análisis de creación de valor financiero posteriormente.

Situación típica a resolver 1: Planeación y programación de la cadena de abastecimiento

La planeación de la cadena consiste en utilizar herramientas de ingeniería para gestionar las actividades de la cadena de abastecimiento a nivel global, mientras que la programación se debe hacer a nivel local y con un horizonte más inmediato (García 2016). La investigación de operaciones ayuda a solucionar éstos problemas a través de la utilización de modelos matemáticos, en los cuales se utiliza muy comúnmente la programación lineal y también programación lineal entera mixta para resolver situaciones específicas en la cadena de abastecimiento (García 2016).

Herramientas diseñadas para resolverlas

Programación Lineal Entera Mixta: consiste en modelos que describen un sistema a través de relaciones matemáticas entre las variables, parámetros y conjuntos que lo constituyen (García 2016). El objetivo es encontrar la solución óptima que por lo general intenta maximizar los ingresos o minimizar los costos (García 2016).

Situación típica a resolver 2: Control de la producción en sistemas altamente automatizados

En la actualidad los sistemas productivos tienen una tendencia a desarrollar alternativas que les permitan tener mayor flexibilidad, adaptación y capacidad de reconfigurarse, debido a que el modelo productivo se está enfocando cada vez menos en la producción en masa y más en la atención personalizada de la demanda; es decir en la personalización de los bienes y servicios ofrecidos a los clientes (Zambrano 2016). Esto hizo que los sistemas sean cada vez más descentralizados, permitiendo que las decisiones se tomen al nivel operativo, para lo cual en sistemas altamente automatizados han surgido alternativas como los sistemas multi-agente (Zambrano 2016).

Herramientas diseñadas para resolverlas

Los Sistemas Multi-Agente: se definen agentes a lo largo de la línea de producción y se asigna a cada agente funciones, características específicas e información que lo identifica, de manera que al interactuar con los actores del sistema se logre tomar decisiones automáticamente con una intervención humana mínima. Esto le da mayor autonomía al

sistema productivo, permitiendo líneas de producción y sistemas de control inteligentes, distribuidos, descentralizados y más eficientes a la hora de reaccionar a cambios o imprevistos en la línea de producción (Zambrano 2016). Para ello se requiere un nivel de automatización muy alto del sistema de manufactura ya que la información debe ser captada y procesada en tiempo real, es decir en durante la ejecución del proceso, de manera que las emergencias sean identificadas en el mismo instante en el que ocurren y así el sistema tenga la autonomía de cambiar el flujo de material o tomar los correctivos necesarios (Zambrano 2016).

Ergonomía

En el área de ergonomía se entrevistó al ingeniero Lope Hugo Barrero. Ver anexo 2

Situación típica a resolver 1: Dolor o enfermedades presuntamente relacionadas con las tareas propias de la actividad laboral de una persona o área en una compañía.

El estudio de la ergonomía está enfocado en mejorar la salud del trabajador sin afectar la productividad de la empresa, o incluso mejorar la eficiencia operativa si es posible (Barrero 2016). Por lo general las problemáticas que se enfrentan como ingeniero industrial son las enfermedades laborales que surgen con las actividades que desarrollan las personas en su puesto de trabajo. De manera general en Colombia los problemas suelen ser dolor de espalda, epicondilitis, o túnel del carpo (Barrero 2016).

Herramientas diseñadas para resolverlas

Estudios de monitoreo y evaluación: se realiza un estudio para verificar la situación actual de las tareas de un trabajo y medir si el trabajador está expuesto a situaciones (ruido, vibraciones, temperaturas extremas, humedad, toxinas, partículas en el aire, luz insuficiente o excesiva, etc.) que puedan aumentar la posibilidad de enfermar (Barrero 2016). Posteriormente se realizan modificaciones a la tarea o al proceso con el objetivo de reducir dichas exposiciones y se realiza una medición en la que se asegure que las exposiciones se redujeron (Barrero 2016).

Situación típica a resolver 2: Establecer relación entre una enfermedad recurrente en los trabajadores y una o varias condiciones de la tarea que desempeñan.

Otro problema al que se enfrentan los ingenieros en el área de ergonomía es establecer si existe una relación entre un factor de riesgo y una enfermedad. El objetivo es aclarar si existe una asociación o relación causal entre el tipo de exposiciones a las que el trabajador se somete y las enfermedades o molestias que se manifiesta estar sufriendo (Barrero 2016).

Herramientas diseñadas para resolverlas

En éste caso se deben realizar estudios de carácter epidemiológico en el que se realiza el monitoreo de las condiciones laborales de cierta tarea y establecer si en comparación con

los estándares internacionales existe posibilidad de que los trabajadores estén sobrepasando los límites de exposición propuestos en los umbrales establecidos, y así verificar si es posible que las enfermedades se desarrollen o empeoren su condición en los trabajadores (Barrero 2016).

8. Análisis de los Resultados

Metodología general para la medición de la creación de valor económico

En el presente trabajo se propone la siguiente metodología general del análisis de creación de valor en proyectos de ingeniería industrial. El objetivo de ésta metodología es guiar al analista de manera general para que pueda sustentar de manera adecuada el flujo de caja proyectado en cada situación y comparar los flujos esperados entre las situaciones propuestas por las alternativas de solución de cada herramienta, y la situación como se proyectaría si no se hiciera mejora alguna. Los siguientes pasos resumen de manera general la metodología utilizada para medir la creación de valor en los casos de estudio analizados posteriormente. La información de los flujos del proyecto para los casos de estudio se encuentra en los anexos.

1. Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras
 - a. Indicadores
 - b. Productividad
 - c. Ahorros en tiempo
 - d. Ahorros en Costos
 - e. Mejoras de calidad
 - f. Oportunidades de mercado
 - g. Recursos requeridos por el proyecto (herramientas, talento, inversiones)
 - h. Ingresos, beneficios (ventas, ahorros)
 - i. WACC del proyecto
 - j. Activos operacionales netos
 - k. Capital de trabajo
2. Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros
 - a. Hacer proyecciones del impacto de las mejoras en el horizonte del proyecto
 - b. Ventas
 - c. Costos
 - d. Ingresos
 - e. Indicadores
 - f. WACC
3. Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto
 - a. Identificar el horizonte del proyecto
 - b. Inversión inicial
 - c. Costos de ejecución de la herramienta o filosofía
 - d. Flujos futuros situación propuesta
 - e. Flujos futuros situación actual
 - f. Flujos incrementales
 - g. Flujos del proyecto (incluyen inversión inicial y costos de ejecución)

4. Medir la creación de valor
 - a. Medir el EVA de los flujos del proyecto
 - b. Análisis incremental sobre los flujos del proyecto
5. Hacer análisis de sensibilidad
 - a. Analizar escenarios de cambios en la medición de creación de valor debido a cambios en variables críticas del proyecto
 - b. Concluir análisis de sensibilidad

Caso de estudio Manufactura

Descripción del caso

Una empresa de 230 empleados con 4 productos en el mercado utiliza los indicadores del modelo SCOR para medir su desempeño en 2 atributos que por los cuales quiere diferenciarse de su competencia; 1) Confiabilidad: (órdenes perfectas), ordenes entregadas a tiempo en la cantidad y condición pactadas con el cliente y con la documentación en regla, y 2) Velocidad de respuesta: (Tiempo de ciclo para cumplir las órdenes) tiempo de ciclo del abastecimiento, tiempo de ciclo de producción y tiempo de ciclo de entrega. Por otro lado también se considera crítico el factor de seguridad de la planta y por ello se lleva un registro de la cantidad de accidentes por año.

Problemática a resolver

Al analizar su desempeño actual, la empresa encuentra que tiene problemas de facturación debido a que sus clientes sólo aprueban el 65% de las órdenes que reciben, debido a errores en las cantidades entregadas, el tiempo de entrega, la documentación de las órdenes, y la condición o calidad de los productos. Adicionalmente considera que su tiempo de ciclo, que actualmente se encuentra en 35 días, es demasiado largo. Por otra parte el inventario en proceso ocupa mucho espacio en la planta, lo cual reduce la movilidad de los colaboradores ocasionando aproximadamente 10 accidentes por año.

Para abordar las oportunidades de mejora mencionadas anteriormente, la empresa quiere implementar una iniciativa de mejoramiento de procesos a través de “Lean Manufacturing & Six Sigma”, filosofías que buscan la reducción sistemática de desperdicios en las líneas de producción y la reducción de la variabilidad de los procesos, respectivamente.

Para el proceso de diagnóstico inicial (primer mes) se ha estimado que se requiere de lo siguiente:

- 1 profesional junior por cada doce empleados
- 1 profesional Senior por cada 12 profesionales junior en el proceso de implementación de la herramienta.
- El sistema de información WonderWare para el control de la producción y el control de las mejoras propuestas (costo 7'826.086 COP~ 2700 USD anuales para 5 usuarios)

Luego del diagnóstico los profesionales en lean manufacturing hallaron diferentes soluciones, las cuales requieren de cambios en la planta de producción y un proceso de capacitación de los empleados en términos de las mejores prácticas de manufactura, y la filosofía lean manufacturing.

La inversión en la redistribución de planta es de 100'000.000 COP debido a que hay que realizar cambios en la red eléctrica de la planta, así como mejorar los cimientos de algunas zonas de la planta para reducir la vibración de las máquinas. Por otra parte se debe hacer una inversión en maquinaria nueva de \$50'000.000 COP.

Se proyecta que las mejoras del proyecto empezarán a impactar de manera significativa los indicadores a partir del mes 5; de ésta manera, se espera aumentar 1,875 puntos porcentuales el indicador de órdenes perfectas cada mes y de ésta manera llegar a un valor del 80% al final del mes 10. Del mismo modo se espera que el indicador llegue a 90% para el segundo año y 100% para el tercero.

Por otra parte las mejoras planteadas pretenden reducir el tiempo de ciclo a 21 días para finales del primer año y a 10 días al final del segundo año. Los expertos en Lean & six sigma, han fijado el objetivo de reducir el inventario en proceso a 55% de su valor actual para finales del primer año, lo cual a su vez reduciría los accidentes al mínimo.

Para cumplir con la demanda pronosticada la empresa puede subcontratar la fabricación de 300 unidades mensuales de cada producto como máximo, pero debe tenerse en cuenta que el costo de comprar los productos a un tercero es 20% mayor que el costo de producción de cada uno. Para las unidades contratadas con terceros se cumplen todos los requerimientos de tiempo de ciclo y los niveles de seguridad o accidentalidad.

El horizonte del proyecto se fijó a dos años pues en éste tiempo se debe haber culminado la implementación, evaluación y control de las mejoras propuestas por lean manufacturing & six sigma. Las condiciones iniciales se resumen en las siguientes tablas.

Indicador	Medición inicial
ordenes perfectas	65%
tiempo de ciclo (días)	35
Capacidad órdenes por año	10,43
Criterio para Multas por incumplimiento	% del pedido total
Ordenes Perfectas < 70%	2%
Ordenes Perfectas < 80%	1%
Ordenes Perfectas < 90%	0,50%
Límite Outsourcing	300

			COSTO DE OUTSOURCING		
Producto	PRECIO	Costos de devolución	1,2*costo de producción	demanda	Costo de producción

1	\$56.000	\$5401,79	\$42.637	2.429	\$ 35.531
2	\$63.000	\$6077,02	\$34.723	2.122	\$ 28.936
3	\$91.000	\$8777,92	\$67.323	2.825	\$ 56.103
4	\$88.000	\$8488,54	\$36.633	2.572	\$ 30.527

Producto	Capacidad actual	Inventario Producto en Proceso	Inventario de producto terminado
1	928	898	1.003
2	690	668	709
3	634	614	834
4	822	796	982

Con el fin de entender el proceso requerido para desarrollar un proyecto de mejora con las herramientas mencionadas se presentará de manera general cada una de ellas.

Cómo lean & six sigma crea valor medido en EVA

Ordenes perfectas

Con un mayor número de órdenes perfectas aumenta la facturación por mes ya que el cliente aprueba el pago de una mayor cantidad de unidades recibidas en perfectas condiciones.

Tiempo de ciclo

Al reducir el tiempo de ciclo se aumenta la capacidad en términos de unidades a producir por mes, lo cual permite atender una demanda mayor, aumentando así las ventas.

Inventario en proceso

La reducción del inventario en proceso además de ayudar a reducir el tiempo de ciclo, disminuye el capital ocioso de la compañía ya que los productos en proceso tienen un valor que corresponde al monto invertido en materiales y mano de obra. Si éste capital se disminuye quiere decir que está

disponible para ser invertido según las oportunidades y el costo de capital que tenga la empresa (WACC).

Lean manufacturing

Definición

El concepto de lean manufacturing es un sistema que pretende producir bienes o servicios de la mayor calidad, al menor precio y en el menor tiempo posibles a través de la eliminación sistemática de los desperdicios (Cherrafi et al. 2016). Para la filosofía lean, el desperdicio es cualquier actividad, material, pieza, equipo, espacio o tiempo de procesamiento, que no constituya un requerimiento esencial para añadir valor al producto, lo cual lo convierte en objetivo de eliminación (US EPA 2003). La reducción de los costos no es un objetivo de lean ya que no es necesariamente un desperdicio según la definición mencionada anteriormente, sin embargo es una consecuencia muy común en los proyectos de éste tipo (Navarrete 2016). Debido a esto, para el análisis del caso no se modificarán los costos sino que será analizado el impacto de los demás indicadores en los costos de operación.

Herramientas

Entre las herramientas utilizadas en la filosofía lean se encuentran las técnicas como 5S, Single-Minute-Exchange-of-Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Kanban, Kaizen, mapa de flujo de valor, manufactura por celdas, relación con proveedores, Poka-yoke, gestión visual (Andon Line), Herramientas de análisis (5 por qué's, gráficas de Pareto, diagramas causa-efecto), entre otras (Büyükköçkan, Kayakutlu, y Karakadılar 2015).

Six sigma

Definición

Six sigma es una metodología organizada y estructurada para reducir la variación en los procesos organizacionales mediante el entrenamiento de especialistas y el establecimiento de indicadores clave con el objetivo de mejorar el desempeño operativo y alcanzar altos niveles de calidad, minimizando la variabilidad en los productos mediante la investigación y eliminación de las causas raíz de los defectos (Zu, Fredendall, y Douglas 2008).

Herramientas

La metodología six sigma es conducida a través de las fases de: Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control, donde profesionales llamados cinturones negros y verdes, utilizan herramientas estadísticas y de calidad derivadas del Total Quality Management (TQM) para caracterizar los problemas (Cherrafi et al. 2016). En la etapa de definición, se identifica el tipo de problema, luego se mide su estado actual y cuáles son las causas raíz. Posteriormente planes de acción específicos son llevados a cabo con el objetivo de eliminar las causas de los problemas identificados. Más adelante se lleva a cabo la medición y el control de los ahorros. Finalmente el nivel "sigma" de las características críticas para la calidad (Critical-to-Quality QTC) es calculado (Zu, Fredendall, y Douglas 2008). Para ello es usual utilizar herramientas de control estadístico de procesos (Statistical process control / SPC).

Procedimiento general (Navarrete 2016)

El procedimiento general para desarrollar un proyecto de implementación en Lean manufacturing & six sigma es aplicar el método científico a la identificación de oportunidades de mejora y luego proponer alternativas que se convierten en proyectos a corto, mediano y largo plazo con el fin de mejorar el desempeño de la operación. A continuación se enumeran los pasos del proceso mencionado anteriormente:

1. **Seleccionar:** Se realiza un análisis en el que se procura establecer cuáles áreas, procesos o servicios en concreto son críticos para la compañía en términos de ventas, ingresos, costos, problemas de calidad, desperdicios, etc. La idea de ésta etapa es identificar con claridad dónde pueden causar un mayor impacto las mejoras propuestas por la metodología. Para ello se utilizan herramientas entre las cuales hallamos el diagrama de Pareto, histogramas, gráficos de control, e indicadores relacionados con el servicio al cliente (órdenes perfectas), tiempo de ciclo, niveles de inventarios.
2. **Registrar:** en ésta etapa se realiza una caracterización estructurada de los procesos, utilizando herramientas de diagramación como cursogramas analíticos, diagramas de operaciones, diagramas de recorrido, mapa de flujo de valor, diagramas hombre-máquina, análisis de cargas de trabajo, sistemas de trayectoria crítica, etc.
3. **Examinar:** se debe realizar una revisión crítica en la que el objetivo es encontrar causas raíz de los desperdicios y de la variación en los resultados de los procesos, así como las razones por las que se encuentran errores en la calidad de los productos, o en el tiempo o cantidades de entrega. Para ésta etapa se utilizan herramientas como los 5 por qué's, mapas mentales, la espina de pescado, el mapa de flujo de valor, la técnica de interrogatorio, etc.
4. **Formular alternativas de solución:** en ésta etapa se requiere del análisis pertinente de los ingenieros industriales para establecer alternativas viables para reducir los desperdicios definidos por la metodología lean & six sigma, y definir proyectos que puedan solucionar las diferentes oportunidades críticas de mejora.
5. **Evaluar:** se evalúa la posibilidad de ejecutar los diferentes proyectos de mejora y el orden en que deberían ser ejecutados para lograr los mejores resultados.
6. **Definir:** se establece con claridad los recursos y tiempo necesarios para ejecutar el proyecto y cuáles serían los resultados esperados (operativos y financieros), así como el impacto proyectado en los indicadores clave que se quieren impactar en lean & six sigma.
7. **Implantar:** como se mencionaba anteriormente, en una situación típica el proceso de mejora continua se reinicia cada 2 años, donde el diagnóstico puede ser iniciado unos meses antes para dar continuidad al proceso. La idea es aplicar las soluciones en éste periodo de tiempo.
8. **Controlar:** se debe establecer un Balanced Score Card en el que se defina con claridad cada uno de los indicadores a impactar, el responsable de su medición y la persona que debe rendir cuentas sobre los niveles en que se encuentre en cada etapa del proyecto. Todo esto con el fin de tener un mecanismo de medición adecuado en el que se pueda evaluar el proceso y los resultados de las mejoras. En el caso de estudio éstos indicadores corresponden a aquellos encontrados en el modelo SCOR para medir la confiabilidad, velocidad de respuesta y manejo de activos.

Análisis de la creación de valor para el caso Lean Manufacturing & six sigma

Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras

- a. Indicadores: En la metodología Lean & six sigma se pretende impactar específicamente 3 indicadores:
 - i. Confiabilidad: (órdenes perfectas) ordenes entregadas a tiempo en la cantidad y condición pactadas con el cliente, y con la documentación en regla. Éste indicador impacta en la facturación ya que sólo se puede facturar la cantidad entregada en perfectas condiciones.
 - ii. Velocidad de respuesta: (Tiempo de ciclo para cumplir las órdenes) tiempo de ciclo del abastecimiento, tiempo de ciclo de producción y tiempo de ciclo de entrega. Este indicador afecta la capacidad instalada. A menor tiempo de ciclo mayor es la capacidad de producir unidades por cada unidad de tiempo.
 - iii. Nivel de inventarios: Cantidad de materia prima, producto en proceso y producto terminado a lo largo de la cadena. Los inventarios tienen un costo de mantenimiento y un valor asociado en el tiempo. En lean & six sigma se consideran un factor a eliminar o reducir y según los expertos entrevistados puede llegarse a tener una reducción hasta del 50%.
- b. Productividad: el tiempo de ciclo afecta de manera directa la cantidad de lotes que se pueden atender por año, de manera que un tiempo de ciclo de 30 días corresponde a 12 lotes por año. Cada lote de productos para el caso específico estudiado corresponde a la cantidad máxima de cada bien que puede ser producido con la capacidad actual.
- c. Ahorros en tiempo: el ahorro en tiempo de ciclo aumenta la capacidad actual ya que se aumenta la cantidad de unidades que se pueden producir por unidad de tiempo.
- d. Ahorros en Costos: En la filosofía de lean manufacturing los costos no están definidos como desperdicios por lo cual, reducirlos no es un objetivo específico.
- e. Mejoras de calidad: las mejoras en la calidad pueden ser alcanzadas y medidas a partir de lean & six sigma en las 4 categorías que componen el indicador de órdenes perfectas.
- f. Oportunidades de mercado: una mayor capacidad de producción puede aumentar las ventas y una mayor cantidad de órdenes perfectas puede afectar directamente la facturación, además de reducir las multas por incumplimiento.
- g. Recursos requeridos por el proyecto
 - i. Herramientas: sistema de gestión visual de resultados en la operación (wonderware para este caso)
 - ii. Talento: 1 profesional Senior y 19 profesionales Junior en Lean Manufacturing.
 - iii. Inversiones: \$100'000.000 para adecuación de la planta de producción y modificaciones en la distribución espacial y eléctrica de las instalaciones.
\$50'000.000 en equipos y maquinaria.
- h. Ingresos, beneficios (ventas, ahorros)
- i. WACC del proyecto: para el caso se asume que el WACC corresponde a 33,17% EA, donde el costo de financiación con terceros es 12%, el impuesto es del 34%, el costo de financiación con capital propio es 50% y los porcentajes de financiación con terceros y socios son respectivamente 40 y 60%. El WACC es calculado de la siguiente manera.
$$WACC_j = Kd_{(1-T)} * \%D_{(n-1)} + Ke * \%E_{(n-1)}$$
$$WACC_j = ((12\% * (1 - 34\%)) * 40\% + 50\% * 60\%$$
- j. Activos operacionales netos: los activos operacionales netos corresponden a la suma de las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto:
 - i. Inversión en infraestructura: \$100'000.000
 - ii. Inversión en maquinaria y equipos: \$50'000.000

- iii. Sistema de información: \$ 51.869.565,13 (USD 2700 base-5 usuarios incluidos+ USD 1013/usuario adicional) el número total de usuarios es 20.
- k. Capital de trabajo

Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros

Para realizar ésta proyección se construyó un modelo en Excel del comportamiento de los indicadores y el impacto que tendría en cada una de las siguientes áreas de interés.

- l. horizonte del proyecto: usualmente los proyectos de mejora continua reinician su ciclo en un periodo que va de 18 meses a 2 años (Mantilla Pabón 2016). Se estableció un horizonte de 2 años debido a que por la volatilidad de las condiciones del mercado se puede perder la precisión en la medición del valor creado. Por ello el valor residual al final del segundo año de cualquier bien que haya sido adquirido en pro del desarrollo del proyecto debe ser sumado a los flujos del proyecto en el último mes de evaluación (Jaramillo 2017).
- m. Ventas: la demanda tiene una tendencia de crecimiento y estacionalidad donde los picos se presentan en los meses de junio y diciembre. Se calculó el impacto de la mejora según los siguientes aspectos.
 - i. Facturación
 - ii. Ingresos no percibidos por falta de capacidad de atención de demanda
 - iii. Facturación perdida por incumplimiento
 - iv. Multas por incumplimiento
- n. Costos: se formuló el posible impacto en los siguientes costos
 - i. Costo de inventario de producto en proceso
 - ii. Costo de tercerización de una parte de la producción
 - iii. Costo de producción
 - iv. Costos de devolución
- o. Ingresos: los ingresos se calcularon a partir de la resta entre la facturación de cada mes y los costos asociados a la operación.
- p. Indicadores: El cambio en los indicadores fue guiado a partir del valor descrito por los expertos en las entrevistas y se asumió una mejora mensual con un comportamiento lineal para cada uno.
- q. WACC: En un principio se mantuvo la WACC en el mismo valor pero más adelante se realizó un análisis de sensibilidad para ver como los mismos flujos incrementales pueden crear o destruir valor económico dependiendo del valor de la WACC.

Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto

Con el fin de establecer el impacto en la operación a nivel financiero a partir de los cambios propuestos en la operación y los indicadores clave, se realizó un modelo en Excel estableciendo las condiciones mencionadas en los puntos anteriores y los impactos que tendrían en términos financieros mes a mes durante el horizonte de 2 años. Por favor revisar archivo anexo con el nombre “CASO 1 Lean Manufacturing & six sigma”

Medir la creación de valor

A continuación se realizará una comparación entre la medición del valor con el EVA, el valor presente neto de los flujos del proyecto y la medición contable tradicional en la que el enfoque basado en los ingresos y los costos es el único criterio de aceptación del proyecto, y el cual resulta insuficiente según los autores: Laursen y Svejvig 2015, Martin 2014, Atkinson 1999.

Análisis incremental sobre los flujos del proyecto

Debido a la naturaleza de la situación planteada, en la que la ingeniería industrial ofrece un beneficio sobre una operación ya existente, el análisis de la creación de valor debe realizarse de manera incremental. En otras palabras, lo que se quiere medir es el valor económico creado por la implementación de un proyecto en comparación con la proyección bajo las condiciones de operación actuales, es decir sin las mejoras, costos, ni inversiones planteadas por el proyecto.

Medición contable del flujo incremental del proyecto

Los ingresos contables proyectados en el horizonte del proyecto son de \$386.059.966,17, es decir que basándose únicamente en los ingresos y los costos, el proyecto promete ganancias por más de trescientos millones de pesos al cabo de dos años.

EVA de los flujos del proyecto

La medición del EVA se hace anualmente y posteriormente se suma el monto de los dos años. Es necesario aclarar que el EVA de la manera en que fue calculado en el modelo de Excel, también depende de los flujos contables para calcular el UODI (NOPAT por sus siglas en inglés). Por su parte los AON (activos operacionales netos) del proyecto son las inversiones totales que deben realizarse en términos de tecnología, equipos e infraestructura para ejecutar las alternativas de solución propuestas en el proyecto.

El valor del EVA para las condiciones propuestas en el caso fue de \$265.705.654,43. Con esto se puede evidenciar con claridad que existe una diferencia de \$120.354.311,74 entre el valor en libros y la medición del valor que se realiza con el indicador del EVA calculado a partir de los mismos flujos contables del proyecto. Esto se explica pues el indicador del EVA tiene en cuenta el costo financiero de los activos operacionales que fueron necesarios para ejecutar el proyecto mientras que la medición contable no lo hace.

Valor presente neto de los flujos del proyecto

Por otro lado el valor presente neto de los flujos del proyecto es una manera diferente de medir la creación de valor financiero y provee una visión financiera del indicador EVA pues implícitamente se tiene en cuenta los mismos factores que son necesarios para calcular el EVA, en la que mes a mes se tiene en cuenta el cambio del valor del dinero en el tiempo. En éste caso el proyecto la medición de la creación de valor sería de \$116.581.367,9.

Es decir \$ 269.478.598,25 menos que la medición contable tradicional, y \$149.124.286,50 menos que la medición contable del EVA. Lo cual hace que ésta medición sea mucho más precisa para realizar la medición de la creación de valor económico.

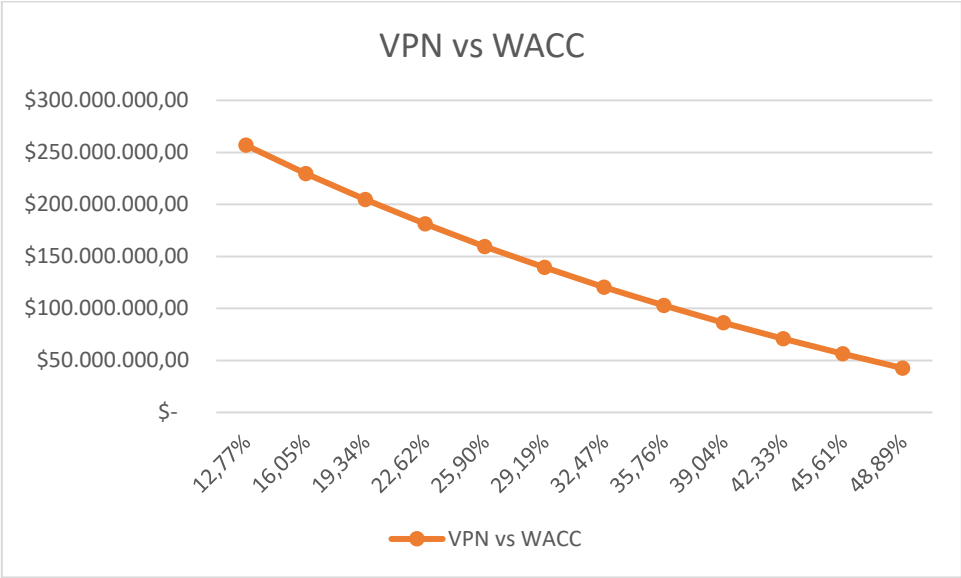
A continuación se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables críticas del proyecto.

Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables críticas del proyecto. Los rangos de los indicadores a sensibilizar se establecieron de acuerdo a la opinión de los expertos de modo que reflejen la realidad de manera razonable.

WACC

Para identificar cambios en el VPN y establecer en qué punto el proyecto destruiría valor en función del WACC se realizó una tabulación con valores que van desde 12.77% hasta 48.89% (Jaramillo 2017). La siguiente gráfica muestra el comportamiento del valor creado por el proyecto para diferentes valores del WACC.

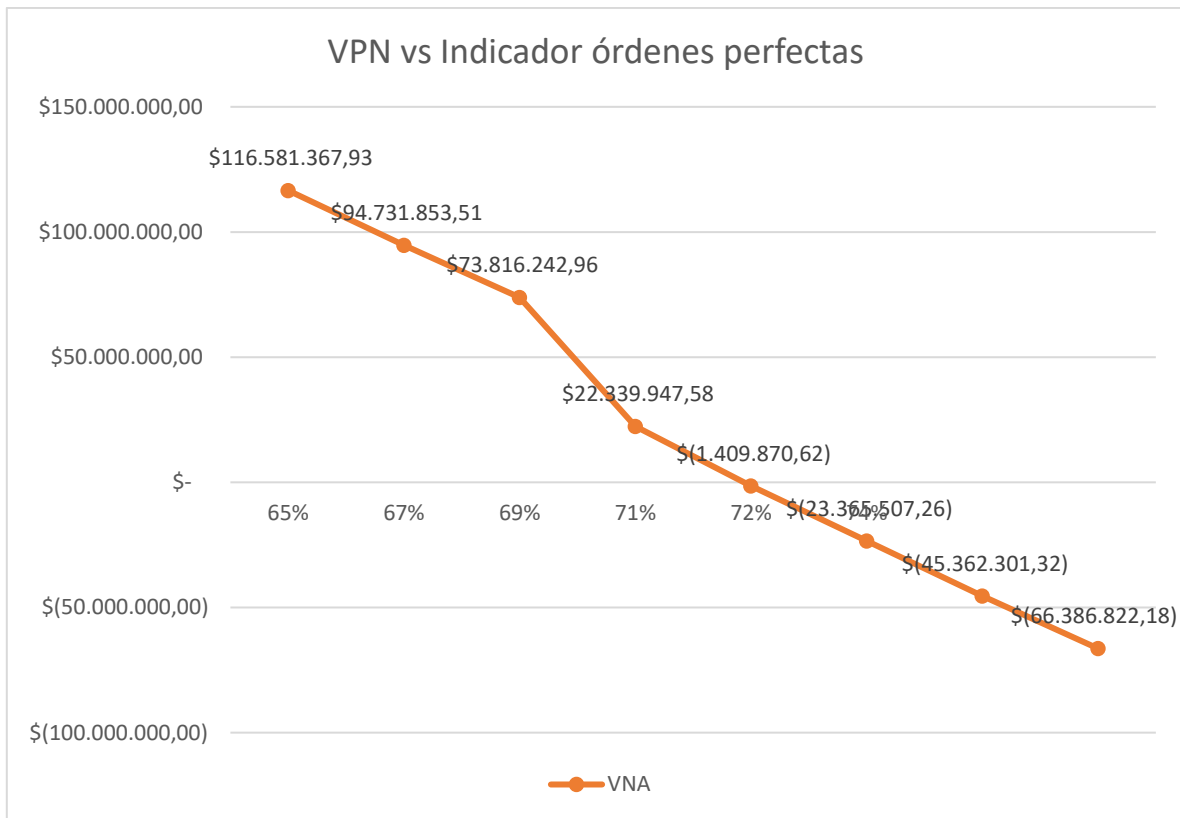


Como se puede ver se empieza a destruir valor si el proyecto llega a tener un costo promedio ponderado de capital superior al 60%, lo cual no es muy común encontrar en el mercado. Por lo cual se puede decir que con las condiciones actuales, el proyecto crea valor soportando un costo de capital bastante alto con referencia a los valores encontrados en el mercado.

Un análisis similar con respecto al WACC mes vencido se puede realizar, evidenciando que a partir de un 4% se destruiría valor asumiendo que ninguna de las demás variables del proyecto cambia.

Indicador de Órdenes perfectas

Del mismo modo la siguiente gráfica muestra cómo cambios en el valor inicial (valor calculado en la etapa de diagnóstico) de éste indicador pueden afectar la creación de valor del proyecto.

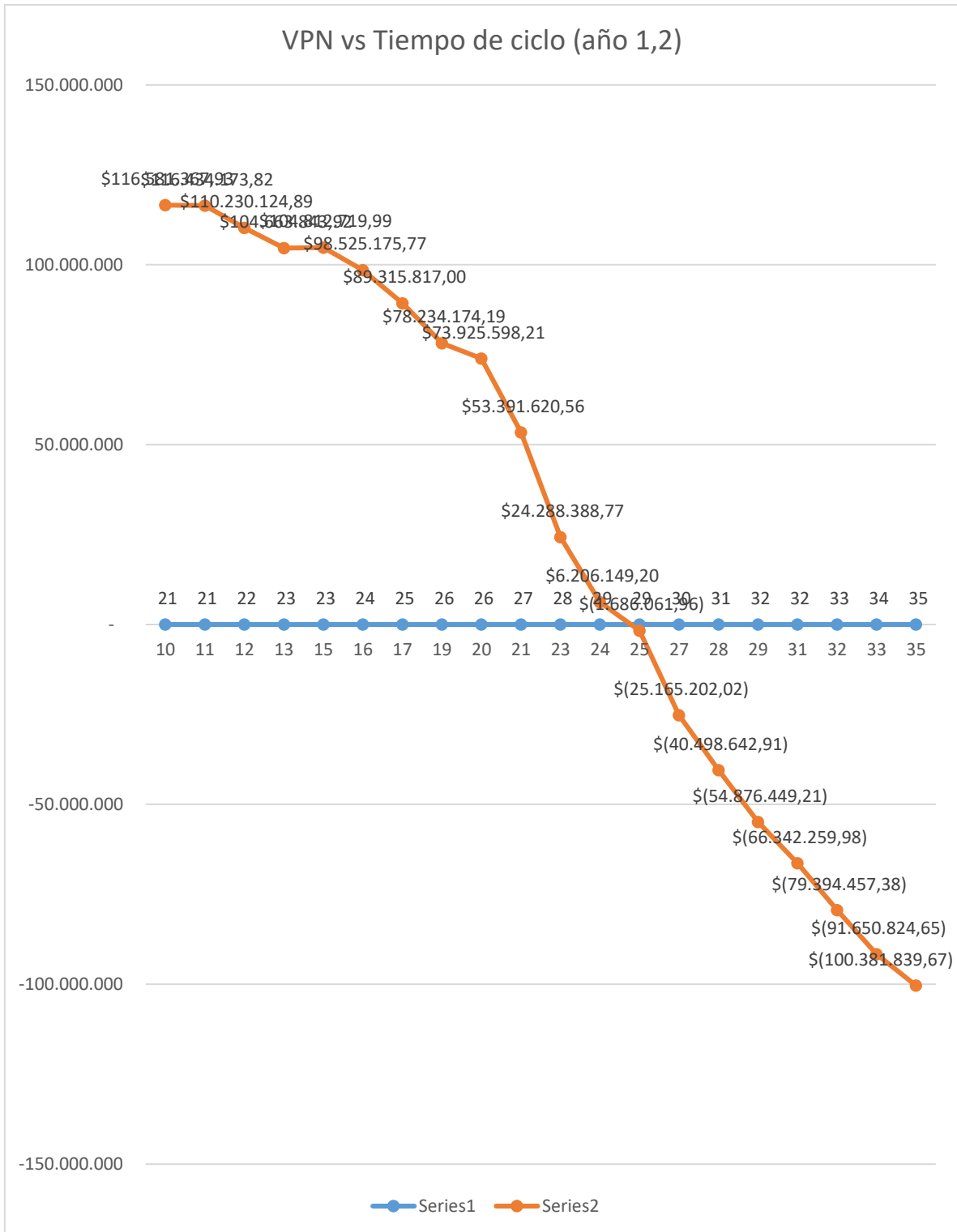


Como es de esperarse, no es recomendable implementar un proyecto como éste desde el punto de vista de creación de valor si éste indicador supera un 72% ya que las mejoras posiblemente no lograrían cubrir la inversión necesaria, aún si se lograra mejorar hasta llegar a un 100% en la entrega de órdenes perfectas.

Por otro lado es interesante resaltar que existe un punto crítico en el que la creación de valor disminuye de manera drástica. Dicho intervalo se encuentra entre un valor de diagnóstico del 69% y el 71%. En éste rango la creación de valor disminuye en 50 millones con un aumento de 1,842 puntos porcentuales en el valor del indicador, mientras que los demás intervalos muestran un descenso de 20 millones. En éste caso, aunque se sigue creando valor es necesario que se analice con mucho cuidado si el valor creado es suficientemente significativo con respecto al valor de diagnóstico del indicador o si existen otros proyectos u áreas de mejora en que se pueda crear mayor valor financieramente.

Indicador Tiempo de ciclo

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la creación de valor con respecto a diferentes escenarios de mejora en los que los valores del tiempo de ciclo son evaluados al final del año 1 (valores ubicados encima el eje horizontal) y 2 (valores por debajo del eje horizontal).

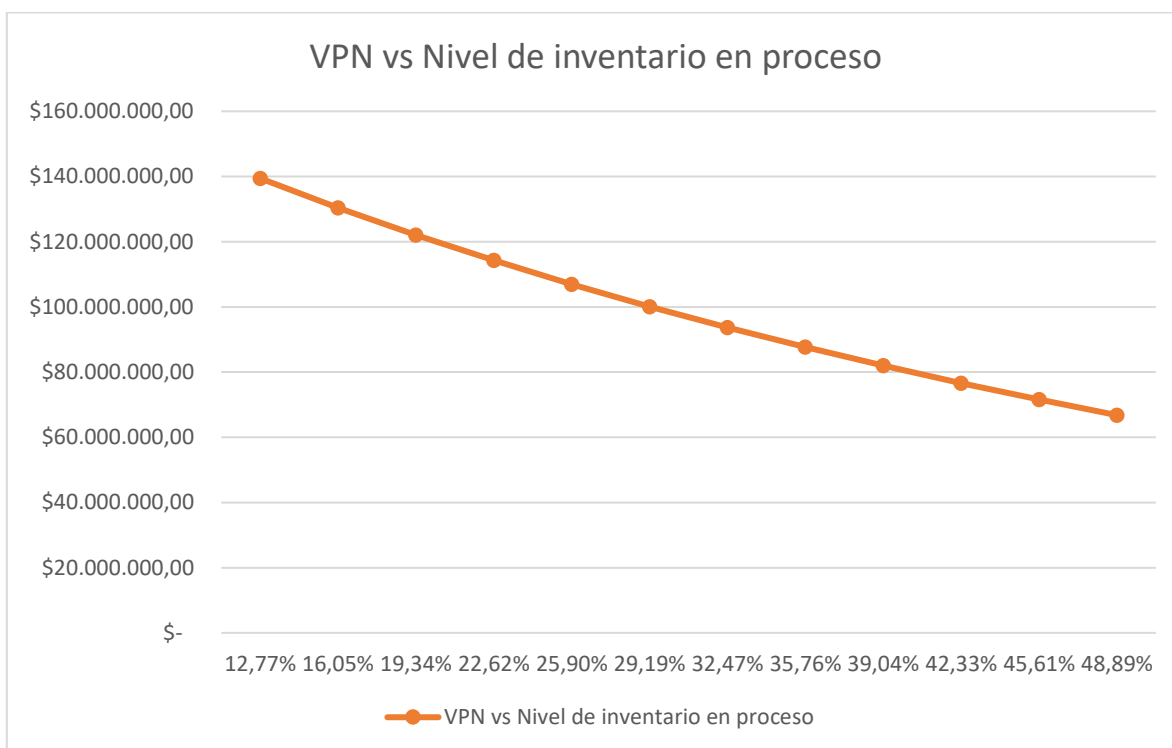


Según el análisis de sensibilidad el escenario en el que el proyecto no crea ni destruye valor sería aquel en el que en el primer año se reduce el tiempo de ciclo a 29 días (reducción de 6 días con respecto al valor de diagnóstico) y el segundo año a 25. En definitiva si el tiempo de ciclo no se logra reducir al cabo de dos años en más de 10 días, el proyecto destruye valor.

Al ver la gráfica es posible ver que existe una caída vertiginosa en la creación de valor cuando el tiempo de ciclo al final del segundo año está entre 20 y 24 días. En éste rango una disminución de 1 día en el tiempo de ciclo llega a crear un valor de 20 millones aproximadamente. Mientras que una disminución desde un valor final de 20 días hasta 19 solamente crearía 5 millones aproximadamente. Se podría decir entonces que el proyecto empieza a ser atractivo a partir de una reducción del tiempo de ciclo que llegue hasta un valor de 25 días en el segundo año pero que sería ideal que la reducción lograra hacerse por debajo de los 20 días ya que en ése intervalo éste indicador tiene un impacto crítico en la creación de valor.

Nivel de inventarios de producto en proceso

El nivel de inventarios se formuló como un porcentaje del valor calculado en el momento del diagnóstico. Es decir si el nivel de inventarios se redujo en un 30% corresponde a un 70% del valor del inventario medido en la etapa de diagnóstico.



Según la gráfica el nivel del inventario debe ser reducido hasta un valor menor que un 74% del valor inicial (aquel medido en la etapa de diagnóstico), si se quiere crear valor. Como se puede ver en el caso de estudio la relación entre la reducción en el inventario y el VPN es lineal y sí constituye un factor para crear valor en las condiciones de éste proyecto.

Factores críticos para la creación de valor en el caso Lean & six sigma analizado

Para éste caso la variable crítica referente a la metodología de lean manufacturing que mayor impacto tiene en la creación de valor es el indicador de órdenes perfectas, seguido del tiempo de ciclo. El primero afecta de manera directa la facturación, las ventas y la reducción en las multas por incumplimiento, que son aspectos que influyen en la totalidad de los ingresos. Por otra parte el

tiempo de ciclo es un indicador que afecta la capacidad de producción, permitiendo atender una mayor demanda, lo cual también termina por impactar las ventas, sin embargo si el indicador de órdenes perfectas no se mejora, se seguirían teniendo problemas en la facturación total del pedido ya que las órdenes con defectos no pueden ser facturadas, requieren de procesos de devolución lo cual conlleva costos adicionales, además de las multas que establece el cliente por incumplimiento.

Con todo esto en mente, es claro que para éste caso el indicador que mayor impacto tiene en la creación de valor es el de órdenes perfectas, donde el impacto del tiempo de ciclo realiza un aporte clave en términos de aumentos en la capacidad de atención de demanda.

Caso de estudio Ergonomía

Descripción del caso

Una empresa de 230 empleados con 4 productos en el mercado utiliza los indicadores del modelo SCOR para medir su desempeño en 2 atributos que por los cuales quiere diferenciarse de su competencia; 1) Confiabilidad: (órdenes perfectas), ordenes entregadas a tiempo en la cantidad y condición pactadas con el cliente y con la documentación en regla, y 2) Velocidad de respuesta: (Tiempo de ciclo para cumplir las órdenes) tiempo de ciclo del abastecimiento, tiempo de ciclo de producción y tiempo de ciclo de entrega. Por otro lado también se considera crítico el factor de seguridad de la planta y por ello se lleva un registro de la cantidad de accidentes por año.

Problemática a resolver

En la empresa existen muchas quejas por parte de los colaboradores en cuanto al ruido estridente y fuerte que soportan, las posiciones incómodas que deben adoptar, y a las grandes cargas que levantan constantemente pues pueden llegar a pesar 25 kg. Esta situación les ha generado dolores de espalda y de cabeza. La empresa es consciente de la problemática y quiere realizar un estudio de monitoreo en el área de ergonomía de modo que se planteen alternativas que mejoren las condiciones de trabajo de los colaboradores, sin afectar de manera negativa la operación.

Cómo la ergonomía crea valor medido en EVA

En los estudios más clásicos de ergonomía en ingeniería industrial se utiliza el cálculo del tiempo estándar de la siguiente manera:

$$TSD = T_o * \%valoración * (1 + \%constante\ suplementos + \%variable\ de\ suplementos + \%constante\ contingencias + \%variable\ de\ contingencias)$$

Donde "To" es el tiempo observado, que multiplicado por el porcentaje de valoración, corresponde al tiempo Básico. Los suplementos están directamente asociados a los factores de riesgo de exposición que se estudian en ergonomía y los porcentajes de contingencias son calculados a partir de la metodología de puntos rojos y verdes. Es importante tener en cuenta que las contingencias sólo pueden alcanzar un valor máximo de 15% incluyendo el valor constante. Los porcentajes constantes de suplementos y contingencias son respectivamente 9% y 7%.

Para éste caso se calculó el tiempo estándar de los productos como se puede observar en la siguiente tabla.

	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
tiempo estándar	1,83	2,08	4,48	1,68
tiempo básico	1,27	1,45	3,11	1,17
suplementos constantes	9%	9%	9%	9%
suplementos variables	27%	27%	27%	27%
contingencias constantes	7%	7%	7%	7%
contingencias variables	5%	5%	5%	5%

La asignación de los porcentajes variables en los suplementos se realizó a partir de la tabla de suplementos sugerida por la Organización Internacional del Trabajo (Kanawaty 1996), y las siguientes condiciones de trabajo: trabaja de pie (2%), incómodo (7%), carga hasta 25 kg (9%), ruido estridente muy fuerte (5%) (120 decibeles o más), trabajo no muy complejo (1%), bastante monótono (1%) y aburrido (2%). La situación propuesta se muestra en la siguiente tabla.

	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4
tiempo estándar	1,63	1,85	3,98	1,50
tiempo básico	1,27	1,45	3,11	1,17
suplementos constantes	9%	9%	9%	9%
suplementos variables	7%	7%	7%	7%
contingencias constantes	7%	7%	7%	7%
contingencias variables	5%	5%	5%	5%

Los suplementos de la propuesta corresponden a las siguientes condiciones de trabajo: no trabaja de pie (0%), ligeramente incómodo (0%), carga hasta 5 kg (1%), ruido intermitente fuerte (2%) (80 decibeles o más), trabajo no muy complejo (1%), bastante monótono (1%) y aburrido (2%).

Las mejoras se pueden lograr comprando bandas transportadoras para las cargas pesadas, además de una inversión en mejoras para el puesto de trabajo lo cual representaría una inversión de \$30'000.000 y \$23'480.000 respectivamente.

Los 5 ingenieros contratados para estudiar el caso sustentan que basándose en una reducción de los suplementos del tiempo estándar pueden bajar el tiempo de producción y así aumentar la capacidad de la planta y reducir el costo de las horas hombre necesarias para la producción de cada

unidad (Kanawaty 1996). Adicionalmente proponen modificar el puesto de trabajo de manera que las herramientas necesarias se encuentren siempre al alcance del colaborador, lo cual tendría una reducción del 1% en el tiempo básico. Esto podría reducir el costo de los productos. El indicador a impactar por tanto es el tiempo de ciclo, y los costos unitarios de cada producto.

Tiempo de ciclo

Al reducir el tiempo de ciclo se aumenta la capacidad en términos de unidades a producir por mes, lo cual permite atender una demanda mayor, aumentando así las ventas.

El tiempo de ciclo actual es 35 días y la información concerniente a los costos por producto, la demanda, precio de venta costos de producción y otras condiciones iniciales se pueden ver en las siguientes tablas.

Producto	PRECIO	Costos de devolución	demanda	Participación de mercado (%unidades)
1	\$56.000	\$5401,79	2.429	63,58%
2	\$63.000	\$6077,02	2.122	35,29%
3	\$91.000	\$8777,92	2.825	30,50%
4	\$88.000	\$8488,54	2.572	56,05%

Producto	Capacidad actual	Inventario Producto en Proceso	Inventario de producto terminado	Costo de producción
1	928	898	1.003	\$ 35.531
2	690	668	709	\$ 28.936
3	634	614	834	\$ 56.103
4	822	796	982	\$ 30.527

Con el fin de entender el proceso requerido para desarrollar un proyecto de mejora con las herramientas mencionadas se presentará de manera general cada una de ellas.

Estudios de monitoreo y evaluación en Ergonomía

Definición

Estos estudios pretenden realizar mediciones de la exposición a factores de riesgo a la que están sometidos los colaboradores de las empresas, para posteriormente plantear alternativas de mejora y realizar una medición final para corroborar que se redujo el nivel de exposición (Barrero 2016). Los factores de riesgo evaluados pueden ser químicos (partículas en el aire y toxinas), físicos (vibración de una sección del cuerpo o de cuerpo completo, ruido, iluminación deficiente o excesiva, temperatura, etc.), posturales (posiciones incómodas o inadecuadas de trabajo), o características del trabajo como las cargas que deben ser levantadas, ubicación de las herramientas fuera del alcance natural del colaborador, entre otras (Kanawaty 1996).

Herramientas

Las herramientas utilizadas con diagramas de planta y mapas de exposición a los diferentes factores de riesgo. Para ello se utiliza equipo especializado en la medición de dichos factores (Barrero 2016).

Análisis de la creación de valor para el estudio de Monitoreo y Evaluación en Ergonomía

Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras

- a. Indicadores: Los indicadores relacionados directamente con éste estudio son los tiempos de ciclo y el costo unitario por producto ambos fueron formulados de manera que dependieran de los cambios en el tiempo estándar propuestos al reducir los suplementos por factores de riesgo (Kanawaty 1996).
 - i. Velocidad de respuesta: Tiempo de ciclo para cumplir las órdenes. Debido a que en este caso el estudio se hará en toda la operación, el tiempo de ciclo se reduciría de manera general según el análisis presentado con anterioridad. A menor tiempo de ciclo mayor es la capacidad de producir unidades por cada unidad de tiempo lo cual permite atender una demanda mayor.
 - ii. Costo unitario de producción: una reducción en el tiempo de mano de obra impacta directamente el costo unitario de producción ya que se reduce también el costo de mano de obra directa es decir el costo variable.
- b. Productividad: la reducción del tiempo de ciclo permite aumentar la capacidad de producción lo que permite atender una demanda mayor.
- c. Ahorros en tiempo: el ahorro en tiempo de ciclo aumenta la capacidad actual ya que se aumenta la cantidad de unidades que se pueden producir por unidad de tiempo.
- d. Ahorros en Costos: los costos afectados son los de mano de obra directa ya que las horas hombre necesarias para producir se reducen con la mejora en los suplementos del tiempo estándar que están directamente relacionados con los factores de riesgo evaluados en el estudio de ergonomía (Kanawaty 1996).
- e. Mejoras de calidad: Existe la posibilidad de que haya mejoras en la calidad debido a que las condiciones de trabajo del colaborador mejoran por lo cual también puede hacerlo su atención lo que le permitiría cometer menos errores, sin embargo ese impacto en la calidad no está

cuantificado ni es fácil estimar cuánto podría ser (Barrero 2016), por lo cual no se tendrá en cuenta como un factor creador de valor en éste estudio.

- f. Oportunidades de mercado: una mayor capacidad de producción puede aumentar las ventas.
- g. Recursos requeridos por el proyecto
 - i. Herramientas: equipos de medición especializados \$30'000.000.
 - ii. Talento: \$15'000.000 para Estudio de ergonomía 5 ingenieros industriales con experiencia en estudios de ergonomía.
 - iii. Inversiones: \$30'000.000 en equipos de transporte y maquinaria que apoye la labor de los colaboradores aliviando la carga de 25 kg a 5 kg. \$23'480.000 adquisición, redistribución o mejora de puestos de trabajo para reducir posiciones incómodas y aprovechar principios de economía de movimientos.
- h. WACC del proyecto: para el caso se asume que el WACC corresponde a 33,17% EA, donde el costo de financiación con terceros es 12%, el impuesto es del 34%, el costo de financiación con capital propio es 50% y los porcentajes de financiación con terceros y socios son respectivamente 40 y 60%. El WACC es calculado de la siguiente manera.

$$WACC_j = Kd_{(1-T)} * \%D_{(n-1)} + Ke * \%E_{(n-1)}$$
$$WACC_j = ((12\% * (1 - 34\%)) * 40\% + 50\% * 60\%)$$

- i. Activos operacionales netos: los activos operacionales netos corresponden a la suma de las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto:
 - i. Inversión en infraestructura: \$23'480.000
 - ii. Inversión en maquinaria y equipos: \$30'000.000
 - iii. Equipos de medición y estudio de ergonomía: \$ 45'000.000

Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros

Para realizar ésta proyección se construyó un modelo en Excel del comportamiento de los indicadores y el impacto que tendría en cada una de las siguientes áreas de interés.

- j. horizonte del proyecto: 2 años
- k. Ventas: la demanda tiene una tendencia de crecimiento y estacionalidad donde los picos se presentan en los meses de junio y diciembre. Se calculó el impacto de la mejora según los siguientes aspectos.
 - i. Ingresos no percibidos por falta de capacidad de atención de demanda
- l. Costos: se formuló el posible impacto en los siguientes costos
 - i. Costo de producción
- m. Ingresos: los ingresos se calcularon a partir de la resta entre la facturación de cada mes y los costos asociados a la operación.
- n. Indicadores: El cambio en los suplementos del tiempo estándar fue establecido a partir del valor descrito la organización internacional del trabajo (Kanawaty 1996).
- o. WACC: En un principio se mantuvo la WACC en el mismo valor pero más adelante se realizó un análisis de sensibilidad para ver como los mismos flujos incrementales pueden crear o destruir valor económico dependiendo del valor de la WACC.

Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto

Con el fin de establecer el impacto en la operación a nivel financiero a partir de los cambios propuestos en la operación y los indicadores clave, se realizó un modelo en Excel estableciendo las

condiciones mencionadas en los puntos anteriores y los impactos que tendrían en términos financieros mes a mes durante un horizonte de 2 años. Por favor revisar archivo anexo con el nombre "CASO 1 Ergonomía"

Medir la creación de valor

A continuación se realizará una comparación entre la medición del valor con el EVA, el valor presente neto de los flujos del proyecto y la medición contable tradicional en la que el enfoque basado en los ingresos y los costos es el único criterio de aceptación del proyecto, y el cual resulta insuficiente según los autores: Laursen y Svejvig 2015, Martin 2014, Atkinson 1999.

Medición contable del flujo incremental del proyecto

Los ingresos contables proyectados en el horizonte el proyecto son de \$181.654.638,45, lo cual puede parecer prometedor, sin embargo no es una medición adecuada del valor económico ya que no tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo ni el costo financiero de los activos requeridos para llevar a cabo las mejoras.

EVA de los flujos del proyecto

El valor del EVA para las condiciones propuestas en el caso fue de \$115.165.345,65, la diferencia entre lo reportado por el flujo incremental del proyecto sumado sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo y el EVA calculado es de \$66.489.292,80. Sin embargo como se había mencionado en el caso de Lean & six sigma, éste EVA es calculado teniendo en cuenta solamente el costo financiero de los Activos Operacionales Netos requeridos para realizar las mejoras según el estudio de ingeniería realizado, pero aún no es acertado completamente pues no toma en cuenta totalmente de los flujos del proyecto dinero en el tiempo.

Valor presente neto de los flujos del proyecto

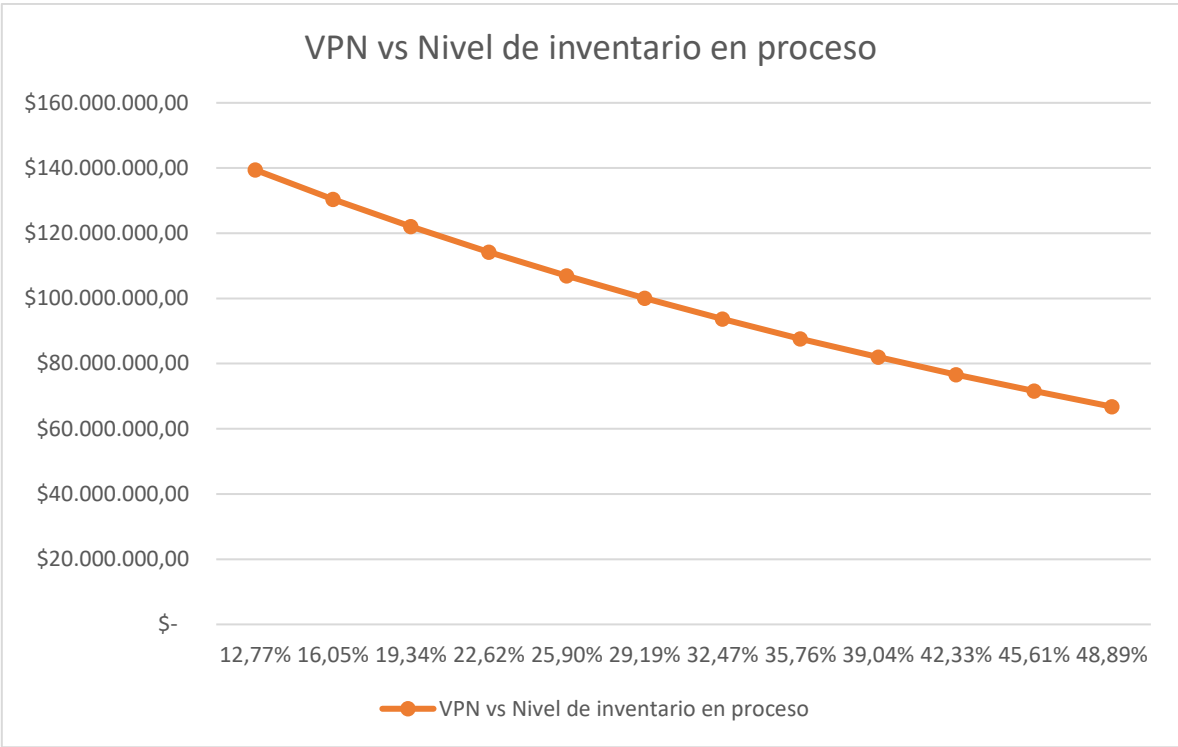
Para éste caso el proyecto crea valor económico por \$92.375.788,54. Es claro que la creación de valor es por un valor mucho menor que con las otras dos mediciones por lo cual se puede esperar que el costo del capital sea un factor decisivo en la creación de valor.

Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables críticas del proyecto. Los rangos de los indicadores a sensibilizar se establecieron de acuerdo a la opinión de los expertos de modo que reflejen la realidad de manera razonable.

WACC

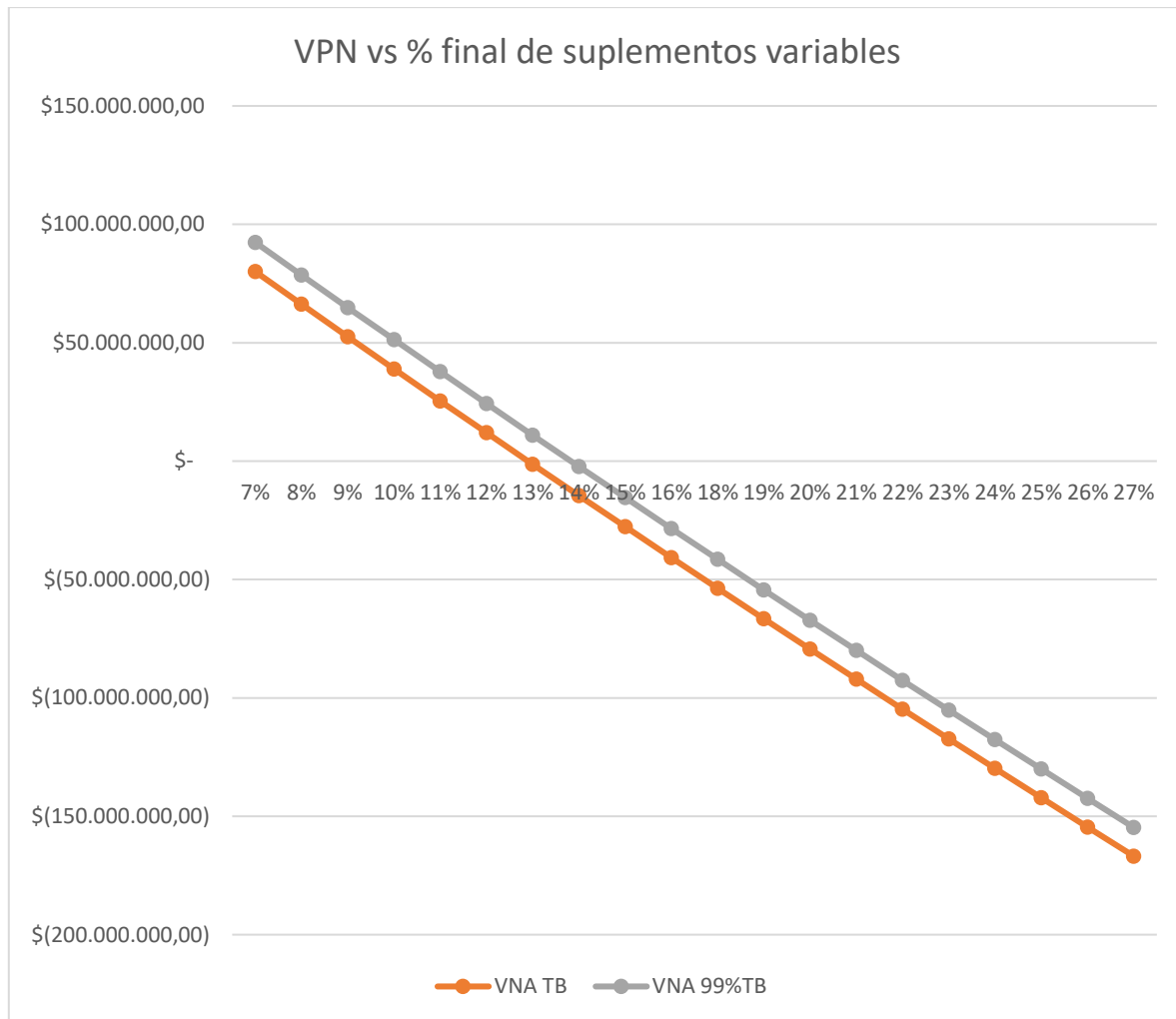
Para identificar cambios en el VPN y establecer en qué punto el proyecto destruiría valor en función del WACC se realizó una tabulación con valores que van desde 12.77% hasta 48.89% (Jaramillo 2017). La siguiente gráfica muestra el comportamiento del valor creado por el proyecto para diferentes valores del WACC.



Como se puede ver el proyecto soporta valores del WACC bastante altos sin destruir valor, lo cual demuestra que es una buena opción siempre y cuando las mejoras de hecho logren impactar el tiempo de ciclo en las cantidades propuestas, sin embargo para llevar el control de éstas mejoras sería necesario realizar una medición del impacto real en contraposición con el impacto teórico.

Porcentaje final de Suplementos variables

La siguiente gráfica muestra el análisis de sensibilidad hecho con respecto valor presente neto del proyecto, cambiando los valores del porcentaje final de suplementos variables.



La relación entre el porcentaje final de suplementos variables y el VPN es lineal. Se puede ver que se empieza a destruir valor si las mejoras no logran reducir los suplementos más allá del 13%, lo cual puede convertirse en un criterio de decisión para evaluar el proyecto. La serie con el título VNA 99%TB corresponde al valor presente neto correspondiente si se lograra una reducción del 1% en el Tiempo Básico (tiempo observado*%valoración). Con ésta serie se puede ver que la curva se desplaza hacia la derecha, lo que quiere decir que aproximadamente con una reducción de un punto porcentual en el tiempo básico se lograría crear valor económico por aproximadamente 12 millones de pesos. De manera similar el porcentaje de suplementos mínimo para no crear ni destruir valor aumenta de 13 a 14%. Posiblemente sea una buena opción complementar los estudios de ergonomía con proyectos enfocados en reducir el tiempo observado, a través de análisis de distribución de planta, cursogramas analíticos, diagramas de operaciones, etc.

Riesgo de enfermedad ocupacional

En el análisis de la creación de valor en el área de ergonomía también es necesario tener en cuenta que al tratarse de mejoras que pretenden reducir el riesgo de enfermedad ocupacional, hay que revisar el mediano y el largo plazo, pues en caso de que la empresa decida, negligentemente no realizar mejoras en términos de ergonomía, pueden presentarse problemas relacionados con la salud de los colaboradores (Barrero 2016). Esto puede terminar por materializarse en riesgos de carácter legal (demandas por negligencia), o simplemente un aumento de las incapacidades y el ausentismo de los colaboradores. Lamentablemente, no es fácil estimar la tasa en que dichas enfermedades aparecerán pues pueden demorarse 5, 10 o hasta 15 años en desarrollarse, o si ya están presentes, el mismo tiempo en estabilizarse o presentar mejoría (Barrero 2016).

Factores críticos para la creación de valor en el caso de monitoreo y evaluación de factores de riesgo en ergonomía

El indicador impactado en éste caso es el tiempo de ciclo a través de los valores del porcentaje de suplementos variable. En definitiva los suplementos variables son una variable crítica para la creación de valor en proyectos de ergonomía ya que, de la reducción que logre hacerse en éste indicador, depende si es posible crear valor económico o si por el contrario se destruiría, realizando inversiones en éste tipo de proyectos.

Esta conclusión es congruente con los resultados obtenidos en el caso de lean manufacturing & six sigma, ya que el tiempo de ciclo en ése caso también resultó ser uno de los factores críticos en la creación de valor financiero.

En éste caso es recomendable realizar estudios que contrasten las mejoras teóricas propuestas por las tablas de suplementos variables de la OIT (Kanawaty 1996) y los resultados reales en las mediciones del tiempo estándar de operación realizadas en campo, luego de realizar las mejoras, pues al ser éste un factor crítico de la creación de valor, vale la pena dar mayor soporte al proyecto con una revisión que vaya más allá de asegurar una reducción de la exposición del colaborador a factores de riesgo y permita vincular claramente el tiempo estándar final con las mejoras planteadas para reducir los suplementos variables.

Caso de estudio Gestión de la cadena de abastecimiento

Descripción del caso

Una empresa tiene problemas al pronosticar su demanda ya que varias de sus áreas operativas tienen opiniones divididas en cuanto a la cantidad de ventas que podría llegarse a alcanzar. El área de ventas establece un pronóstico que transmite de manera informal a las áreas de finanzas y de operaciones. El área financiera utiliza el pronóstico para realizar la planeación y el monitoreo financiero, mientras que el área operativa debe utilizar la información para guía para gestionar pedidos en la cadena de abastecimiento. Sin embargo muchas veces, éstos pronósticos no son tenidos en cuenta al pie de la letra debido a que en el pasado el jefe de operaciones se ha dado cuenta que el área de ventas suele inflar los pronósticos con el fin de alcanzar las metas que el área financiera impone.

De éste modo, en muchas ocasiones cada área termina trabajando con sus propios pronósticos ya que deben cumplir con las métricas por las cuales son evaluados. Por ejemplo el área operativa debe tener muy en mente que la escasez de inventario de producto terminado, así como el exceso son su responsabilidad y son con frecuencia resultado de pronósticos pobres. Por otra parte el área de finanzas presiona los pronósticos creados por el área de ventas cuando no parecen llevar a cumplimiento de las metas financieras.

Problemática a resolver

Como resultado de ésta situación solamente se atiende un 58% de la demanda potencial, con lo cual las pérdidas estimadas en ventas son de \$164.000.000 por mes aproximadamente. Si bien esto no representa que la empresa esté generando pérdidas, se está perdiendo una gran oportunidad de crear valor financieramente. Para resolver esto se planea realizar la adopción de un sistema de Sales & Operation Planning, en el que se pretende alinear todas las áreas funcionales de la empresa con un único plan de operaciones, que incluya la visión de las diferentes áreas para lograr un pronóstico consensuado.

Cómo S&OP crea valor medido en EVA

El principal impacto que podría tener S&OP en éste caso es aumentar las ventas debido a un pronóstico más acertado y la eliminación de las desconexiones en el flujo de materiales e información entre las áreas de operación, ventas, finanzas y desarrollo de productos. Uno de los objetivos entonces es aumentar la certeza del pronóstico y atender una mayor porción de la demanda.

Certeza del pronóstico

Para éste caso se utilizó un indicador que pretende calcular la certeza del pronóstico de la siguiente manera:

$$\text{Certeza del pronóstico} = \text{ABS}(\text{demanda} - \text{pronóstico})/\text{pronóstico}$$

Como se mencionó anteriormente éste indicador se encuentra en un 58% en la situación inicial, debido a que es muy común que la demanda sea mayor al pronóstico.

Al aumentar la certeza del pronóstico se impactaría directamente en las ventas, de lo que se esperan flujos incrementales que terminen creando valor financiero.

Sales & Operation Planning

Definición

La herramienta S&OP es un proceso que crea valor al alinear toda la organización en un solo plan operativo, enfocado en mejorar el servicio al cliente. Las consecuencias comunes del proceso son: reducciones en inventario, tiempos de ciclo más cortos, tasas de producción más estables, mejores relaciones con proveedores, involucramiento de la alta gerencia en el desempeño del negocio, y la construcción de equipos de trabajo eficientes involucrando las áreas de operaciones, finanzas, ventas y desarrollo de producto (Wallace 2004).

El objetivo de S&OP es solucionar los desbalances entre la demanda y la capacidad que tiene una compañía. Estos desbalances suelen encontrarse a lo largo de los 5 procesos principales de la cadena (planeación, abastecimiento, manufactura, distribución, devolución), lo cual es uno de los principales problemas que un ingeniero industrial suele encontrar en el ejercicio de su profesión en el área de gestión de la cadena de abastecimiento (Mantilla Pabón 2016).

Para ello se realiza un proceso en el que se selecciona y agrupa según su prioridad en cuanto a los objetivos estratégicos de la compañía, las familias de producto más importantes. Posteriormente se codifican los diferentes productos, de manera que se pueda analizar de manera agregada la demanda y la capacidad operativa para cada familia de productos, incluyendo la visión de las diferentes áreas de la compañía mencionadas anteriormente. Una vez obtenido el plan agregado, se debe distribuir a cada área donde se desagrupa hasta el nivel de detalle en el que se tenga un plan para cada uno de los productos.

Herramientas

Para asignar los códigos a los productos se utiliza UNSOSC (United Nations Standard Product and Service Codes), de modo que sea más fácil clasificarlos por familias de producto para así poder realizar el análisis agregado de manera adecuada. Con base en ésta clasificación y agrupación en familias de productos se comparte la información de las diferentes áreas para poder balancear la cadena. S&OP además es compatible con la filosofía de Lean manufacturing pues en conjunto pueden lograr aumentar la satisfacción del cliente, aumentar las ventas debido a una mayor capacidad de atención de demanda, flexibilidad de la cadena (Wallace 2004).

Análisis de la creación de valor para S&OP

Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras

- a. Indicadores: el indicador principal a impactar es la certeza de los pronósticos, sin embargo se esperan reducciones en los niveles de inventario también.
 - i. Certeza del pronóstico: como se mencionaba anteriormente se vincula directamente con una atención de una porción mayor de la demanda. Tener un pronóstico más certero puede permitir planear de mejor manera la forma de atender la demanda y así aumentar las ventas sin recurrir a sobrecostos en el área operativa.

- ii. Nivel de inventarios: es posible que se reduzca el nivel de inventarios gracias al balance final entre capacidad y demanda, sería ideal analizar el impacto de la mejora en ésta área también.
- b. Productividad: No se aumenta la capacidad de producción pero sí permite planear y aprovechar la capacidad actual de manera más eficiente.
- c. Ahorros en tiempo: el tiempo de ciclo no se ve necesariamente afectado, sin embargo puede que una línea balanceada permita reducir el tiempo de respuesta de la cadena (Wallace 2004).
- d. Ahorros en Costos: el costo que puede verse reducido es el asociado directamente al nivel de inventarios por lo mencionado anteriormente.
- e. Mejoras de calidad: puede que existan mejoras en la calidad debido a que la satisfacción de la demanda a partir de la capacidad de la compañía se planea con suficiente tiempo, reduciendo así la presión y los trabajos de última hora, sin embargo no es fácil cuantificar en cuanto podría mejorarse.
- f. Oportunidades de mercado: el balance de la demanda y la capacidad permite aumentar la atención de la demanda, lo que impacta directamente sobre las ventas.
- g. Recursos requeridos por el proyecto
 - i. Básicamente se requiere de tiempo de la alta gerencia y los jefes de las áreas operativas además del tiempo requerido por sus colaboradores \$21.834.375,00.
 - 1. Vicepresidentes de: marketing, finanzas, gestión de productos, directores de ventas. Se requiere de 40 horas de preparación y gestión de la información al mes y 4 para la reunión de consolidación del pronóstico.
 - 2. Colaboradores junior: marketing, finanzas, gestión de productos, directores de ventas. Se requiere de 80 horas de preparación y gestión de la información al mes.
- h. WACC del proyecto: para el caso se asume que el WACC corresponde a 33,17% EA, donde el costo de financiación con terceros es 12%, el impuesto es del 34%, el costo de financiación con capital propio es 50% y los porcentajes de financiación con terceros y socios son respectivamente 40 y 60%. El WACC es calculado de la siguiente manera.

$$WACC_j = Kd_{(1-T)} * \%D_{(n-1)} + Ke * \%E_{(n-1)}$$

$$WACC_j = ((12\% * (1 - 34\%)) * 40\% + 50\% * 60\%)$$
- i. Activos operacionales netos: los activos operacionales netos corresponden a la suma de las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto:
 - i. Estudio de S&OP: \$86.800.000,00
 - ii. Sistema de información: \$7.826.086,94
 - iii. Personal requerido para la preparación y consolidación de la información de las áreas involucradas: \$21.834.375,00

Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros

Para realizar ésta proyección se construyó un modelo en Excel del comportamiento de los indicadores y el impacto que tendría en cada una de las siguientes áreas de interés.

- j. horizonte del proyecto: 2 años
- k. Ventas: la demanda tiene una tendencia de crecimiento y estacionalidad donde los picos se presentan en los meses de junio y diciembre. Se calculó el impacto de la mejora según los siguientes aspectos.
 - i. Ingresos no percibidos por falta de capacidad de atención de demanda
- l. Costos: se formuló el posible impacto en los siguientes costos

- i. Costo de producción
- ii. Costo del inventario de producto terminado
- m. Ingresos: los ingresos se calcularon a partir de la resta entre la facturación de cada mes y los costos asociados a la operación.
- n. Indicadores: el cambio en el porcentaje de certeza del pronóstico se realizó basándose en los niveles actuales del caso estudiado y el nivel propuesto por la mejora. El nivel de inventario de producto terminado fue formulado en el modelo de Excel de la siguiente manera.

$$\text{Inventario}(t) = \text{Inventario}(t - 1) + \text{compra de producto con terceros}(t - 1) + \text{Cantidad producida}(t - 1) - \text{ventas}(t - 1)$$

Donde “t” es el periodo actual.

- o. WACC: En un principio se mantuvo la WACC en el mismo valor pero más adelante se realizó un análisis de sensibilidad para ver como los mismos flujos incrementales pueden crear o destruir valor económico dependiendo del valor de la WACC.

Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto

Con el fin de establecer el impacto en la operación a nivel financiero a partir de los cambios propuestos en la operación y los indicadores clave, se realizó un modelo en Excel estableciendo las condiciones mencionadas en los puntos anteriores y los impactos que tendrían en términos financieros mes a mes durante un horizonte de 2 años. Por favor revisar archivo anexo con el nombre “CASO 1 logística”

Medir la creación de valor

A continuación se realizará una comparación entre la medición del valor con el EVA, el valor presente neto de los flujos del proyecto y la medición contable de los ingresos y egresos del proyecto con el fin de dejar en evidencia el sesgo de cada medición.

Medición contable del flujo incremental del proyecto

Los ingresos contables proyectados en el horizonte el proyecto son de 281.523.695,98, sin embargo como se ha mencionado anteriormente el valor financiero creado es mucho menor debido a que en ésta medición contable no se tienen en cuenta los cambios en el valor del dinero a través del tiempo.

EVA de los flujos del proyecto

El valor del EVA calculado a partir de los flujos contables para las condiciones propuestas en el caso fue de \$212.090.154,91. La diferencia entre los dos valores se debe a que la medición contable del EVA tiene en cuenta el costo de los activos operacionales netos, es decir la inversión requerida por el proyecto de S&OP. Sin embargo se sigue sin tener en cuenta el cambio del dinero en el tiempo para los flujos del proyecto.

Valor presente neto de los flujos del proyecto

Para éste caso el proyecto crea valor económico por \$143.535.992,73. Se puede evidenciar que el costo del capital (WACC) y el cambio del valor del dinero en el tiempo es un factor decisivo para establecer cuál es el valor creado por las mejoras propuestas en ingeniería. En todos los casos analizados hasta el momento la comparación entre las tres mediciones se comporta de manera

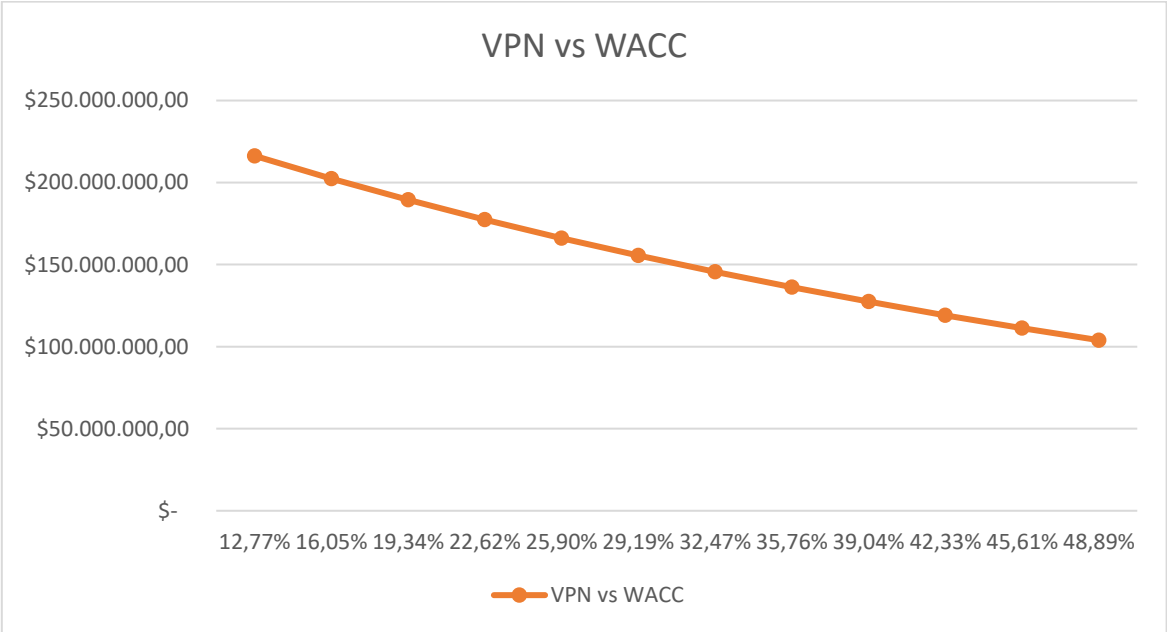
similar, lo cual soporta la proposición en que se cree que un enfoque basado en costos o ingresos es insuficiente para medir el valor financiero creado por los proyectos.

Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables críticas del proyecto. Los rangos de los indicadores a sensibilizar se establecieron de acuerdo a la opinión de los expertos de modo que reflejen la realidad de manera razonable.

WACC

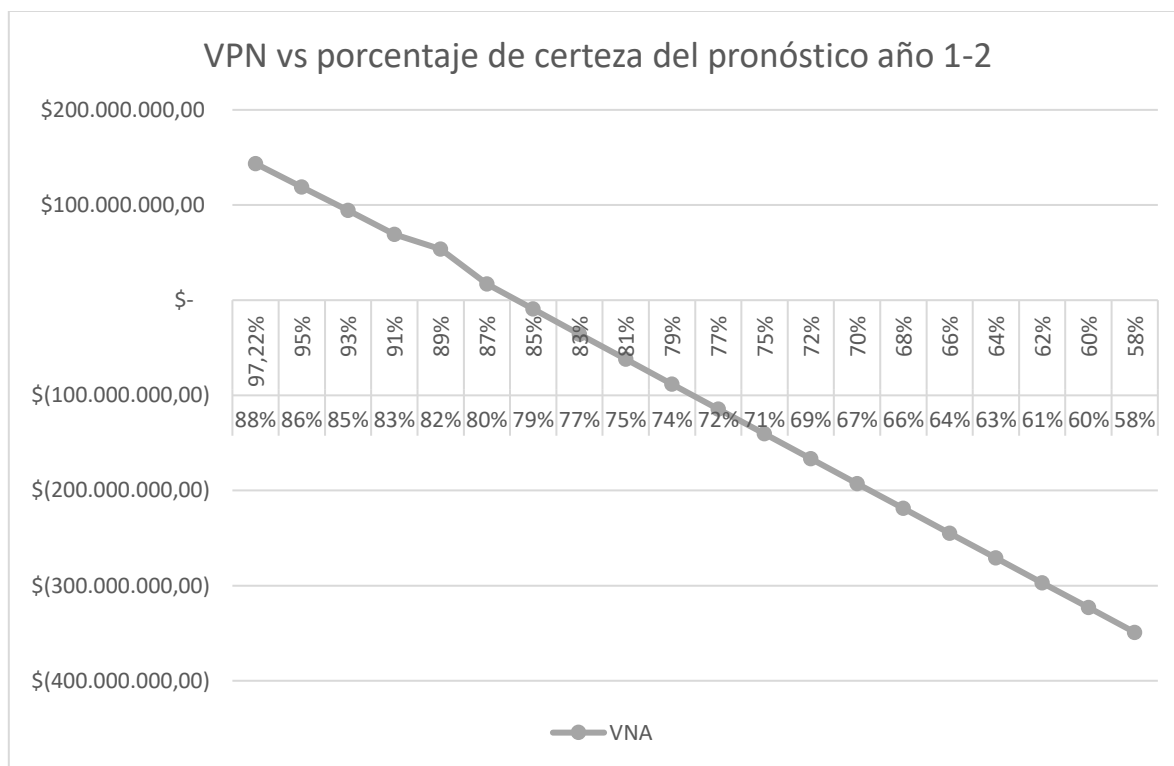
Para identificar cambios en el VPN y establecer en qué punto el proyecto destruiría valor en función del WACC se realizó una tabulación con valores que van desde 12.77% hasta 48.89% (Jaramillo 2017). La siguiente gráfica muestra el comportamiento del valor creado por el proyecto para diferentes valores del WACC.



Como se puede ver el proyecto soporta valores del WACC bastante altos sin destruir valor. Para el profesional en ingeniería es entonces imperativo que tenga un sustento robusto para asegurar que los indicadores serán impactados en la cantidad propuesta de forma que éste análisis financiero se acerque lo más posible a la realidad.

Porcentaje final de certeza del pronóstico

En éste gráfico podemos ver varios escenarios en que el porcentaje de certeza del pronóstico (eje horizontal) es mejorado para el año 1 (valor inferior) y el año 2 (valor superior).



Se puede ver que en promedio el cambio de un escenario al siguiente destruye valor conforme a la reducción del indicador al final de los periodos evaluados. Es claro que el proyecto debe mejorar la certeza de los pronósticos por encima del 80% en el primer año y del 86% aproximadamente para el segundo año con el fin de crear valor financieramente. Cualquier escenario que no logre mejorar el indicador al cabo de dos años al menos hasta una certeza del 86% destruye valor. Esto puede ayudar a evaluar el desempeño del proyecto a lo largo de su implementación y tomar correctivos en caso necesario si es que el indicador no aumenta en la medida esperada.

Éstos resultados pueden ser aún más sensibles si llega a cambiar el WACC a lo largo del proyecto, sin embargo esto no suele suceder, aunque también puede ser un criterio de decisión en caso dado.

Factores críticos para la creación de valor en el caso de Sales & Operation Planning

Como se puede ver en el análisis de sensibilidad, el factor crítico para la creación de valor financiero a partir de Sales & Operation es la certeza de los pronósticos dadas las condiciones de éste caso de estudio en particular, pues impacta directamente en la capacidad de la empresa para atender una mayor porción de la demanda, aumentando así las ventas. Esto es posible ya que permitiría balancear la capacidad de producción de la empresa con la demanda real de manera más acertada.

Una mejor planeación de la capacidad de la planta, donde la carga operativa se distribuya de manera más uniforme, permite atender picos de demanda sin recurrir a horas extra de operación, y mantener una fuerza de trabajo relativamente estable aun en estaciones donde los pedidos disminuyan, además de reducir los niveles de inventario (Wallace 2004).

Caso de estudio Investigación de Operaciones

Descripción del caso

Una fábrica está desarrollando un sistema de control altamente automatizado y quiere incluir un sistema de control de la producción basándose en la tecnología de Sistemas Multi- Agente (MAS por sus siglas en inglés). El objetivo es que a través de ésta tecnología, que opera en todas las etapas de la línea de producción, se logre integrar el control del proceso y de la calidad a un nivel local y global. Lo cual permitiría construir sistemas de control, inteligentes, distribuidos y modulares que reaccionen a los cambios en los parámetros de la línea de producción, como la velocidad de procesamiento en una estación específica y así corregir el curso de la línea de manera inmediata para así reducir el tiempo de ciclo total.

Problemática a resolver

Se quiere cuantificar a partir del sistema de control descrito anteriormente cuál es el impacto de tener una máquina adicional en una línea de producción teniendo tres escenarios: 1) la máquina adicional tiene el mismo tiempo de procesamiento que la otra, 2) la máquina adicional tiene un tiempo de procesamiento menor, y 3) la segunda máquina no está disponible. El caso analizado es descrito por Barbosa & Leitão (2011), quienes evaluaron el impacto del sistema Multi-Agentes a través de herramientas de simulación. Sin embargo debido a que el artículo no proveía información suficiente para realizar la medición del valor económico de la propuesta, gran parte de la información del mercado se manejó a través de supuestos. Por tanto, La medición del valor económico creada descrita más adelante, no representa de ninguna manera el impacto real de los escenarios propuestos por (Barbosa y Leitão 2011), sino más bien se trata de un ejercicio para establecer el posible impacto en la creación de valor económico de los sistemas de control mencionados anteriormente en una situación hipotética.

Cómo el Sistema Multi-Agente de control de la producción crea valor medido en EVA

Los sistemas Multi-Agente permiten reaccionar mucho más rápido a cambios en los parámetros de la línea de producción, haciendo que si se presenta una avería en una de las máquinas, el curso de las piezas sea corregido para minimizar el impacto de dicho daño en el tiempo de ciclo (Zambrano 2016). Esto se logra a partir de agentes distribuidos a lo largo de la línea. Cada agente tiene funciones y características específicas e información inherente, de manera que al interactuar con los demás el sistema toma decisiones automáticamente con una intervención humana mínima, dándole mayor autonomía al sistema productivo, permitiendo líneas de producción y sistemas de control inteligentes, distribuidos, descentralizados y más eficientes a la hora de reaccionar a cambios o imprevistos en la línea de producción (Zambrano 2016).

Tres tipos de agentes fueron utilizados en el caso descrito por (Barbosa y Leitão 2011). Agentes de producto (PA), agentes de control de calidad (QCA) y agentes recurso (RA). Los primeros

proporcionan la información del tipo de pieza que se está produciendo, los segundos evalúan características de calidad del producto y los terceros corresponden a las máquinas o equipos a lo largo de la línea de producción. Estos últimos almacenan información acerca del tiempo de procesamiento, averías y eficiencia del equipo (Barbosa y Leitão 2011). Toda la información proporcionada por los agentes y sus interacciones permite al sistema Multi-Agente tomar decisiones conforme en la mejor situación posible según el estado de la línea de producción.

Tiempo de ciclo

Como se mencionaba anteriormente el tiempo de ciclo se disminuye al programar el sistema de manera que tome decisiones inmediatamente luego de presentarse una situación que afecte los parámetros de la línea de producción (Zambrano 2016).

Producto en proceso (WIP-Work in Process)

(Barbosa y Leitão 2011) estudiaron el impacto en el nivel de producto en proceso a través de la simulación realizada sobre el sistema descrito anteriormente, por lo cual éste indicador también se tendrá en cuenta en el presente estudio.

Sistemas Multi-Agente (Multi-Agent Systems-MAS)

A continuación se realiza una explicación breve de los sistemas Multi-Agente.

Definición

Los sistemas multi-agente son soluciones que permiten resolver los retos emergentes de en los sistemas de control en manufactura, ya que proveen una manera alternativa de enfrentarse a las emergencias que se presentan en la línea de producción ya que permite adaptarse a la situación sin la necesidad de intervención externa (Wooldridge 2009). Se basan en la descentralización del control lo cual le permite alcanzar mayor robustez y autonomía ya que los sistemas pueden responder automáticamente a emergencias en la línea de producción (Zambrano 2016).

Herramientas

Se requiere de Software para el desarrollo de sistemas multi-agente, y en ocasiones se utilizan plataformas de modelación basadas en Agentes (Agent Based Modelling ABM) para simular sistemas adaptativos complejos en varios escenarios y analizar los resultados (Barbosa y Leitão 2011).

Análisis de la creación de valor para Sistemas Multi Agente

La situación presentada procura evaluar el desempeño de los sistemas Multi-Agente al enfrentar diferentes escenarios, por lo cual el análisis de creación de valor se hará mediante la comparación de los resultados de dichos escenarios, para lo cual es necesario realizar un análisis incremental.

Enunciar impacto esperado y requerimientos de información de las mejoras

- a. Indicadores: el indicador principal a impactar es el tiempo de ciclo. (Barbosa y Leitão 2011) midieron el Lead Time en Ticks o pasos en la simulación, para poder analizar y comparar diferentes resultados en las simulaciones evadiendo la influencia de la capacidad del procesador y la complejidad del sistema, lo cual sí podría pasar si se hubiera medido el tiempo real.

- i. Velocidad de respuesta: (Tiempo de ciclo para cumplir las órdenes) Este indicador afecta la capacidad instalada. A menor tiempo de ciclo mayor es la capacidad de producir unidades por cada unidad de tiempo.
- ii. Nivel de inventario de producto en proceso: es posible que se reduzca el nivel de inventarios debido a una capacidad de procesamiento mayor.
- b. Productividad: la capacidad de producción debería aumentar a un tiempo de ciclo menor, esto en el caso del escenario con dos máquinas con igual capacidad de procesamiento, en comparación con el escenario de una sola máquina en la línea o de dos con diferente tiempo de procesamiento.
- c. Ahorros en tiempo: el tiempo de ciclo de la línea se reduce aumentando la capacidad de producción.
- d. Ahorros en Costos: el costo que puede verse reducido es el asociado directamente al nivel de inventarios.
- e. Mejoras de calidad: Barbosa & Leitão (2011) no mencionaron mejoras en la calidad final del producto.
- f. Oportunidades de mercado: una mayor capacidad productiva permite atender una mayor porción de las ventas.
- g. Recursos requeridos por el proyecto
 - i. La inversión en equipos puede alcanzar el \$30.000.000,00.
 - ii. Se requiere de tiempo de un equipo de al menos 3 ingenieros para desarrollar el modelo \$ 9.000.000,00 y darle mantenimiento.
- h. WACC del proyecto: para el caso se asume que el WACC corresponde a 33,17% EA, donde el costo de financiación con terceros es 12%, el impuesto es del 34%, el costo de financiación con capital propio es 50% y los porcentajes de financiación con terceros y socios son respectivamente 40 y 60%. El WACC es calculado de la siguiente manera.

$$WACC_j = Kd_{(1-T)} * \%D_{(n-1)} + Ke * \%E_{(n-1)}$$

$$WACC_j = ((12\% * (1 - 34\%)) * 40\% + 50\% * 60\%$$
- i. Activos operacionales netos: los activos operacionales netos corresponden a la suma de las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto:
 - i. Desarrollo y mantenimiento del MAS: \$9.000.000,00
 - ii. Inversión en equipos de procesamiento y control \$30.000.000,00.

Identificar conceptualmente el impacto de las mejoras operativas en términos financieros

Para realizar ésta proyección se construyó un modelo en Excel del comportamiento de los indicadores y el impacto que tendría en cada una de las siguientes áreas de interés.

- j. horizonte del proyecto: 2 años
- k. Ventas: la demanda tiene una tendencia de crecimiento y estacionalidad donde los picos se presentan en los meses de junio y diciembre. Se calculó el impacto de la mejora según los siguientes aspectos.
 - i. Ingresos no percibidos por falta de capacidad de atención de demanda
- l. Costos: se formuló el posible impacto en los siguientes costos
 - i. Costo de producción
 - ii. Costo del inventario de producto en proceso
- m. Ingresos: los ingresos se calcularon a partir de la resta entre la facturación de cada mes y los costos asociados a la operación.

- n. Indicadores: tiempo de ciclo e inventario en proceso.
- o. WACC: En un principio se mantuvo la WACC en el mismo valor pero más adelante se realizó un análisis de sensibilidad para ver como los mismos flujos incrementales pueden crear o destruir valor económico dependiendo del valor de la WACC.

Medir el impacto en la operación a nivel financiero y proyectarlo al horizonte establecido por el proyecto

Con el fin de establecer el impacto en la operación a nivel financiero a partir de los cambios propuestos en la operación y los indicadores clave, se realizó un modelo en Excel estableciendo las condiciones mencionadas en los puntos anteriores y los impactos que tendrían en términos financieros mes a mes durante un horizonte de 2 años. Por favor revisar archivo anexo con el nombre "CASO 1 Investigación de operaciones"

Medir la creación de valor

A continuación se realizará una comparación entre la medición del valor con el EVA, el valor presente neto de los flujos del proyecto y la medición contable de los ingresos y egresos del proyecto con el fin de dejar en evidencia el sesgo de cada medición.

	Una sola máquina	Máquina nueva más lenta	Velocidad igual
Medición contable	-	\$ 82.461.911,37	\$ 92.324.073,25
EVA contable	-	\$ 64.575.959,37	\$ 74.438.121,25
VPN	-	\$ 53.124.020,43	\$ 60.812.532,23

En cualquier caso añadir una máquina crea valor financieramente pero es claro que se crearía más valor si la máquina adicional fuera igual de eficiente a la otra. El análisis de los métodos de medición de la creación de valor a continuación descritos tiene en cuenta sólo el tercer escenario en el que la velocidad de ambas máquinas es igual.

Medición contable del flujo incremental del proyecto

Los ingresos contables proyectados en el horizonte el proyecto son de \$ 92.324.073,25, sin embargo como se ha mencionado anteriormente el valor financiero creado es mucho menor debido a que en ésta medición contable no se tienen en cuenta los cambios en el valor del dinero a través del tiempo.

EVA de los flujos del proyecto

El valor del EVA calculado a partir de los flujos contables para las condiciones propuestas en el caso fue de \$ 74.438.121,25. La diferencia entre los dos valores se debe a que la medición contable del EVA tiene en cuenta el costo financiero de los activos operacionales netos, es decir la inversión requerida por la mejora propuesta. Sin embargo se sigue sin tener en cuenta el cambio del dinero en el tiempo para los flujos del proyecto.

Valor presente neto de los flujos del proyecto

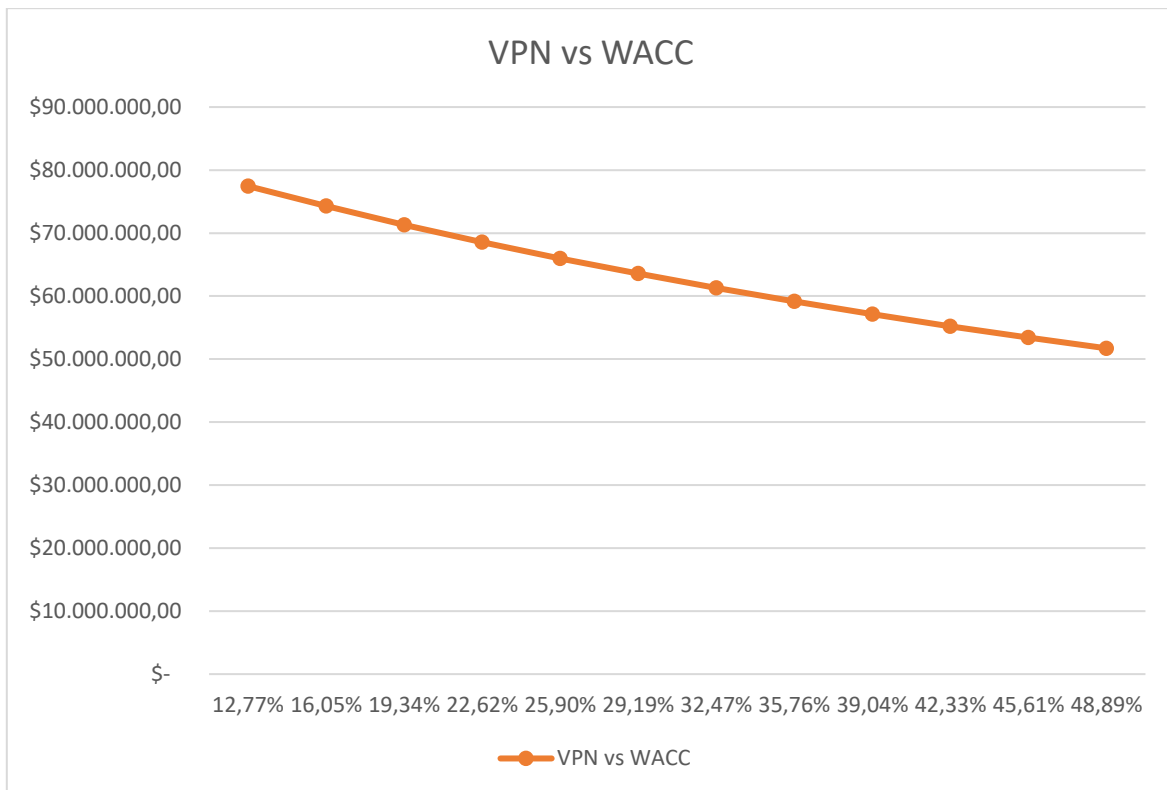
Para éste caso el proyecto crea valor económico por \$ 60.812.532,23. Es claro que el valor del dinero en el tiempo es un factor crítico para analizar los flujos del proyecto ya que los valores obtenidos con las dos mediciones que no tienen en cuenta esto son mucho menores al valor medido en VPN.

Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará un análisis de sensibilidad sobre las variables críticas del proyecto. Los rangos se los indicadores a sensibilizar se establecieron de acuerdo a la opinión de los expertos de modo que reflejen la realidad de manera razonable.

WACC

Para identificar cambios en el VPN y establecer en qué punto el proyecto destruiría valor en función del WACC se realizó una tabulación con valores que van desde 12.77% hasta 48.89% (Jaramillo 2017). La siguiente gráfica muestra el comportamiento del valor creado por el proyecto para diferentes valores del WACC.

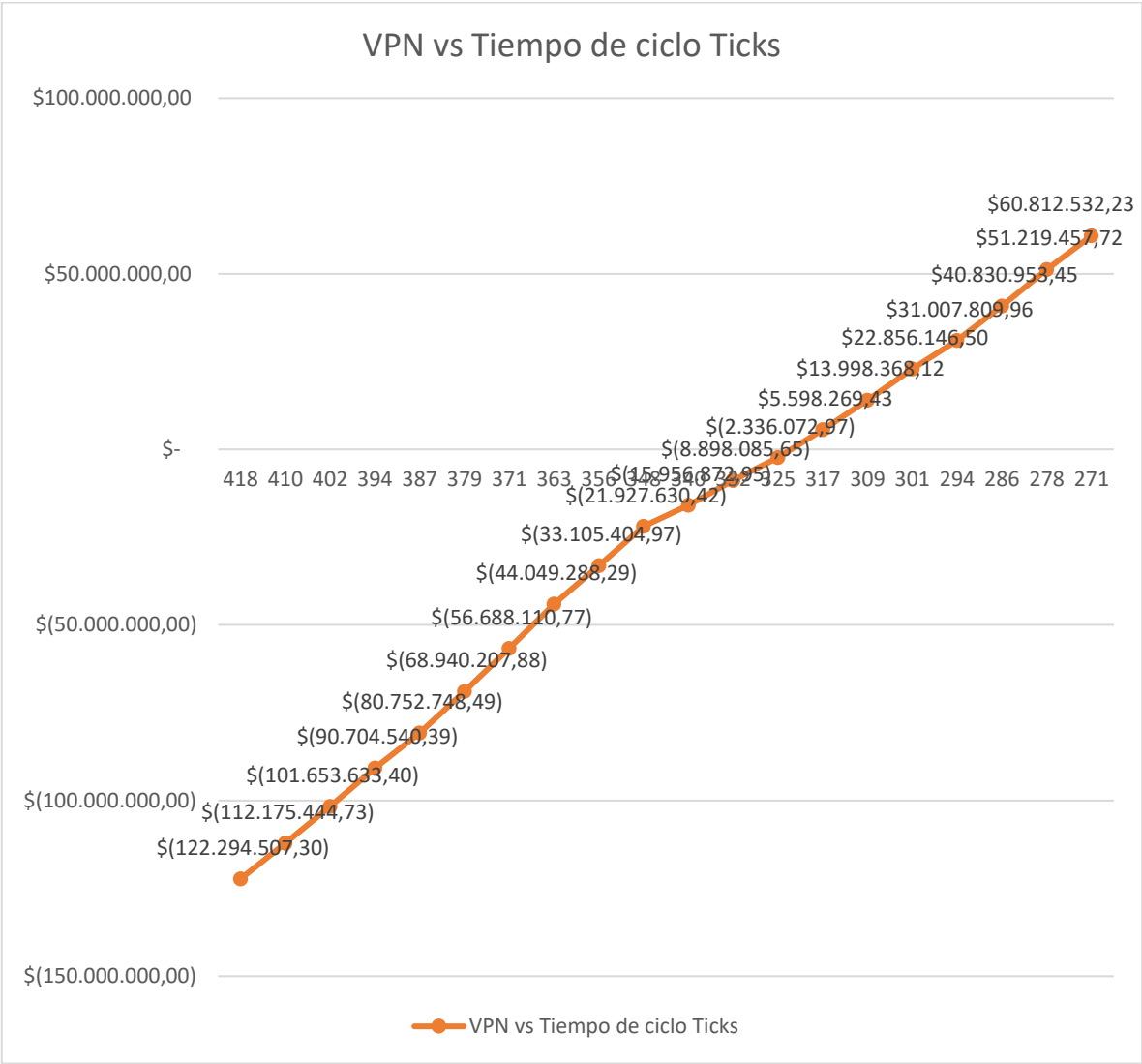


Como se puede ver el proyecto soporta valores del WACC bastante altos sin destruir valor. Lo cual es de esperarse ya que la inversión no es muy grande en comparación con los beneficios que trae una mayor capacidad de producción en términos de ventas alcanzadas. Es importante aclarar que una mejora en la capacidad de producción crea valor siempre y cuando la demanda sea igual o

superior, ya que de otra manera se estaría desaprovechando capacidad instalada, por lo cual los ingenieros y en general los directivos de la empresa deben tener muy en cuenta los cambios en el mercado para poder medir la creación de valor asociada a cada situación de inversión.

Tiempo de ciclo en Ticks

Se sensibilizó el valor del tiempo de ciclo obtenido de la simulación hecha por Barbosa & Leitão (2011), incluyendo valores intermedios entre el escenario con una sola máquina y el escenario con dos máquinas de igual velocidad de procesamiento.



El tiempo de ciclo definitivamente es un factor crítico para la creación de valor y debería ser reducido por debajo de 325 ticks para que empiece a crear valor financiero resulte atractivo para los inversionistas. Es recomendable revisar si existen alternativas en el mercado que si bien no alcancen

la velocidad de procesamiento de la máquina actual, mejoren el tiempo de ciclo por debajo del valor analizado en éste caso pero con una inversión menor.

Durante el análisis de sensibilidad se encontró que para los niveles propuestos por la simulación hecha por (Barbosa y Leitão 2011) la variación en el inventario en proceso no era realmente significativa en términos de creación de valor financiero, por lo cual el valor creado financieramente en éste proyecto en particular depende de la mejora en el tiempo de ciclo.

Factores críticos para la creación de valor en el caso de Sistemas Multi-Agente

Como se menciona anteriormente para el caso de inversión mencionado anteriormente el factor crítico de creación de valor es el tiempo de ciclo alcanzado con la instalación del nuevo equipo de procesamiento (máquina adicional), por lo cual es esencial en éste caso evaluar si ésta es la mejor alternativa de inversión o si existen máquinas con un rendimiento aceptable en términos de tiempo de ciclo total del sistema, que no requieran una inversión tan intensiva en capital como la que se presentó de manera hipotética para éste caso.

9. Discusión

El presente estudio en cada uno de los casos analizados soporta la necesidad, manifestada por varios autores (Laursen y Svejvig 2015, Martin 2014, Atkinson 1999), de evaluar los proyectos de ingeniería más allá de un enfoque basado en los costos, el tiempo y la calidad, pues el hecho de mejorar alguno de éstos indicadores no es garantía de crear valor.

Efectivamente para los casos analizados, algunos de los indicadores a mejorar por cada una de las herramientas y filosofías de ingeniería industrial involucradas, están relacionados indirectamente con la creación de valor financiero en el horizonte establecido, lo cual puede corroborarse en el análisis de sensibilidad. Sin embargo, no es suficiente limitarse a sustentar únicamente la mejora en los indicadores operativos, pues la creación o destrucción de valor financiero está sujeta a otras variables adicionales, como los costos de inversión, el WACC, y circunstancias propias del mercado. Entre los indicadores que más influyeron la creación de valor se encuentran el tiempo de ciclo (velocidad de respuesta), órdenes perfectas (confiabilidad), la certeza de los pronósticos y en nivel de inventarios, siendo éste último el menos crítico.

También es necesario resaltar que el impacto en la creación de valor está estrechamente relacionado con el costo del capital necesario para llevar a cabo los proyectos, ya que el proyecto es sensible a los cambios en el WACC. Debido a que los cambios en el tiempo no solamente se limitan al valor del dinero, sino también a circunstancias de mercado que pueden ser muy volátiles y también a la variabilidad de las cadenas de valor, la medición del valor para los casos de estudio anteriormente analizados fue hecha a un horizonte relativamente corto (2 años). Sin embargo los cambios en las circunstancias en que se desenvuelven las empresas actualmente pueden darse aún en el corto plazo. Por ésta razón, incluso cuando las mejoras en ingeniería son necesarias, y deben realizarse, no garantizan la creación de valor en el largo plazo (Michael E. Porter 1996).

Una forma de amortiguar el riesgo de inversión es someter la medición de la creación de valor a valores del WACC muy altos (Jaramillo 2017), sin embargo esto no significa tampoco que esto vaya a dar mayor garantía al proyecto de resultar exitoso en términos de creación de valor ya que las fuerzas del mercado pueden llegar a cambiar todo el panorama en términos de demanda, competidores, tendencias, participación de mercado, obsolescencia, etc.

La ingeniería industrial tiene que tener en cuenta, que más allá de cumplir con los estándares de mejora o del incremento en los indicadores de gestión, es necesario medir el éxito de los proyectos en términos de creación de valor. Por ejemplo, una mejora operativa no servirá de nada en caso de que la demanda sea insuficiente debido a la canibalización de una línea de negocio con otra, el mercado muestre una tendencia que apunta a la desaparición del producto, o que la competencia sea tan fuerte que no permita aumentar la participación de mercado sin destruir valor financiero.

10. Conclusiones

1. La consulta con expertos permitió identificar 2 de las principales situaciones a resolver por los ingenieros industriales en las áreas de la carrera seleccionadas para éste estudio. Las áreas y problemáticas encontradas se enuncian a continuación:
 - 1.1 Gestión de la cadena de abastecimiento y Logística
 - 1.1.1 Situación típica a resolver 1: Reducción de costos y aumento de la capacidad de atención de demanda en el Diseño de redes de distribución
 - 1.1.2 Situación típica a resolver 2: Desbalances entre capacidad y demanda en los procesos de la cadena de abastecimiento.
 - 1.2 Manufactura o gestión de procesos
 - 1.2.1 Situación típica a resolver 1: Diseño de un proceso
 - 1.2.2 Situación típica a resolver 2: Mejora de un proceso
 - 1.3 Investigación de operaciones
 - 1.3.1 Situación típica a resolver 1: Planeación y programación de la cadena de abastecimiento
 - 1.3.2 Situación típica a resolver 2: Control de la producción en sistemas altamente automatizados
 - 1.4 Ergonomía
 - 1.4.1 Situación típica a resolver 1: Dolor o enfermedades presuntamente relacionadas con las tareas propias de la actividad laboral de una persona o área en una compañía.
 - 1.4.2 Situación típica a resolver 2: Establecer relación entre una enfermedad recurrente en los trabajadores y una o varias condiciones de la tarea que desempeñan.

2. Mediante la consulta con expertos se identificaron algunas las herramientas propuestas por la ingeniería industrial para dar solución a éstas situaciones. Dichas herramientas incluyen: Programación Lineal Entera Mixta, Sales & Operation Planning, Lean manufacturing y Six sigma, BPM, producción más limpia, Los Sistemas Multi-Agente, Estudios de monitoreo y evaluación en ergonomía, estudios de carácter epidemiológico (ergonomía).
3. Se propuso una metodología general para la medición de valor económico en la que se deben revisar los siguientes aspectos:
 - 3.1 Requerimientos de información clave para medir la creación de valor
 - 3.2 Impacto por herramienta en:
 - 3.2.1 Indicadores Operativos
 - 3.2.2 En la creación de valor económico bajo las condiciones de mercado proyectadas
 - 3.2.3 Variables críticas o sensibles para la creación de valor
4. El análisis de los casos de estudio permite concluir lo siguiente:
 - 4.1 La creación de valor económico asociada a los proyectos de ingeniería industrial muestra que el WACC es un factor crítico que debe tenerse en cuenta en el análisis de creación de valor pues éste establece el valor del dinero en el tiempo.
 - 4.2 Adicionalmente se encontró que el VPN o EVA financiero, muestra una medición más adecuada de la creación de valor económico que el EVA medido de manera contable y que la medición realizada en los estados financieros, ya que permite evaluar los flujos del proyecto teniendo en cuenta no solo el valor del dinero en el tiempo sino también el costo de la inversión y el costo financiero asociado a los activos requeridos para realizar el proyecto.
 - 4.3 Para los casos estudiados, las variables críticas para la creación de relacionadas con los proyectos en ingeniería industrial incluyen el tiempo de ciclo (velocidad de respuesta), órdenes perfectas (confiabilidad), la certeza de los pronósticos, y en menor medida el nivel de inventarios. Sin embargo esto no debe tenerse como una conclusión general para todo proyecto en ingeniería industrial, ya que como se mencionaba anteriormente todos los casos requieren un análisis particular.
 - 4.4 Aunque las mejoras planteadas por los proyectos analizados son necesarias, no garantizan la creación de valor a largo plazo, debido a la volatilidad de las condiciones del mercado y la variabilidad de las cadenas de valor, por lo cual, la ingeniería industrial tiene que tener en cuenta que más allá de cumplir con los estándares o con los objetivos de mejora de los indicadores operativos, debe medir el éxito de los proyectos en términos de creación de valor financiero.
5. Las áreas de investigación futuras se listan a continuación:

- Análisis de casos donde la creación de valor financiero de los proyectos de ingeniería industrial, incluya volatilidad en las variables del mercado, como competencia, obsolescencia de productos, demanda, competidores, proveedores, etc.
- Medición del valor creado por otras áreas de la compañía como recursos humanos, mercadeo, investigación y desarrollo de producto, etc.
- Metodologías para establecer una relación más directa entre los indicadores operativos y el impacto en el valor creado financieramente.

Bibliografía

- Aguirre, Santiago. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de manufactura y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Ahola, Tuomas, Eino Laitinen, Jaakko Kujala, y Kim Wikström. 2008. «Purchasing strategies and value creation in industrial turnkey projects». *International Journal of Project Management*, European Academy of Management (EURAM 2007) Conference, 26 (1): 87-94. doi:10.1016/j.ijproman.2007.08.008.
- Amit, Raphael, y Christoph Zott. 2001. «Value Creation in E-Business». *Strategic Management Journal* 22 (6-7): 493-520. doi:10.1002/smj.187.
- Andersen, Erling S. 2014. «Value Creation Using the Mission Breakdown Structure». *International Journal of Project Management* 32 (5): 885-92. doi:10.1016/j.ijproman.2013.11.003.
- Andersen, Erling S., David Birchall, Svein Arne Jessen, y Arthur H. Money. 2006. «Exploring Project Success». *Baltic Journal of Management* 1 (2): 127-47. doi:10.1108/17465260610663854.
- Ashurst, Colin, Neil F Doherty, y Joe Peppard. 2008. «Improving the impact of IT development projects: the benefits realization capability model». *European Journal of Information Systems* 17 (4): 352-70. doi:10.1057/ejis.2008.33.
- Atkinson, Roger. 1999. «Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria». *International journal of project management* 17 (6): 337-342.
- Baccarini, David. 1999. «The Logical Framework Method for Defining Project Success». *Project Management Journal* Volume 30 (Issue 4): 25-32.
- Barbosa, José, y Paulo Leitão. 2011. «Simulation of multi-agent manufacturing systems using agent-based modelling platforms». En *Industrial Informatics (INDIN), 2011 9th IEEE International Conference on*, 477-482. IEEE. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6034926/>.
- Barney, Matt. 2013. *Leading Value Creation: Organizational Science, Bioinspiration, and the Cue See Model*. Palgrave Macmillan.
- Barrero, Lope Hugo. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de ergonomía y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Bilge, Pinar, Günther Seliger, Fazleena Badurdeen, y I.S. Jawahir. 2016. «A Novel Framework for Achieving Sustainable Value Creation Through Industrial Engineering Principles». *Procedia CIRP* 40: 516-23. doi:10.1016/j.procir.2016.01.126.
- Bowman, Cliff, y Veronique Ambrosini. 2000. «Value creation versus value capture: towards a coherent definition of value in strategy». *British Journal of Management* 11 (1): 1-15.
- Bowman, Cliff, y Véronique Ambrosini. 2010. «How Value Is Created, Captured and Destroyed». Editado por Aron O’Cass. *European Business Review* 22 (5): 479-95. doi:10.1108/09555341011068903.
- Bradley, Mr Gerald. 2012. *Benefit Realisation Management: A Practical Guide to Achieving Benefits Through Change*. Gower Publishing, Ltd.
- Bustos, Gonzalo. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de gestión de la cadena de abastecimiento y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Büyükközkán, Gülçin, Gülgün Kayakutlu, y İbrahim S. Karakadılar. 2015. «Assessment of Lean Manufacturing Effect on Business Performance Using Bayesian Belief Networks». *Expert Systems with Applications* 42 (19): 6539-51. doi:10.1016/j.eswa.2015.04.016.

- Bygballe, Lena Elisabeth, y Marianne Jahre. 2009. «Balancing value creating logics in construction». *Construction Management and Economics* 27 (7): 695-704. doi:10.1080/01446190903096609.
- Cai, Tyanyi. 2011. *A conceptual framework for value creation management in the lean Product Development Process.pdf*. 395 Wellington Street Ottawa ON K1A 0N4 Canada: Published Heritage Branch.
- Carrott, Gregory T., y Stuart E. Jackson. 2009. «Shareholder value must top the CEO's agenda». *Harvard Business Review*. <http://www.lek.com/sites/default/files/LEKCOF0901C2009012781.pdf>.
- Cherrafi, Anass, Said Elfezazi, Andrea Chiarini, Ahmed Mokhlis, y Khalid Benhida. 2016. «The Integration of Lean Manufacturing, Six Sigma and Sustainability: A Literature Review and Future Research Directions for Developing a Specific Model». *Journal of Cleaner Production* 139 (diciembre): 828-46. doi:10.1016/j.jclepro.2016.08.101.
- Chih, Ying-Yi, y Ofer Zwikael. 2015. «Project Benefit Management: A Conceptual Framework of Target Benefit Formulation». *International Journal of Project Management* 33 (2): 352-62. doi:10.1016/j.ijproman.2014.06.002.
- Della Corte, Valentina, y Giovanna Del Gaudio. 2014. «A literature review on value creation and value capturing in strategic management studies». *Corporate Ownership & Control* 11 (2): 328-346.
- Drucker, Peter Ferdinand. 1998. *Peter Drucker on the Profession of Management*. Harvard Business School Press.
- «European Standard 12973-2000». 2000. AFNOR.
- Fernández López, Pablo. 2000. *Valoración de empresas: cómo medir y gestionar la creación de valor*. 3a ed., Actualizada y aumentada. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000.
- Forrester, Paul L., Ullisses Kazumi Shimizu, Horacio Soriano-Meier, Jose Arturo Garza-Reyes, y Leonardo Fernando Cruz Basso. 2010. «Lean Production, Market Share and Value Creation in the Agricultural Machinery Sector in Brazil». *Journal of Manufacturing Technology Management* 21 (7): 853-71. doi:10.1108/17410381011077955.
- Fúquene, Carlos. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de manufactura y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Galunic, D. Charles, y Simon Rodan. 1998. «Resource Recombinations in the Firm: Knowledge Structures and the Potential for Schumpeterian Innovation». *Strategic Management Journal* 19 (12): 1193-1201. doi:10.1002/(SICI)1097-0266(199812)19:12<1193::AID-SMJ5>3.0.CO;2-F.
- García, Juan Carlos. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de investigación operaciones y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Grant, James L. 2003. *Foundations of Economic Value Added*. John Wiley & Sons.
- Hammervoll, Trond. 2009. «Value Creation in Supply Chain Relationships: A Critique of Governance Value Analysis». *European Journal of Marketing* 43 (5/6): 630-39. doi:10.1108/03090560910946963.
- Huemer, Lars. 2006. «Supply Management». *Long Range Planning* 39 (2): 133-53. doi:10.1016/j.lrp.2006.04.005.
- J. K. Pinto, D. P. Slevin. 1988. «Project success: Definitions and measurement techniques». *Project Management Journal* 2.
- Jaramillo, Edgard. 2017. Asesoría en medición de valor financiero para proyectos de ingeniería industrial Conferencia Remota, medio virtual.
- Jarillo, J. Carlos. 1988. «On Strategic Networks». *Strategic Management Journal* 9 (1): 31-41. doi:10.1002/smj.4250090104.

- Johannessen, Jon-Arild, y Bjørn Olsen. 2011. «Projects as communicating systems: Creating a culture of innovation and performance». *International Journal of Information Management* 31 (1): 30-37. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2010.04.006.
- Kanawaty, George. 1996. *Introducción al Estudio del Trabajo*. Cuarta Edición (revisada). Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo.
<https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>.
- Kester, Jack. 2016. «THE RIGHT METRICS FOR ERGONOMICS.pdf». *Industrial Engineer*, marzo.
- Klibi, Walid, y Alain Martel. 2013. «The Design of Robust Value-Creating Supply Chain Networks». *OR Spectrum* 35 (4): 867-903. doi:10.1007/s00291-013-0327-6.
- Knolmayer, Gerhard F., Peter Mertens, y Alexander Zeier. 2002. *Supply chain management based on SAP systems: order management in manufacturing companies*. Springer Science & Business Media. [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=vy5QFfexkEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22chain+management+\(SCM\)+%E2%80%9Cwill+ultimately%22+%22that+proven+metrics+for+quantifying+the+effects+of+SCM%22+%22current+issue+and+full+text+archive+of+this+journal+is+available%22+&ots=qVrdpcQyWR&sig=uPvx04-7ChZedt9nIJUtG4JI9Q4](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=vy5QFfexkEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=%22chain+management+(SCM)+%E2%80%9Cwill+ultimately%22+%22that+proven+metrics+for+quantifying+the+effects+of+SCM%22+%22current+issue+and+full+text+archive+of+this+journal+is+available%22+&ots=qVrdpcQyWR&sig=uPvx04-7ChZedt9nIJUtG4JI9Q4).
- Laursen, Markus, y Per Svejvig. 2015. «Taking Stock of Project Value Creation: A Structured Literature Review with Future Directions for Research and Practice». *International Journal of Project Management*, junio. doi:10.1016/j.ijproman.2015.06.007.
- Lepak, David P., Ken G. Smith, y M. Susan Taylor. 2007. «Value Creation and Value Capture: A Multilevel Perspective». *Academy of Management Review* 32 (1): 180-94. doi:10.5465/AMR.2007.23464011.
- Lim, C. S., y M. Zain Mohamed. 1999. «Criteria of project success: an exploratory re-examination». *International journal of project management* 17 (4): 243–248.
- Liu, Ying, Sudha Ram, Robert F. Lusch, y Michael Brusco. 2010. «Multicriterion Market Segmentation: A New Model, Implementation, and Evaluation». *Marketing Science* 29 (5): 880-894-960.
- Madhani, Pankaj M. 2012. «Value Creation Through Integration of Supply Chain Management and Marketing Strategy». *The IUP Journal of Business Strategy* 9 (1): 7–26.
- Mantilla Pabón, Ramón Alberto. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de gestión de la cadena de abastecimiento y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Martin, Roger L. 2014. «The Big Lie of Strategic Planning». *Harvard Business Review*.
<https://hbr.org/2014/01/the-big-lie-of-strategic-planning>.
- Mital, K. M. 2010. «Flexible Work Options and Value Creation». *Global Journal of Flexible Systems Management* 11 (4): 25.
- Morris, Peter W. G. 2013. *Reconstructing Project Management*. John Wiley & Sons.
- Navarrete, Carlos Eduardo. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de investigación de la cadena de abastecimiento y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Peppard, Joe, J. Ward, y E Daniel. 2007. «Managing the Realization of Business Benefits from IT Investments». The Open University.
http://www.researchgate.net/profile/Elizabeth_Daniel2/publication/42795451_Managing_the_realization_of_business_benefits_from_IT_investments/links/0c9605255222d3f397000000.pdf.
- Pontificia Universidad Javeriana. 2016a. «Ingeniería Industrial SNIES 961 Información de la facultad». Mayo 17. <http://www.javeriana.edu.co//carrera-ingenieria-industrial>.

- Porter, M. E. 1985. «The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance», enero. <http://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=193>.
- Porter, Michael E. 1996. «What Is Strategy?» *Harvard Business Review*. Noviembre 1. <https://hbr.org/1996/11/what-is-strategy>.
- Porter, Michael E., y Mark R. Kramer. 2011. «Creating Shared Value.pdf». *Harvard Business Review*.
- Porter, Michael E., y Victor E. Millar. 1985. «How Information Gives You Competitive Advantage». *Harvard Business Review*. Julio 1. <https://hbr.org/1985/07/how-information-gives-you-competitive-advantage>.
- Reginato, J.M. 2007. «Evaluating Project Robustness through the Lens of the Business Model». En *Management of Engineering and Technology, Portland International Center for*, 2043-48. doi:10.1109/PICMET.2007.4349534.
- Remenyi, Dan, y Michael Sherwood-Smith. 1998. «Business benefits from information systems through an active benefits realisation programme». *International Journal of Project Management* 16 (2): 81-98. doi:10.1016/S0263-7863(97)00024-0.
- Shamah, Rania A.M. 2012. «Innovation within Green Service Supply Chains for a Value Creation». Editado por Rajesh Singh. *Journal of Modelling in Management* 7 (3): 357-74. doi:10.1108/17465661211283313.
- Shenhar, Aaron J., Dov Dvir, Ofer Levy, y Alan C. Maltz. 2001. «Project success: a multidimensional strategic concept». *Long range planning* 34 (6): 699–725.
- Smyth, Hedley, Magnus Gustafsson, y Elena Ganskau. 2010. «The value of trust in project business». *International Journal of Project Management, European Academy of Management (EURAM 2009) Conference*, 28 (2): 117-29. doi:10.1016/j.ijproman.2009.11.007.
- Stewart, Bennett. 2013. *Best-Practice EVA: The Definitive Guide to Measuring and Maximizing Shareholder Value*. John Wiley & Sons.
- Stewart, G. Bennett. 1991. *The Quest for Value*. HarperCollins.
- Stewart, G. Bennett, III, y Joel M. Stern. 1999. *The Quest for Value: A Guide for Senior Managers*. New York, N.Y.: Harper Collins.
- Supply Chain Council. 2008. *SCOR® Supply Chain Operations Reference Model*. The Supply Chain Council, Inc.
- Tanfous, Maha Ben. 2013. «The contribution of intangibles to the value creation». *Journal of Business Studies Quarterly* 5 (1): 43.
- Universidad de los Andes. 2016b. «PREGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL SNIES 1581, ÁREAS DE PROFUNDIZACIÓN». Mayo 17. <https://industrial.uniandes.edu.co/programas-academicos/pregrado/areas-de-profundizaciom-pr>.
- Universidad Industrial de Santander. 2016c. «Plan de Estudios del Programa Académico de Ingeniería Industrial». Mayo 17. <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoMecanicas/escuelas/estudiosIndustrialesEmpresariales/programaAcademicos/ingenieriaIndustrial/planEstudios.html>.
- Universidad Nacional de Colombia. 2016d. «Facultad de Ingeniería - Campos de aplicación : Ingeniería Industrial». Mayo 17. <http://www.ingenieria.unal.edu.co/es/formacion/pregrado/ingenieria-industrial/campos-de-aplicacion>.
- US EPA, OA. 2003. «Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance». Overviews and Factsheets. <https://www.epa.gov/lean/lean>

manufacturing-and-environment-research-advanced-manufacturing-systems-and-environment-and.

- Wallace, Thomas F. 2004. *Sales & Operations Planning: The «how-to» Handbook*. T. F. Wallace & CO.
- Ward, J., P. Taylor, y P. Bond. 1996. «Evaluation and Realisation of IS/IT Benefits: An Empirical Study of Current Practice». *European Journal of Information Systems* 4 (4): 214-25. doi:10.1057/ejis.1996.3.
- Wateridge, John. 1998. «How can IS/IT projects be measured for success?» *International Journal of Project Management* 16 (1): 59-63. doi:10.1016/S0263-7863(97)00022-7.
- Wernerfelt, Birger. 1984. «A Resource-Based View of the Firm». *Strategic Management Journal* 5 (2): 171-80. doi:10.1002/smj.4250050207.
- Wiengarten, Frank, Brian Fynes, Paul Humphreys, Roberto C. Chávez, y Alan McKittrick. 2011. «Assessing the value creation process of e-business along the supply chain». *Supply Chain Management: An International Journal* 16 (4): 207–219.
- Winter, Mark, Charles Smith, Peter Morris, y Svetlana Cicmil. 2006. «Directions for Future Research in Project Management: The Main Findings of a UK Government-Funded Research Network». *International Journal of Project Management* 24 (8): 638-49. doi:10.1016/j.ijproman.2006.08.009.
- Winter, Mark, y Tony Szczepanek. 2008. «Projects and Programmes as Value Creation Processes: A New Perspective and Some Practical Implications». *International Journal of Project Management* 26 (1): 95-103. doi:10.1016/j.ijproman.2007.08.015.
- Wit, Anton de. 1988. «Measurement of Project Success». *International Journal of Project Management* 6 (3): 164-70. doi:10.1016/0263-7863(88)90043-9.
- Wooldridge, Michael. 2009. *Wiley: An Introduction to MultiAgent Systems, 2nd Edition - Michael Wooldridge*. <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-EHEP002158.html>.
- Wu, D. J., Min Ding, y Lorin M. Hitt. 2013. «IT Implementation Contract Design: Analytical and Experimental Investigation of IT Value, Learning, and Contract Structure». *Information Systems Research* 24 (3): 787-801. doi:10.1287/isre.1120.0448.
- Young, S., y Stephen O'Byrne. 2000. *EVA and Value-Based Management: A Practical Guide to Implementation*. McGraw Hill Professional.
- Yu, Angus G., Peter D. Flett, y John A. Bowers. 2005. «Developing a Value-Centred Proposal for Assessing Project Success». *International Journal of Project Management* 23 (6): 428-36. doi:10.1016/j.ijproman.2005.01.008.
- Zambrano, Gabriel. 2016. Entrevista sobre los proyectos típicos en el área de investigación operaciones y su posible impacto en la creación de valor financiero Grabación de voz.
- Zu, Xingxing, Lawrence D. Fredendall, y Thomas J. Douglas. 2008. «The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma». *Journal of Operations Management* 26 (5): 630-50. doi:10.1016/j.jom.2008.02.001.
- Zwikael, Ofer, y John Smyrk. 2012. «A General Framework for Gauging the Performance of Initiatives to Enhance Organizational Value: Gauging the Performance of Initiatives». *British Journal of Management* 23 (marzo): S6-22. doi:10.1111/j.1467-8551.2012.00823.x.

Anexos

1. Proceso de recolección de la información (diseño y validación del cuestionario de la entrevista)

Diseño de la entrevista

Información requerida

- Uno de los problemas más relevantes en la actualidad (de acuerdo a la opinión de expertos) para cada una de las áreas de la ingeniería industrial seleccionadas (**producción y manufactura, investigación de operaciones, gestión de la cadena de abastecimiento, y ergonomía**).
- Descripción detallada de dichos problemas.
- Proyectos y herramientas de ingeniería industrial que tienen como objetivo resolver dichos problemas.
- Descripción detallada de dichos proyectos y herramientas.

Utilidad de la información recolectada

- La información recolectada en la entrevista servirá para analizar y comprender los principales problemas enfrentados en la actualidad desde cada rama de la ingeniería industrial y realizar una descripción de la manera en que las herramientas y proyectos asociados tratan de darles solución.
- Identificar los objetivos, variables, criterios, indicadores y resultados esperados de los proyectos identificados con el fin de comprender de manera integral la forma en que dan solución a los problemas actuales de la ingeniería industrial.

Aporte de la entrevista a la resolución de la pregunta de investigación

¿Cuáles son los factores críticos y variables a tener en cuenta para generar valor económico con los proyectos asociados a cada una de las áreas de la ingeniería industrial?,

Al comprender la manera en que los proyectos actuales de ingeniería industrial atienden los diferentes problemas que se presentan en cada una de sus ramas, se pueden identificar factores críticos, variables y resultados esperados y así comprender cuál es el objetivo de dichos proyectos y la manera en que afectan los flujos económicos futuros.

¿Cómo se puede evaluar el impacto de los resultados obtenidos por los proyectos de la ingeniería industrial en términos de valor económico y así realizar una medición adecuada?

La medición acertada del valor creada depende de los beneficios económicos futuros de cada tipo de proyecto y la entrevista aporta claves importantes a la hora de analizar el valor generado mediante un análisis comparativo entre las diferentes alternativas.

CARTA DE PRESENTACIÓN

Título del proyecto: MEDICIÓN DE CREACIÓN DE VALOR EN PROYECTOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Objetivo General: Realizar la medición de la creación de valor económico en proyectos de ingeniería industrial en las áreas de producción y manufactura, investigación de operaciones, gestión de la cadena de abastecimiento, y ergonomía.

Necesidad de información

1. Definición de los 2 tipos de problemas más relevantes en la actualidad para cada una de las áreas de la ingeniería industrial seleccionadas (**producción y manufactura, investigación de operaciones, gestión de la cadena de abastecimiento, y ergonomía**).
2. Descripción detallada de los Proyectos y herramientas de ingeniería industrial que tienen como objetivo resolver dichos problemas.

Autores

**Nicolás Guillermo Gómez García
Edgard Jaramillo**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C.
2016**

Cuestionario

1. ¿Cómo definiría usted el área la ingeniería industrial en la que usted se especializa?
2. ¿Qué información se estudia en dicha área?
3. ¿qué situaciones se presentan como temas a solucionar por los ingenieros industriales que se desempeñan en ésta área?
4. ¿cuáles de estas situaciones serían las 2 con mayor impacto o las que se presentan con mayor frecuencia?
5. ¿Existen proyectos que se hayan definido desde su área de investigación para solucionarlos?
6. ¿Cuáles son?
7. ¿Cuál es el alcance de estos proyectos?
8. ¿bajo qué parámetros, variables y/o criterios se evalúan dichos proyectos?
9. ¿qué aspectos de la organización influyen sobre el resultado del proyecto?
10. ¿qué efecto tienen en la organización los resultados del proyecto?
11. ¿Cuáles son los resultados esperados del proyecto?
12. ¿qué cambios genera este tipo de proyecto?
13. ¿Cómo se determina el éxito del proyecto?
14. ¿qué beneficios genera?
15. ¿Conoce algún caso de aplicación donde el proyecto haya alcanzado los resultados esperados? ¿cuál?
16. ¿Cuál es el proceso de decisión de aprobación de éste tipo de proyectos en las empresas?, ¿qué roles están involucrados y con qué variables se mide el éxito del proceso?
17. Existen casos en que estos proyectos no son aprobados o incluso son vetados. ¿Cuáles son las razones que han llevado a vetar los proyectos en una empresa?, ¿Cuáles han sido las razones por las cuales estos proyectos no han sido aprobados?
18. ¿Existe alguna medición cuantificable de los beneficios para todos los criterios o parámetros que se evalúan?, ¿alguna de estas mediciones está relacionada con la creación de valor?

Para evaluar si el diseño de la entrevista arrojaría la información requerida al final del ejercicio se realizó una validación que se presenta en la siguiente tabla, donde se puede observar cuál es el objetivo de cada pregunta y qué posibles respuestas se podría encontrar.

Pregunta	Objetivo de la pregunta	Posibles respuestas o impacto
1. ¿Cómo definiría usted el área la ingeniería industrial en la que usted se especializa?	Obtener una descripción general del área en que el entrevistado se ha especializado y la importancia que ésta tiene para una organización.	Es la administración integral de todos los eslabones involucrados en la cadena de abastecimiento de una organización, desde sus proveedores hasta sus clientes e incluso se puede extender más allá llegando a involucrar procesos de los clientes de los clientes o proveedores de los proveedores.
2. ¿Qué información se estudia en dicha área?	Identificar de manera general la información que se tiene en cuenta en dicha área de estudio y las posibles ramificaciones que puedan desprenderse de ésta.	Se estudia la demanda, las interacciones entre los diferentes actores de la cadena, el tipo de demanda, tipo de producto o servicio que se ofrece, el modelo de producción, es decir si es MTO (make to order), MTS (make to stock) o ETO (Engineering to order). Se debe manejar mucha información y estándares de identificación de productos y de procedimientos para establecer el orden apropiado en la cadena.
3. ¿qué situaciones se presentan como temas a resolver en el ejercicio profesional de los ingenieros industriales que se desempeñan en ésta área?	Establecer cuáles son los problemas típicos que se intentan solucionar por medio del área de especialidad del entrevistado.	Las desconexiones en la cadena o desalineaciones son un problema común en las organizaciones. Esto evita que las diferentes partes de la organización se muevan como un solo equipo, malgastando recursos y energía en procesos que podrían ser evitados si no existieran estas desconexiones entre los actores de la cadena.
4. ¿cuáles de estos problemas	Realizar una selección con base en la experiencia del	Estrategias aisladas en la cadena de abastecimiento, es decir cada jefe de

<p>serían los 2 con mayor impacto o los que se presentan con mayor frecuencia?</p>	<p>entrevistado de los 2 problemas más comunes o aquellos que sean críticos en la actualidad.</p>	<p>área (marketing, ventas, operaciones, etc.) desarrolla una estrategia para mejorar su desempeño, pero hace falta una visión que tenga en cuenta de manera cohesiva sus diferentes esfuerzos en pro del beneficio general de la organización.</p> <p>Otro problema es que las ventas usualmente fallan debido a una pobre planeación y previsión de las necesidades reales de los clientes lo cual resulta en escasez de materiales, capacidad excesiva o faltante, pronósticos pobres y exceso de inventarios, lo genera problemas serios en el indicador “cash to cash” y en la satisfacción de los clientes.</p>
<p>5. ¿Existen proyectos que se hayan definido desde su área de investigación para solucionarlos?</p>	<p>Incentivar al entrevistado a indagar a través de sus experiencias en busca de las herramientas y proyectos que desde su área de desempeño tienen el objetivo de solucionar dichos problemas.</p>	<p>Existe un proyecto que precisamente busca indagar la causa raíz de dichos problemas y descubrir cuáles son los focos de desconexión en la cadena y así identificar qué es lo que lleva a las desalineaciones de la cadena de abastecimiento y a los problemas como los que mencionaba anteriormente. Se trata del proyecto SCOR o Supply chain Excellence, aunque el objetivo de éste proyecto realmente es identificar las desconexiones y proponer proyectos de implementación de soluciones que permitan mejorar la cohesión de los esfuerzos en la gestión de la cadena de abastecimiento, lo cual implica que realmente los proyectos</p>

		que solucionan directamente los problemas son propuestos durante el desarrollo del proyecto SCOR y por tanto dependen de la situación de cada empresa.
6. ¿Cuáles son?	Establecer bajo el criterio del experto cuál de éstos proyectos ofrece soluciones a los problemas mencionados con anterioridad.	Creo que el proyecto SCOR ofrece soluciones a los problemas de desalineación, pero como mencionaba anteriormente las soluciones son a su vez sub-proyectos que pretenden corregir las diferentes desconexiones. Lo cierto es que iniciar proyectos de mejora sin realizar el proyecto SCOR es como disparar al aire y esperar que le dé al objetivo. Muchas veces los esfuerzos de las empresas son iniciativas que se generan en áreas diferentes y posiblemente terminan por aislarse del resto de la cadena con lo cual se pierde el objetivo de moverse como una sola organización o un solo equipo, lo cual termina por dejar sin solucionar el verdadero problema haciendo que los esfuerzos individuales reduzcan su impacto global en la organización debido a las desconexiones que se presentan a lo largo de la cadena.
7. ¿Cuál es el alcance de estos proyectos?	Obtener una descripción general del objetivo de estos proyectos e identificar hasta qué punto pueden impactar en una organización. También se podrá identificar qué nivel de la	El modelo SCOR es un estándar de definiciones de procesos, métricas y buenas prácticas, pero el proyecto SCOR pretende realizar cambios en el manejo de la cadena y aplicar técnicas de solución de problemas para identificar las desconexiones y

	organización se pretende impactar con el proyecto (nivel operativo, táctico o estratégico)	proponer soluciones en pro de la cohesión de la cadena.
8. ¿bajo qué parámetros, variables y/o criterios se evalúan dichos proyectos?	Establecer cuál es la información relevante para el experto y a qué parámetros, variables y criterios presta mayor atención; de la misma manera se puede identificar qué información está dejando de lado.	Usualmente se evalúa el éxito del proyecto dependiendo de qué indicadores la organización pretende tener en cuenta como prioridad en su estrategia corporativa. Es decir, si para cumplir con su propuesta de valor la empresa decide que la cadena de abastecimiento debe destacarse en agilidad (es decir, a capacidad de adaptarse a grandes cambios en la demanda, tanto en aumento como en disminución) entonces se evaluará cuál es el impacto de las desconexiones en éste aspecto. En general se proponen 5 ramas de indicadores que la empresa debe priorizar según su estrategia: confiabilidad, rapidez o sensibilidad, agilidad flexibilidad, costo y manejo de activos.
9. ¿qué aspectos de la organización influyen sobre el resultado del proyecto? Dado este problema cómo se da solución en el curso del proyecto.	Entender la naturaleza del proyecto y las posibles limitaciones que tiene en términos del entorno organizacional, lo cual puede ser un factor decisivo a la hora de su aprobación o rechazo.	Definitivamente debe existir apoyo en el interior de la organización, además es necesario tener disciplina en términos de la gestión del proyecto y un proceso de educación que permita a todos conocer no solo los beneficios del modelo SCOR sino la manera correcta de utilizarlo. Es de suma importancia que el proceso sea tomado en serio y que la información recolectada en la fase de análisis sea no solamente verídica

		sino de suficiente profundidad como para poder identificar las desconexiones e iniciar acciones correctivas.
10. ¿qué efecto tienen en la organización los resultados del proyecto?	Dar un marco general al impacto del proyecto, no solo en los resultados inmediatos sino también a nivel organizacional.	Permitirá identificar proyectos de mejora que busquen alinear todas las áreas de la cadena de abastecimiento y así se disminuyan las desconexiones aumentando la utilidad neta.
11. ¿Cuáles son los resultados esperados del proyecto?	Identificar lo que el experto considera, desde su área de especialidad, como un resultado positivo del proyecto, lo que se espera de éste y a qué niveles de la organización impacta.	Un proyecto debe arrojar con exactitud qué desconexiones existen en la cadena y qué se debe hacer al respecto. Y además un orden de prioridad para asignar los recursos a los diferentes proyectos de solución de manera que se tenga un plan de trabajo al final el cual se lleve a cabo de acuerdo a la disponibilidad de capital de la organización.
12. ¿qué cambios genera este tipo de proyecto?	Definir los cambios que genera el proyecto para obtener información necesaria para hacer un análisis de la transformación resultante en la organización: recursos actuales, así como recursos y condiciones necesarias para realizar la transición.	Los cambios llevan a una transformación organizacional y a la adopción adecuada del modelo SCOR como guía de procedimientos. Muchas veces la transformación resulta en una reducción del costo de manejo de la cadena equivalente a un 3% de las ganancias. El principal cambio es cultural ya que todos deben empezar a pensar en equipo y a buscar el mayor beneficio de la organización en general y no solamente el de sus diferentes áreas de trabajo. La disminución de las desconexiones depende del éxito que se tenga en ésta transformación

		y de la capacidad de las personas de aprender el conocimiento ofrecido en términos de procedimientos y buenas prácticas, además de su capacidad de implementarlo de manera efectiva.
13. ¿Cómo se determina el éxito del proyecto?	Definir la forma en que se determina el éxito de un proyecto y así establecer cuál es la prioridad del experto en cuanto a los resultados obtenidos e identificar si en su concepto, la creación de valor tiene alguna importancia en el proceso de medición de los proyectos que maneja.	El éxito del proyecto se ve en la disminución de las desconexiones de la cadena y ahorros en el costo de gestión de la cadena. Los indicadores escogidos desde la estrategia organizacional notarán un gran cambio de manera positiva y permitirán a la empresa destacarse en el mercado.
14. ¿qué beneficios genera?	Nombrar los beneficios que genera un proyecto para aclarar el área que pretende impactar (estratégica, táctica, operativa, financiera, cultural, etc.), y establecer si la creación de valor se tiene en cuenta como un beneficio o si realmente no se tiene en cuenta como un factor en la gestión de proyectos.	Los beneficios de un proyecto exitoso son en primer lugar el fortalecimiento de la posición estratégica de la organización que puede evidenciarse en la mejoría de los indicadores seleccionados, lo cual puede incluso aumentar las ventas y permitir a la empresa una mejor competitividad. Generalmente se evidencia en promedio un aumento en la utilidad del 3% de los ingresos, adicionalmente se disminuyen los reprocesos, aumenta la satisfacción de los clientes y mejoran los indicadores financieros.
15. ¿Conoce algún caso de aplicación donde el	Obtener información de un caso de éxito, de modo que el investigador pueda analizarlo y aterrizar los	El caso de Fowlers descrito en el libro supply chain excellence es una buena referencia de un caso exitoso.

<p>proyecto haya alcanzado los resultados esperados? ¿cuál?</p>	<p>conceptos encontrados durante la entrevista y hallar la relación entre el éxito del caso y los factores nombrados por el experto. Adicionalmente se puede establecer si en dicho caso de éxito se tuvo en cuenta el valor como factor crítico de decisión, o si se hizo a un lado.</p>	
<p>16. ¿Cuál es el proceso de decisión de aprobación de éste tipo de proyectos en las empresas?, ¿qué roles están involucrados y con qué variables se mide el éxito del proceso?</p>	<p>Analizar el proceso de evaluación de los proyectos puede dar una perspectiva organizacional sobre el manejo de los proyectos e identificar qué roles se involucran y cuáles son las prioridades que éstos tienen.</p>	<p>Éste proyecto debe ser aprobado y apoyado por los principales ejecutivos de la organización, el CEO, CFO, CIO, e incluso los jefes de producción, gestión de la cadena. En algunos casos, si la empresa tiene diferentes sedes geográficas, también deben involucrarse los directivos de las diferentes sucursales a fin de tener una cadena de abastecimiento que se mueva como un solo equipo. Se obtienen mucho mejores resultados si todas las sedes participan del proceso pues de otro modo se cae en el problema de soluciones aisladas nuevamente.</p>
<p>17. Existen casos en que estos proyectos no son aprobados o incluso son vetados. 18. ¿Cuáles son las razones que han llevado a vetar los proyectos en</p>	<p>Al identificar razones por las cuales se rechazar o se vetan los proyectos podemos establecer si existen criterios relacionados con la creación de valor, o qué tipo de factores influyen en la decisión. Podrían identificarse limitantes de</p>	<p>Muchas veces no son claros los beneficios o los directivos son reacios a las promesas del proyecto. En empresas con poco conocimiento de la cadena de abastecimiento es difícil promocionar este tipo de proyectos. La asignación de recursos es un problema que también puede truncar el lanzamiento de un proyecto de éste estilo, ya sea por</p>

<p>una empresa?, ¿Cuáles han sido las razones por las cuales estos proyectos no han sido aprobados?</p>	<p>los proyectos o circunstancias especiales en las que es imposible desarrollarlos.</p>	<p>indisposición en cuanto al esfuerzo requerido (tiempo, energía, dinero, aprendizaje), o por preocupaciones relacionadas con el corto plazo.</p>
<p>19. ¿Existe alguna medición cuantificable de los beneficios para todos los criterios o parámetros que se evalúan? 20. ¿alguna de estas mediciones está relacionada con la creación de valor financiero para los accionistas?</p>	<p>Identificar qué mediciones se realizan y si su cuantificación se relaciona de alguna manera con la creación de valor para encontrar información que se pueda evaluar posteriormente con el propósito de verificar si el proceso de selección de las métricas está relacionado con la creación de valor y si es adecuado o se cometen errores.</p>	<p>Dependerá de la estrategia de cada empresa pero se pueden evidenciar cambios en indicadores como: Perfect order fulfillment Order fulfillment cycle time Supply chain management cost Inventory days of supply Return on Investment Return on Assets</p> <p>La relación con la creación de valor se da en indicadores relacionados con el aumento en la utilidad, que se mide antes y después del proyecto con el fin de evidenciar los beneficios económicos, además de indicadores como el ROA.</p>

2. Ingenieros entrevistados

Gestión de la cadena de abastecimiento / Logística

Ramón Mantilla

Masters of Engineering, Integrated Logistics Management, RMIT University. Voluntering at Oxfam, RMIT University. Industrial Engineering, Science, Pontificia Universidad Javeriana. SERVICE, BUSINESS DEVELOPMENT & OPERATIONS MANAGER Brightstar Corp. SUPPLY CHAIN OPERATIONS MANAGER - LAN (Latin America North) Brightstar Corp. CO- FOUNDER – GENERAL MANAGER / LOGISTICS & SUPPLY CHAIN MANAGEMENT SPECIALIST, B-LOGIC S.A.S. LECTURER, Pontificia Universidad Javeriana. LECTURER, Universidad de los Andes. VICE-PRESIDENT OF OPERATIONS, Servicios Postales Nacionales – 472. EMERGENCY RESPONSE VOLUNTEER, Oxfam Australia. TECHNICAL SYSTEMS ANALYST, ACS BUSINESS PROCESS SOLUTIONS. LOGISTICS PLANNING MANAGER, Casa Editorial El Tiempo. TRANSPORTATION MANAGER, Casa Editorial El Tiempo. SALES AND MARKETING ANALYST (SUBDIRECTOR COMERCIAL), Fiduagraria s.a. SPARE PARTS DISTRIBUTION MANAGER Nissan Colombia.

Gonzalo Bustos Fonseca

MBA Administración y Dirección de Empresas, ENEB - Escuela de Negocios Europea de Barcelona. Massachusetts Institute of Technology, MicroMaster's Credential in Supply Chain Management. Ingeniero Industrial, Fundación Universitaria San Martín. Consultor Logística y Supply Chain Independiente, B-LOGIC S.A.S. Jefe de Almacén, B-LOGIC S.A.S. Analista de Procesos, B-Logic.

Carlos Montoya Casas

Doctorado INGENIERIA, ECOLES DES MINES DE NANTES. Maestría/Magister INGENIERIA Universidad De Los Andes – Uniandes. Ingeniero Industrial, Universidad De Los Andes. Jefe de Sección – Logística, Profesor Asistente, Pontificia Universidad Javeriana. Áreas de interés: Programación de la Producción, Investigación de Operaciones. PROFESOR CÁTEDRA, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes. Ponente en eventos científicos 13th International PMS 2012 (Conference on Project Management and Scheduling), 4th International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing, 12th Annual Congress of the French National Society of Operations Research and Decision Science, 13th Annual Congress of the French National Society of Operations Research and Decision.

Investigación de operaciones

Juan Carlos García,

Doctorado Ingeniería Industrial Texas A M University. Maestría/Magister Ingeniería Industrial Texas A M University. Pregrado/Universitario Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Industrial de Santander – UIS. Actividades de investigación - Investigación y Desarrollo - Título: Aplicación de técnicas de minería de datos en sistemas Colaborativos de recomendación (Filtrado colaborativo) Agosto 2002. Universidad Industrial de Santander – UIS Actividades de administración - Miembro de consejo de centro - Cargo: ASESORIA EN INVESTIGACION. Universidad Autónoma De Bucaramanga – Unab Actividades de administración - Miembro de consejo de centro - Cargo: PROFESOR TITULAR. Actividades de docencia - Especialización - Nombre del curso: MINERIA DE DATOS, - Postgrado - Nombre del curso: TEORIA DE COLAS, - Pregrado - Nombre del curso: MATEMATICAS COMPUTACIONALES, - Pregrado - Nombre del curso: LOGICA Y ALGORITMOS, - Pregrado - Nombre del curso: MINERIA DE DATOS, - Pregrado - Nombre del curso: INVESTIGACION OPERACIONAL. Empresa Colombiana De Petróleos – Ecopetrol Dedicación: 40 horas Semanales Septiembre de 1991 Septiembre de 2016 Actividades de administración- Servicio Técnico Especializado - Cargo: Profesional de Optimización de Transporte Agosto de 2007 Septiembre de 2016 - Miembro de consejo de centro - Cargo: Gerente de Proyectos Informáticos Septiembre de 1991 Junio de 2007 Actividades de investigación - Investigación y Desarrollo - Título: Modelo de Transporte para la Optimización de la Cadena de Valor de Ecopetrol Octubre 2015 Septiembre 2016

Gabriel Zambrano

Doctor of Philosophy (PhD) Mechatronics, Robotics, and Automation Engineering, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. Master's degree Electrical and Electronics Engineering, Pontificia Universidad Javeriana. Engineer's degree Electrical and Electronics Engineering, Universidad Industrial de Santander. Associate Professor, Pontificia Universidad Javeriana. PhD Student, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

Sergio Cabrales

Doctor of Philosophy (PhD.) Finance, General, Universidad de Los Andes. Master of Science (MSc) Operations Research, Universidad de Los Andes. Bachelor's degree Industrial Engineering, Universidad de Los Andes. Visiting Professor, Universidad de los Andes. Consultant, Universidad de los Andes. Instructor, Universidad de los Andes.

Manuel Bolívar

Master of Science (MSc) Management Sciences and Quantitative Methods, Universidad de Los Andes. Actividades y asociaciones: Center of Optimization and Applied Probability (COPA), Bachelor of Applied Science (B.A.Sc.) Industrial Engineering, Universidad de Los Andes. Senior Data Scientist, IBM. Instructor, Universidad de los Andes. Teaching Assistant, Universidad de los Andes. Market Analysis Specialist, AviancaTACA Limited.

Manufactura /procesos

Carlos Navarrete

Ingeniero industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Profesor ingeniería industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Asesor externo, yanbal. Gerente general, Espumas Santafe de Bogotá.

Santiago Aguirre

Candidato a PhD. en Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana. Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes. Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Javeriana y profesor de cátedra a nivel de posgrado en la Universidad de la Sabana. Coordinador académico del Diplomado de Gestión y Mejoramiento de Procesos de la Universidad Javeriana. Consultor en Business Process Management e implantación de sistemas ERP en empresas manufactureras y de servicios en Colombia y algunos países de Centroamérica y Sudamérica. Consultor en Consultor certificado en SAP – Supply Chain Management e Integration of Business Process. Certificado en Business Process Management (BPM) por Boston University. Áreas de trabajo: Business Process Management / Analytics, Mejoramiento de procesos, implantación de sistemas BPMS, modelación de procesos con BPMN, análisis de procesos, process mining, control estadístico de procesos, enfoque por procesos, rediseño de procesos.

Carlos Fúquene.

Currently enrolled at the off campus PhD program on Cleaner production, Erasmus University Rotterdam. Magister in Environmental Management, Portland State University. Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Specialist in, Environmental Sustainability. Director Maestría en Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana. Director Centro Tecnológico Universidad Javeriana, Pontificia Universidad Javeriana. Coordinador Aseguramiento de Calidad - Geotextiles PAVCO, PAVCO. Aseguramiento de Calidad - HOLCIM, Holcim.

Ergonomía

Lope Hugo Barrero

Postdoctorado/Estancia postdoctoral Ergonomics, Harvard School of Public Health Juniode2007 – Septiembre de 2007. Doctorado Environmental Health, Harvard University. Maestría/Magister Environmental Health, Harvard University. Pregrado/Universitario Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana - Puj - Sede Bogotá. NYC Department of Health and Mental Hygiene- Miembro de consejo de centro - Cargo: Consultor Profesional Julio de 2003 Agosto de 2003. Center for Musculoskeletal Research. Actividades de investigación- Investigación y Desarrollo Universidad De Harvard. Actividades de administración- Miembro de consejo de centro - Cargo: Asistente de investigación Acreditamos/Fundación Social. Actividades de administración- Miembro de consejo de centro- Pontificia Universidad Javeriana - Puj - Sede Bogotá. Actividades de docencia. Actividades de investigación- Investigación y Desarrollo - Título: Diseño de una ayuda didáctica para una clase introductoria de ergonomía Junio 2001 Enero 2002 - Investigación y Desarrollo - Título: Determinación de límites de carga en tareas manuales para trabajadores Colombianos Junio 1999 - Investigación y Desarrollo - Título: Enero 1999 - Investigación y

Desarrollo - Título: Estudio de las condiciones físicas del trabajo en diferentes empresas Colombianas Junio 1999

Asesoría en medición de la creación de valor financiero en proyectos de ingeniería industrial

Edgard Jaramillo López

MBA, Tulane University. Estudios de Business & Industry insights y Liderazgo, Harvard University y Texas A&M. Especialista en Finanzas Corporativas, U. del Rosario. Ingeniero Industrial, U. Javeriana. Miembro del Programa de Presidentes de Empresa de la Universidad de los Andes. Docente de Pregrado y Maestría en áreas de Planeación Estratégica, Gerencia de Valor y CEM (Customer Experience Management).

Actualmente Gerente de Digital Business Group de IBM para América Latina de habla hispana.