



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencias de la Valuación

Nuevos métodos de valoración de equipo y maquinaria

T e s i s

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias de la Valuación**

Presenta:

Ing. Héctor Mauricio Ponce Vázquez

Dirigido por:

M. en C. J. Gonzalo A. Álvarez Frías

Santiago de Querétaro Qro. 2013



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Especialidad en Maestría en Ciencia de la Valuación

NUEVOS MÉTODOS DE VALORACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARÍA

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro

Especialidad en Maestría en Ciencia de la Valuación

Presenta:

Ing. Héctor Mauricio Ponce Vázquez

Dirigido por:

M. en C. J. Gonzalo A. Álvarez Frías

SINODALES

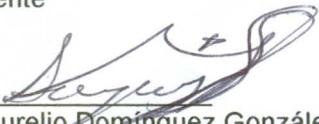
M. en C. J. Gonzalo A. Álvarez Frías
Presidente

M. en C. Emilio Vasconcelos Dueñas
Secretario

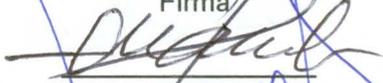
M. en C. José Luis Alcántara Obregón
Vocal

M. en C. J. Ruy Madero García
Suplente

M. en C. Estefanía Flores Benítez
Suplente


Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad

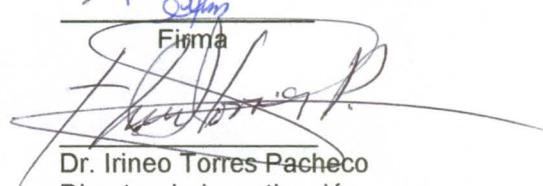

Firma


Firma


Firma


Firma


Firma


Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Junio de 2013
México

RESUMEN

Se propone al indicador de la metodología de la Eficiencia General de los Equipos (OEE por sus siglas en inglés) como un nuevo método de la valoración del equipo y maquinaria en la industria de la manufactura que permitirá cuantificar por medio de una relación porcentual la eficiencia productiva de los equipos y procesos industriales, considerando todos los parámetros fundamentales de la operación industrial; la disponibilidad, la eficiencia y calidad.

Se aplica para sustento de este documento el método de la Eficiencia General de los Equipos en una línea de producción de envasado de la industria manufacturera para valorar por medio de este indicador la eficiencia productiva real de la operación y maquinaria especializada, así como clasificar la obsolescencia por rendimiento de los equipos de una línea de producción.

(Palabras clave: valoración de maquinaria y equipo, eficiencia general de los equipos, obsolescencia por rendimiento, capacidad real de producción, disponibilidad, eficiencia, calidad)

SUMMARY

The indicator is proposed methodology of Overall Equipment Efficiency (OEE) as a new method for the valuation of equipment and machinery in the manufacturing industry that will quantify by a percentage relationship the productive efficiency of industrial processes and equipment considering all the fundamental parameters of the industrial operation, availability, efficiency and quality.

Apply for support of this document the method of Overall Equipment Efficiency in a packaging production line for assessing the actual production efficiency and machinery operation, as well as classify the obsolescence of equipment performance in a production line.

(Keywords: valuation of machinery and equipment, overall equipment efficiency, performance obsolescence, actual production capacity, availability, efficiency, quality)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo que me brindó mi familia, en especial mi madre, para la consecución de la obtención de mi grado de Maestría que enriquece mi vida. Sumo el interés de mis amigos y su aliento a lo largo de esta etapa académica que concluye con este trabajo.

Mi agradecimiento al M. en C. J. Gonzalo A. Álvarez Frías, quién fungió como Director de esta Tesis, por su valiosa dirección y aportaciones.

Doy las gracias a mis sinodales por sus consejos, así como su generoso tiempo brindado cada vez solicité su apoyo.

INDICE

	Página
Índice	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iii
Índice de fórmulas	iv
I. INTRODUCCION	2
II. REVISION DE LITERATURA	6
II.1 TERMINOLOGIA	6
II.2 PROCESOS DE MANUFACTURA	7
II.3 VALUACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA	9
II.4 ENFOQUE DE LA VALUACIÓN EN LA INDUSTRIA DE CLASE MUNDIAL	10
II.5 LA VALUACIÓN EN LA INDUSTRIA MEXICANA	12
II.6 MÉTODOS DE VALUACIÓN UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA	14
II.7 NUEVOS MÉTODOS DE VALUACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA	26
II.8 MEDICIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS	35
II.9 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS	36
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	38
III.1 HIPOTESIS	38
III.2 OBJETIVOS	38
IV. METODOLOGIA	39
IV.1 SUJETO DE ESTUDIO	39
IV.2 GENERALIDADES DE METODOLOGÍA	40
IV.3 APLICACIÓN DE ESTUDIO	45
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
V.1 DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS	49
V.2 EVALUACIÓN DE ESTRAGIAS PARA MEJORA	52
V.3 IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE THROUGHPUT	54
VI. CONCLUSIONES	57
VI.1 DE LA CIENCIA DE LA VALUACIÓN Y LA APLICACIÓN DEL INDICADOR DE LA EFICIENCIA GENERAL EN MAQUINARIA Y EQUIPO	57
VI.2 DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y EL EJERCICIO PRÁCTICO	59
VI.3 DEL IMPACTO DE LA DETERMINACIÓN DEL OEE, LA MEJORA DE INDICADOR Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE THROUGHPUT	61
VI.4 DE CÓMO UN PERITO VALUADOR PUEDE APLICAR LA METODOLOGÍA EN UN CASO REAL DE LA CIENCIA DE LA VALUACIÓN	62
LITERATURA CITADA	65

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Clasificación Mundial del OEE	28
2	Disponibilidad	31
3	Rendimiento	33
4	Calidad	34
5	Estado de sensores	42
6	Capacidades y OEE por máquina	49
7	Pérdidas y rendimiento por máquina	51
8	Estrategia de mejora. Acción I	53
9	Estrategia de mejora. Acción II	53
10	Variables de costo, utilidades y de operación	55
11	Incremento porcentual en el OEE y su impacto en el aumento de Utilidades	56

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Producto Interno Bruto	9
2	Medición del OEE	29
3	Adquisición móvil de datos, registro de estados	42
4	Aplicación para análisis de base de datos	44
5	Layout Línea B	45
6	Velocidades de ajuste de las máquinas industriales	47

INDICE DE FORMULAS

Figura		Página
1	Vida útil	25
2	Edad real del bien	25
3	Valor de reposición	25
4	Cálculo del OEE	29
5	Rendimiento	32
6	Tamaño de la muestra para una población finita	43
7	Incremento en la Utilidad	55

NUEVOS MÉTODOS DE VALORACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARÍA

I. INTRODUCCION

La manufactura es una fase de la producción económica de los bienes. Consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo. También involucra procesos de elaboración de productos semi-manufacturados o productos semielaborados (Keith, 2007).

La manufactura en el sentido de fabricación se produce bajo todos los tipos de sistemas económicos; y es una actividad tan propia del ser humano que lo define como especie, siendo los restos de cultura material del Paleolítico los primeros testimonios de la presencia humana sobre la tierra, al ser más resistentes incluso que los restos anatómicos. (Marx, 1971)

La fabricación moderna incluye todos los procesos intermedios requeridos para la producción y la integración de los componentes de un producto. El sector industrial está estrechamente relacionado con la ingeniería y el diseño industrial. (DeGarmo & Black, 1994)

El proceso puede ser manual (origen del término) o con la utilización de máquinas y robots. Para obtener mayor volumen de producción es aplicada la técnica de la división del trabajo donde cada trabajador ejecuta sólo una pequeña porción de la tarea. Así, se especializa y economiza movimientos, lo que va a repercutir en una mayor capacidad de producción.

La manufactura se ha convertido en una porción inmensa de la economía del mundo moderno. Según algunos economistas, la transformación de insumos es una actividad que produce riqueza en una economía, mientras que el sector de servicios tiende a ser el consumo de la riqueza.

La producción industrial es fuente de prosperidad financiera de las economías mundiales emergentes, ya que logra impulsar la riqueza del país a través del fortalecimiento y crecimiento de empresas manufactureras, de manera que estas sean capaces de exportar productos competitivos, reinvertir en su propia expansión y generar empleos. (Martínez González - Tablas, 2007)

El arte de la valuación industrial se desarrolló desde 1890 cuando la expansión de industrias manufactureras alcanzaba su mayor auge en el continente europeo, y es a partir de entonces que los ingenieros, los industriales, los economistas y hasta los tribunales, empezaron a tener una participación activa en la valoración sistemática de los procesos de manufactura.

El área industrial reconoce la necesidad de un procedimiento administrativo, financiero, sistemático y teóricamente exacto, con el que se pueda justipreciar el valor de los procesos industriales, para fines de administración financiera, estimación de costos, análisis de inversión en tecnología y maquinaria, etc.

Se observa la tendencia estratégica en las industrias orientales que la valoración de todo proceso y operación de la producción ya no es responsabilidad única del departamento financiero y contable de los Corporativos, sino se forma un grupo multidisciplinario que involucra a los departamentos de ingeniería y desarrollo de productos y tecnología. (Castañeda & Barreda Marín, 2005)

Expertos en la aplicación de sistemas de calidad, mejora continua y manufactura esbelta esperan que el arte de la valuación en las industrias se perfeccione en América Latina, Norteamérica y Europa del Este, principalmente en la planeación de la adquisición de equipos y maquinaria industrial, en el diseño de nuevos productos y en los análisis financieros de las utilidades del negocio.

El principal reto de las empresas manufactureras con sus ingenieros industriales, mecánicos, economistas y jurisperitos será entender que el valor asignado a un proceso de manufactura, a una maquinaria, al diseño y desarrollo de nuevos proyectos puede o no concordar con el que le asignan los departamentos de contabilidad y finanzas. A partir de esto se infiere que toda industria manufacturera que adopte la actividad de la valuación de sus equipos y procesos de alto rendimiento debe invertir en la capacitación, desarrollo y perfeccionamiento de esta ciencia en el sector industrial.

Empresas como la British Petroleum Company, Exxon Mobil, Royal Dutch, Shell Group, Toyota Motor Corporation, France Télécom, Deutsche Telekom AG, IBM, Fiat Spa, Telefónica SA. Mitsubishi Corporation, Roche Group, entre otras empresas multinacionales han aumentado su notoriedad en la valoración de sus sistemas de producción, inventario de equipo y tecnología industrial, planeación y construcción nuevas plantas de producción y centros de distribución, equipo de transporte y mobiliario de oficina. (Hernández Romo, 2004)

El conocimiento de la ciencia de la valuación en las empresas manufactureras es esencial para la dirección de empresas, misma que ayuda a determinar qué estrategias empresariales aumentan el valor y utilidad de sus acciones en el mercado.

No se encuentran ajenos los responsables de entidades financieras con importantes carteras en participaciones industriales, estos deben familiarizarse con las técnicas de la valuación, ya sea para la toma de decisiones, la gestión y administración de inversiones o la estimación periódica de la participación en el mercado del negocio.

La dirección de empresas industriales tanto en oriente como en occidente, está adoptando métodos de valuación en los análisis de riesgo crediticio de los proyectos, en el estudio y validación financiera de nuevos procesos de manufactura, en el análisis de costos generados en la cadena de abastecimiento

de la industria, en la administración de inventarios de la empresa, en la determinación de los costos del forecast y proyección de ventas de nuevos productos en el mercado demandante. (Soldevila & Cordobés, 2008)

Grupos de trabajo de alto rendimiento y mejora continua están siendo capacitados en métodos de valuación, principalmente en la valoración de maquinaria y equipo, en el método de valuación por puntos aplicado a la localización y construcción de nuevas plantas de producción y centros de distribución, así como en la valuación financiera. (Pérez Cruz, 2010)

Los programas de capacitación en la valuación son tan estrictos y prioritarios para las empresas como la implementación de sistemas de manufactura esbelta, grupos de trabajo Kaizen, la metodología Six Sigma y la adopción de 5's de la empresa automotriz Toyota. (Rojo Ramírez, 2008).

II. REVISION DE LITERATURA

II.1 TERMINOLOGÍA

Para una mejor comprensión del lector de la literatura y conceptos utilizados durante el desarrollo del tema se describen a continuación los términos de mayor uso e importancia:

Maquinaria. Conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado. (Mouller, Krobas y Smith, 2005)

Proceso de manufactura. El conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. Se realizan en el ámbito de la industria. (Cortes Hermosilla, 2006)

Depreciación. La pérdida de valor debida a todos los posibles motivos incluyendo deterioro, y la obsolescencia funcional y económica. (Cortes Hermosilla, 2006)

Clasificación de maquinaria. Representa los activos más importantes de la propiedad personal en términos de valor. Los bienes que usualmente abarca esta categoría son unidades de equipo especializado, tecnología de aplicación y unidades o sistemas de procesos de manufactura. (Mouller, Krobas y Smith, 2005)

Obsolescencia funcional. Planificación o programación del fin de la vida útil de un producto o servicio de modo que este se torne obsoleto, no funcional, inútil o inservible tras un período de tiempo calculado de antemano, por el fabricante o empresa de servicios, durante la fase de diseño de dicho producto o servicio. (Cortes Hermosilla, 2006)

Obsolescencia económica. Reducción de deseabilidad de obtener la propiedad de algo, que surge por fuerzas económicas ajenas a ese algo. (Cortes Hermosilla, 2006)

Las líneas de envasado y empaque. Se especializan en contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías o gran cantidad de materiales en cualquier fase de su proceso productivo, así como para su distribución o venta. (Mouller, Krobas y Smith, 2005)

II.2 PROCESOS DE MANUFACTURA

La manufactura es una fase de la producción económica de los bienes. Consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo. También involucra procesos de elaboración de productos semimanufacturados o productos semielaborados (Keith, 2007).

La manufactura en el sentido de fabricación se produce bajo todos los tipos de sistemas económicos; y es una actividad tan propia del ser humano que lo define como especie, siendo los restos de cultura material del Paleolítico los primeros testimonios de la presencia humana sobre la tierra, al ser más resistentes incluso que los restos anatómicos. (Marx, 1971)

La fabricación moderna incluye todos los procesos intermedios requeridos para la producción y la integración de los componentes de un producto. El sector industrial está estrechamente relacionado con la ingeniería y el diseño industrial. (DeGarmo & Black, 1994)

El proceso puede ser manual (origen del término) o con la utilización de máquinas y robots. Para obtener mayor volumen de producción es aplicada la técnica de la división del trabajo, donde cada trabajador ejecuta sólo una pequeña porción de la tarea. Así, se especializa y economiza movimientos, lo que va a repercutir en una mayor capacidad de producción.

La manufactura se ha convertido en una porción inmensa de la economía del mundo moderno. Según algunos economistas, la fabricación es un sector que produce riqueza en una economía, mientras que el sector servicios tiende a ser el consumo de la riqueza.

La producción industrial es fuente de prosperidad financiera de las economías mundiales emergentes, ya que logra impulsar la riqueza del país a través del fortalecimiento y crecimiento de empresas manufactureras, de manera que estas sean capaces de exportar productos competitivos, reinvertir en su propia expansión y generar empleos. (Martínez González - Tablas, 2007)

En nuestro país La contribución de la Industria Manufacturera al Producto Interno Bruto (PIB) trimestral en el año de 2012 en nuestro país es en millones de pesos a precios corrientes de \$2,708,099 en el primer trimestre, de \$2,751,102 en el segundo trimestre, de \$2,760,311 en el tercer trimestre y \$2,789,603 para el cuarto trimestre, para un indicador anual de \$2,752,279. (Moisés Gutiérrez, entrevista personal, abril 17, 2013).

PRODUCTO INTERNO BRUTO. Composición de las Actividades Secundarias



Figura 1. Producto Interno Bruto. Fuente: Elaboración Propia

Por otra parte, en los proyectos de robustez de la industria manufacturera se reconoce el sector industrial la necesidad de una herramienta administrativa, financiera, sistemática y teóricamente exacta con la que se pueda justipreciar por medio de indicadores el valor de los procesos industriales. Los beneficios de este elemento serían otorgar mayores herramientas a la administración financiera y la estimación de los costos, a los análisis de inversión en tecnología y maquinaria, etc.

II.3 VALUACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA

El arte de la valuación industrial se implementó en el año de 1890 cuando la expansión de industrias manufactureras alcanzaba su mayor auge en el continente europeo, y es a partir de entonces que los ingenieros, los industriales, los economistas y hasta los tribunales, empezaron a tener una participación activa en la valoración sistemática de los procesos de manufactura. Actualmente en las industrias orientales se percibe que la valoración de todo proceso de producción ha dejado de ser competencia exclusiva del departamento financiero y contable

de los corporativos, la alta dirección suma a los departamentos de ingeniería, desarrollo de productos y tecnología. (Castañeda & Barreda Marín, 2005)

Expertos en la aplicación de sistemas de calidad, mejora continua y manufactura esbelta esperan que el arte de la valuación industrial en las empresas de manufactura se particularice en América Latina, Norteamérica y Europa del Este, principalmente en la planeación e instalación de nuevas líneas de producción, en la adquisición de equipos y maquinaria industrial, en el diseño de nuevos productos y en los análisis financieros de las utilidades del negocio.

El principal reto de las empresas manufactureras con sus ingenieros industriales, mecánicos, economistas y jurisperitos será entender que el valor asignado a un proceso de manufactura puede o no concordar con el que le asignan los departamentos de contabilidad y finanzas (Nieto Arreola, 2006). A partir de esto se infiere que toda industria manufacturera que adopte la actividad de la valuación en sus equipos de trabajo debe invertir en la capacitación, desarrollo y homologación de técnicas y criterios de esta ciencia en el área industrial.

II.4 ENFOQUE DE LA VALUACIÓN EN LA INDUSTRIA DE CLASE MUNDIAL

Empresas como la British Petroleum Company, Exxon Mobil, Royal Dutch, Shell Group, Toyota Motor Corporation, France Télécom, Deutsche Telekom AG, IBM, Fiat Spa, Telefónica S.A., Mitsubishi Corporation, Roche Group, entre otras empresas multinacionales han aumentado su notoriedad en la valoración de sus sistemas de producción, inventario de equipo y tecnología industrial, activos fijos, terrenos para la construcción de nuevas plantas de producción y centros de

distribución, equipo de transporte y mobiliario de oficina. (Hernández Romo, 2004)

El conocimiento de la ciencia de la valuación en el ramo industrial es esencial para la dirección de centros de negocios. Sirve de auxilio en determinar qué estrategias empresariales aumentan el valor y la utilidad de sus acciones en el mercado financiero.

Asimismo, los titulares de las entidades financieras y bursátiles con importantes carteras en participaciones industriales deben estar familiarizados con las técnicas de la valuación, ya sea para la toma de decisiones, la gestión y administración de inversiones o la estimación periódica de la participación de la unidad de negocio en el mercado. (Hernández Romo, 2004)

La dirección de empresas industriales tanto en oriente como en occidente están adoptando métodos de valuación en los análisis de riesgo crediticio de nuevos proyectos productivos, en el estudio y validación financiera de la implementación de nuevos procesos de manufactura, también en el análisis de los costos generados en la administración de la cadena de abastecimiento, incluyendo los inventarios y la proyección de ventas de nuevos productos en el mercado demandante. (Soldevila & Cordobés, 2008)

Grupos de trabajo de alto rendimiento están siendo capacitados en métodos de valuación, principalmente en la valoración de maquinaria y equipo, en el método de valuación por puntos aplicado a la localización y construcción de nuevas plantas de producción y centros de distribución, así como en la valuación financiera.

Los programas de capacitación en la valuación son tan estrictos y prioritarios para las empresas como la implementación de sistemas de manufactura esbelta, grupos de trabajo Kaizen, la metodología Six Sigma y la adopción de 5's de la empresa automotriz Toyota. (Rojo Ramírez, 2008).

II.5 LA VALUACIÓN EN LA INDUSTRIA MEXICANA

A partir del año de 2010 se identifica en las direcciones de administración, finanzas e ingeniería de los corporativos de las industrias mexicanas y transnacionales líderes en el sector de producción de bienes la directriz en sus planes estratégicos que los departamentos contables, de proyectos y de procesos incorporen y usen los conceptos de valuación como una herramienta que les permita evaluar el estado de mantenimiento de la maquinaria e instalaciones de producción, de la rentabilidad de las operaciones bursátiles en el mercado y les permita realizar una proyección de los costos de administración de inventarios tanto de materia prima como de producto terminado.

En nuestro país, empresas renombradas del sector de producción de artículos para el hogar, industrias de fabricación y desarrollo de tecnología visual, audio y computación, productores de material eléctrico e instituciones bancarias, han aumentado su demanda de servicios de valuación, principalmente en la definición del valor de sus procesos de manufactura, la rentabilidad de líneas de producción, valor de liquidación de maquinaria y equipo, definición del costo de reposición nuevo de maquinaria especializada, así como de avalúos de activos fijos y proyección financiera de nuevos proyectos productivos. (Rojo Ramírez, 2008).

Para satisfacer su demanda de servicios de valuación, las empresas contratan a despachos y peritos expertos que los asesoren y capaciten en el área financiera, contable y la definición de proyectos. Resultado de esta relación de negocios actual, los portavoces y representantes legales de las industrias reconocen a los despachos de valuación su profesionalismo y especialidad en la realización de avalúos de activos fijos e intangibles, inmuebles, fair market value, fiscale y catastrales, pero advierten su falta de especialidad en la valuación de los procesos de manufactura, en el manejo y conceptos de mantenimiento de

maquinaria especializada, así como el desconocimiento de conceptos de la ingeniería industrial.

La industria nacional refiere que entre sus principales proveedores de servicios de valuación cuentan con la asesoría y consultoría de especialistas en la conciliación del inventario físico de los activos fijos con el listado contable de la empresa, en la depreciación por componentes de los mismos y la clasificación de la información. A los despachos de valuación la industria les ha identificado que tienen como área de oportunidad su actualización en los conocimientos y aplicación de métodos de valoración para procesos de manufactura de clase mundial. Esto conlleva un profundo estudio de normas de calidad, métodos de producción, tecnología de desarrollo de software y aplicaciones computacionales.

Específicamente para la valuación de líneas de producción, las empresas en el mercado nacional utilizan los métodos como; costo de reproducción nuevo de la maquinaria y tecnología industrial, el costo de reposición nuevo, el costo de reposición depreciado, el valor de liquidación, de remate y chatarra. (Martínez, 2008). Los departamentos de ingeniería de procesos y proyectos son los más demandantes en la contratación de horas de asesorías y consultoría a los despachos de valuación para que integren a los protocolos de trabajo de estos grupos de trabajo multidisciplinarios los métodos de valuación que les permitan valorar sus líneas industriales. La visión de estos departamentos incluye determinar en la valoración cuál es la capacidad efectiva y de rendimiento de cada uno de los equipos de producción en la línea, así como identificar sus indicadores de productividad y rendimiento. (Nieto Arreola, 2006)

Los ingenieros de las empresas advierten que para valorar una línea de producción deben tomarse en cuenta los paros relacionados con la logística del proceso, mismos que impactan en un mayor desgaste del equipo, así como las pérdidas por rendimiento y su capacidad de diseño.

Por capacidad, rendimiento y logística de los procesos, debemos atender que la ingeniería industrial enlista como pérdidas por logística, a los bloqueos de los equipos, o paros momentáneos de una máquina que son consecuencia, por lo general, de un paro en el siguiente equipo en la línea de producción. Las fallas mayores y microparos. Las sequías, o aquellos momentos en que el equipo está preparado para operar pero no recibe el producto necesario. (P. Groover, 2002)

Ingenieros mecánicos, industriales y de procesos de manufactura de empresas altamente a la vanguardia tecnológica entienden la necesidad de auxiliarse con metodologías en ciencias para valorar sus procesos de producción. (Leidinger, 2007)

El gran reto de los próximos 5 años para las empresas que operan en nuestro país es contar con un sistema de valuación de sus procesos de manufactura, capaz de satisfacer requerimientos de indicadores estadísticos, financieros, contables y de ingeniería industrial.

II.6 MÉTODOS DE VALUACIÓN UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

En la actualidad las empresas manufactureras líderes en el mundo utilizan métodos establecidos por la ciencia de la valuación para valorar sus procesos productivos, tecnología aplicada, depreciación y vida útil de la maquinaria especializada involucrada en la transformación de insumos.

Entre los métodos que nos sugiere la valuación para calcular la depreciación y aprobados por la industria privada podemos citar el de la disminución de saldo; el método para calcular la depreciación según el cual la

tasa de depreciación se aplica a la disminución del saldo del activo cada año, en lugar del costo original.

También, se aplica el método de depreciación o línea recta, fórmula para calcular la depreciación en la que se divide el costo restándole el valor de recuperación entre el número de periodos fiscales de vida útil.

Se observa, principalmente en las industrias de occidente que los departamentos contables y financieros de las empresas utilizan el método de depreciación por suma de los dígitos del año. Esta fórmula aplica una tasa cambiante al costo y se le resta el valor de recuperación de un activo. La tasa se expresa como una fracción en la que el denominador sigue siendo igual a la suma de todos los dígitos de los años de vida útil, y el numerador, que decrece cada año, es igual a los años de vida útil que resten al inicio del año. (Imai Masaaki, 1998).

La administración contable en empresas europeas y de los Estados Unidos considera para la valuación de maquinaria y líneas de producción la obsolescencia económica de los sujetos a valorar, el costo histórico, su valor residual en relación al activo tangible y el valor de recuperación del bien. Para maquinaria de tecnología de punta se auxilian del cálculo de la obsolescencia funcional del equipo. (C. Laudon, 2004)

Al valorar una unidad de producción o un conjunto de equipos y maquinaria industrial, los departamentos de ingeniería así como las áreas administrativas de la empresa se enfocan en obtener el costo de reproducción nuevo, así como el costo de reposición nuevo y depreciado del bien. Las áreas contables se interesan más por reportar el valor de mercado que le corresponde al sujeto a valorar, así como su valor de liquidación, el valor de remate y su valor como chatarra.

Se identifica que la tendencia en las industrias manufactureras del Japón, China e India es desarrollar, incorporar e implementar nuevos métodos de valuación de los activos de la empresa para obtener un monto certero y homologado en los valores obtenidos tanto por el área de ingeniería y administrativa de la compañía. (L. Wheelen, 2007).

Generalidades de los métodos de valuación de maquinaria y equipo

La literatura de valuación de maquinaria y equipos industriales propone el método del costo, el cual es un análisis de valuación y tiene como base la siguiente premisa: un comprador bien informado no pagará más por un activo que el costo de la producción de un sustituto con la misma utilidad que el activo en cuestión. A este concepto también se le conoce con el nombre de Principio de Sustitución.

El método del costo considera que el máximo valor de un activo para un comprador bien informado es la cantidad que a la fecha se requiere para hacer un activo nuevo con una utilidad igual.

Cuando un activo no es nuevo, se debe ajustar el costo actual para que refleje todas las formas de depreciación atribuibles al activo a la fecha del avalúo.

La base del método del costo es para P.C.Jones & W.J. Hopp (2005) *"el costo de reproducción nuevo, o el costo de reposición nuevo, o una combinación de ambos"*. Es el punto de partida más común dentro de un proceso de valuación.

En un análisis de valuación, el método del costo tiene como base la recopilación en el mercado de datos relacionados con los activos que se estén valuando. También se le conoce como el Método de Comparación de Ventas.

El objetivo principal es determinar la deseabilidad de los activos. Para ello, se investigan ventas u ofertas recientes de activos similares que en ese momento existan en el mercado, a fin de establecer una indicación del precio más probable de venta de los activos que se estén valuando. (P.C.Jones & W.J. Hopp,2005).

Si los activos comparables no son exactamente similares a los activos en cuestión, es preciso hacer ajustes para que se aproximen lo más posible al sujeto.

Los ajustes que pueden hacerse son de antigüedad, condición y capacidad.

El método del ingreso considera que el valor se representa por el valor actual de los beneficios futuros derivados de la propiedad de un bien, y por lo general se mide mediante la capitalización de un nivel específico de ingresos. Este método tiene poca aplicación para estimar el valor de la maquinaria y el equipo.

Clasificación de la maquinaria

El contar con un grupo estandarizado de cuentas y clasificación para los bienes valuados, proporciona uniformidad y consistencia al trabajo. El rubro cuentas se define como agrupaciones generales de activos de naturaleza similar.

En un avalúo de una propiedad industrial, la clasificación elemental de activos sería probablemente la siguiente; terreno, construcción, maquinaria y equipo

El rubro de clasificaciones representa un desglose finito de cuentas. En ocasiones puede ser necesario utilizar las cuentas y clasificaciones del cliente.

Tanto las cuentas como las clasificaciones pueden estar sujetas a modificaciones, sujetas en 4 parámetros; activos fuera de la planta, activos no

inspeccionados, activos rentados y activos no productivos. (Mouller, Krobas y Smith, 2005).

Generalidades de la clasificación de la maquinaria

La clasificación de maquinaria por lo general representa los activos más importantes de la propiedad personal en términos de valor. Los bienes que usualmente abarca esta categoría son unidades de equipo especializado, tecnología de aplicación y unidades o sistemas de procesos de manufactura. (Mouller, Krobas y Smith, 2005).

La clasificación de cableado de control y eléctrico incluye el tendido de cable en la planta, interruptores, tableros de distribución, protectores de circuito, interruptores de seguridad, ducto o barra colectora, cajas de enlace, transformadores, etc. que se utilice para distribuir energía eléctrica y señales de control al equipo que se opere electrónicamente. También se debe de incluir el equipo de la subestación eléctrica, si es propiedad del cliente. De igual modo, esta clasificación puede abarcar las cimentaciones de concreto y plataformas necesarias para sostener el equipo, así como el alambrado que sirva como cerco de seguridad.

La tubería para procesamiento se deberá emplear cuando se utilicen sistemas de procesos de fabricación, por ejemplo la refinería de petróleo, procesadoras de alimentos, fabricas de papel, fluidos de líquidos, etc.

La tubería de la planta se reserva para instalaciones industriales no relacionadas con procesos de manufactura.

La categoría de equipo general de planta se incluyen principalmente las piezas de bajo costo que son necesarias para la operación de la planta, tales

como mobiliario y accesorios de la planta, bancos, rejillas y casilleros, básculas, anaqueles, carretillas, etc. (Mouller, Krobas y Smith, 2005).

Los vehículos de planta incluyen vehículo sin licencia para circular por la vía pública, tales como los sistemas de vehículos de manejo y transporte de materiales.

La categoría de equipo de laboratorio incluye todo lo necesario para la operación de un laboratorio o centro de pruebas; mesas, campana extractoras de humo, sistemas de ventilación, espectrógrafos, hornos, destiladores, probetas, etc.

El mobiliario y accesorios de oficina abarcan escritorios, mesas, sillas, archiveros, gabinetes, cajas de seguridad, etc.

En herramientas esta clasificación se divide en herramienta de larga y corta duración.

Determinación de precios, material de referencia para el valuador de maquinaria y equipo.

En cualquiera de los ramos del trabajo de avalúo, quien lo realiza deberá buscar material de referencia y material para determinación de precios.

Todo valuador de maquinaria y equipo debe tener acceso fácil a un acervo de catálogos, listados y literatura especializada sobre precios y referencias. Esta colección debe ser sistemática y debe incluir datos actualizados. Este apoyo de consulta es fundamental para asegurar la validez de las opiniones sobre valor. Dicha información es la columna vertebral del avalúo y deben tenerse muy a la mano en caso de que se requiera alguna justificación o intervención gubernamental.

La base de datos de material de precios y referencias debe contener; manuales con especificaciones de fabricantes, catálogos de fabricantes, lista de precios de fabricantes, lista de precios de distribuidores y proveedores, guías de precios publicadas, guías de referencias sobre números de serie, precio base de máquinas, libros de referencia.

También pueden obtenerse materiales de referencia y precio de; fabricantes y proveedores, distribuidores de maquinaria nueva y usada, exhibiciones y ferias de los diversos ramos, guías publicadas sobre precios, facturas de clientes, periódicos, subastadores, archivos antiguos.

Depreciación

Es la pérdida de valor debida a todos los posibles motivos incluyendo deterioro, y la obsolescencia funcional y económica.

Para determinar la depreciación física del sujeto a valorar debe realizarse una inspección del estado del equipo dando atención especial a las condiciones físicas.

Las condiciones físicas que afectan el valor son el deterioro por edad, desgaste por uso, fatiga, esfuerzos, exposición a la intemperie y falta de mantenimiento.

El desgaste es una condición física que se proporciona al uso no a la antigüedad cronológica. El aspecto externo de una máquina tal vez no refleje necesariamente su condición física y por eso la terminología subjetiva como "sucia", "grasosa", "polvorosa", etc. no es apropiada para describir la condición ni constituye indicaciones confiables de la vida útil de operación inherente a la

propiedad o la longitud de servicio que ha prestado hasta la fecha. (Cortes Hermosilla, 2006)

Al inspeccionar una máquina, uno debe notar si es reconstruida, o si requiere reconstrucción o reparación. Muchas veces las piezas que se someten al desgaste quedan ocultas detrás de carcasas y tapas. Por ello, es obligatorio que el valuador se reúna con el supervisor o líder de mantenimiento y revisen, comenten los hallazgos considerables que revelen el estado del equipo antes de salir de la propiedad y emitir un valor.

Al reconstruir cualquier tipo de maquinaria, esta se considera al 85% de su capacidad original.

El deterioro no es más que desgaste, o el agotamiento de un activo debido a su uso.

La mejor regla que se debe seguir para determinar y concluir sobre el deterioro físico y es el apoyo en los hechos y circunstancias pertinentes a la máquina en cuestión.

La forma en que un valuador puede medir el deterioro físico objetivamente es basándose en su experiencia en campo. Al hablar del deterioro físico, es necesario asegurarse de que sea únicamente el desgaste físico el que se mida y no el desgaste físico sumado a algún factor de pérdida funcional o falta de utilidad. (Cortes Hermosilla, 2006)

Una medida del deterioro físico proviene de la incapacidad de una máquina para desempeñarse según su capacidad y tolerancias de diseño. Debe ejercerse extremo cuidado por parte del valuador para determinar: si la incapacidad para cumplir con el diseño en cuanto a producción es función de la máquina o debido al programa de producción.

Obsolescencia funcional

Se da por causas internas, y se define como pérdida de valor provocada por condiciones de la planta.

La obsolescencia funcional es un impedimento que reduzca la capacidad o eficiencia funcional. Es provocada por factores de incremento en la capacidad de producción, inadecuación de las instalaciones físicas, actualizaciones y novedades tecnológicas que afecta a esa máquina en particular, o cambios en su relación con otras piezas de equipo dentro de la planta en general. (Cortes Hermosilla, 2006)

La obsolescencia es la incapacidad de un elemento para desempeñarse adecuadamente en la función que se le requiere en la actualidad. La obsolescencia funcional puede ser reparable o irreparable. (Cortes Hermosilla, 2006)

Las causas de la obsolescencia funcional son la falta de utilidad, el exceso de capacidad, el cambio de diseño del modelo y eficiencia.

Obsolescencia económica

Se da por causas externas, es la pérdida de valor o reducción de deseabilidad de obtener la propiedad de algo, que surge por fuerzas económicas ajenas a ese algo. (Cortes Hermosilla, 2006)

Estas fuerzas incluyen factores como la legislación, cambios en el uso, cambios sociales o cambios en la oferta y la demanda.

Las causas de la obsolescencia económica se enlistan por conceptos administrativos-gerenciales, disponibilidad de materia prima, disponibilidad de mano obra, acceso al mercado, reglamentaciones gubernamentales y capacidad de generación de ingreso.

Análisis de antigüedad y vida

Este análisis es parte del proceso mediante el cual se puede establecer la vida útil restante de una propiedad y en consecuencia de su valor. En el sentido más amplio, la depreciación en la línea recta es la que generalmente se considera. Este análisis establece el ciclo de la vida aritmético de los activos en la fecha del avalúo. Al realizarse ajustes en cuanto a las condiciones observadas debidas al uso, condiciones físicas y obsolescencia, este análisis puede convertirse en una herramienta de utilidad para la investigación de valor. Un estudio de análisis de antigüedad y vida implica un examen de archivos de clientes, determinación de la vida útil normal, establecimiento de un programa de depreciación y determinación de la vida útil restante y la determinación matemática de la depreciación.

Siempre que sea posible la obsolescencia funcional puede ser mejor con base en la diferencia entre el costo de reproducción de un artículo nuevo y el costo de reposición nuevo del mismo. (Cortes Hermosilla, 2006)

La diferencia es una medida de la obsolescencia funcional y económica. Hecho este ajuste corresponde efectuar una deducción por deterioro físico. Se tendrá que efectuar un ajuste por fletes, instalaciones y cualquier otro costo diverso.

Un activo pudiera tener una vida normal de 20 años, de los cuales 15 años ya transcurrieron, pero si la inspección nos revela que no sufrió la cantidad normal de deterioro y obsolescencia durante esos años, la vida útil restante puede ser de 10 años o más. Por el contrario un activo puede tener una vida normal de 20 años y una vida cronológica transcurrida ya de 15 años, pero si las inspección revela un exceso de deterioro o una obsolescencia extraordinaria por el uso en esos años, la vida real transcurrida pudiera ser de 18 años y restarle sólo dos años de vida útil. (Cortes Hermosilla, 2006)

Cuando se trata de artículos relativamente nuevos con poca vida transcurrida y donde no se ha producido casi obsolescencia alguna, esperamos que la vida total, normal y útil restante estén cercanos entre sí.

La vida total es la extensión de la expectativa normal de vida por efecto de uso en el pasado, mantenimiento por encima del promedio, equipos agregados, reconstrucciones y reemplazos actualizados que permiten que el activo en cuestión siga siendo eficaz en cuanto a costo, si se le compara con el que representa la tecnología actual.

Al establecer la vida útil restante, las categorías de la depreciación y los aspectos económicos de la rehabilitación deberán ser tomados en cuenta. Las causas reparables o irreparables deben investigarse, desglosarse y calcularse, estas categorías son el deterioro físico, obsolescencia funcional y la obsolescencia económica.

Los activos industriales son ineficientes funcionalmente siempre que sus servicios pudieran ser prestados de manera más eficaz o económico por otras unidades del mismo diseño o de otro distinto. (Mouller, Krobas y Smith, 2005)

Durante la inspección física del equipo, uno debe de tomar nota de todos los artículos o grupos de artículos que no se utilizan o se utilizan insuficientemente.

La capacidad excesiva es otra forma de obsolescencia funcional. Por ejemplo, los requerimientos de vapor de una planta que bastasen con una caldera de 500 caballos y en lo que el cliente estuvo utilizando una unidad de 1000 caballos. La diferencia de 500 caballos se considera una capacidad excesiva, y el avalúo de la unidad se realiza tomando en cuenta dicha capacidad. (Cortes Hermosilla, 2006)

La diferencia del costo de reposición nuevo entre el valor de mercado nos da la depreciación por todas las causas físicas, funcional y económica.

La edad efectiva de un bien cambia con respecto al uso, al abandono y a la falta de mantenimiento.

La vida útil total menos la vida útil remanente nos da la edad real del bien.

(1)

$$V.U.T. - V.U.REM. = E.R.$$

La edad real entre la vida útil total nos da el porcentaje de depreciación física.

(2)

$$E.R. / V.U.T. = \% \text{ DE DEPRECIACIÓN FÍSICA}$$

El valor de reposición nuevo menos el mismo valor de reposición nuevo afectado por el porcentaje de depreciación física nos da el valor nuevo de reposición.

(3)

$$V.R.N. - V.R.N. * \% \text{ DE DEPRECIACIÓN FÍSICA} = V.N.R$$

II.7 NUEVOS MÉTODOS DE VALUACIÓN DE MAQUINARÍA Y EQUIPO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

Indicadores de productividad industrial

Se desarrollará y argumentará en esta tesis que dichos nuevos métodos a incorporar sean los conceptos del indicador de la Eficiencia General de los Equipos, OEE por sus siglas en inglés, a la valoración del rendimiento, la capacidad y eficiencia real de la operación de los procesos y maquinaria especializada.

Para poder mejorar cualquier proceso, ya sea productivo o de negocio, es necesario primero poder medirlo. (Imai Masaaki,1998).

Medir ciertas características de un proceso es lo que nos permite saber dónde nos encontramos, antes, durante y después de una iniciativa de mejora y, en su caso, nos indica qué tan benéfica ha sido.

Existen numerosos indicadores de desempeño que le permiten a una empresa conocer su desempeño en los procesos de manufactura y la administración financiera. Uno de ellos es el indicador llamado OEE que mide la eficiencia en la productividad de un equipo o línea de producción. (Belohlavek, 2005)

La métrica OEE informa sobre el desempeño y rendimiento de los procesos de producción y equipos principales de manufactura. También es útil para identificar las pérdidas y cuellos de botella del proceso. (Belohlavek, 2005)

En el área estratégica enlaza las operaciones de la planta y la toma de decisiones financieras, esto permite justificar cualquier decisión directiva acerca de nuevas inversiones en proyectos productivos. Además, las previsiones

periódicas del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos de producción, servicios, etc. (Stamatis, 2006)

El OEE está basado en identificar el 100% de la producción programada e identificar las pérdidas por disponibilidad, rendimiento y calidad durante el proceso de producción. Estas pérdidas están constituidas normalmente por micro paros, velocidades instantáneas reducidas y pérdidas por logística del producto. (D.H.Stamatis, 2010).

Los paros por logística de producto son aquellos micro paros que afectan el rendimiento y por ende la efectividad de un proceso productivo como también de la maquinaria especializada, acelerando el deterioro mecánico de los equipos. Se tienen identificados principalmente cuatro tipos de paros relacionados con la logística: bloqueos, sequías, falta de suministros externos a la línea y velocidades reducidas. (McCarthy, 2004)

Los bloqueos son paros momentáneos de una máquina debido por lo general a un paro en el siguiente equipo en la línea de producción o porque el transportador que los une se ha saturado con producto.

Las sequías se refieren a aquellos momentos en que el equipo está preparado para operar pero no recibe los insumos necesarios.

La falta de suministros se refiere a los paros instantáneos por falta de un material que debe alimentarse a la propia línea de producción. Ejemplos; cartón en una empacadora, rollos de etiqueta para el etiquetado, etc. (J. Robinson, 1995)

Las velocidades reducidas son desaceleraciones momentáneas programadas en sensores ubicados en la línea que buscan proteger los equipos principales de continuos paros y arranques cuando se ha producido una falla. Por lo tanto, estos también se consideran problemas de logística de producción.

Aplicaciones del OEE

El indicador OEE es una cifra porcentual que representa las eficiencias de una celda de trabajo o línea de producción. Finalmente, el OEE es el Indicador para cumplir con los requisitos de calidad y de mejora continua exigidos por la Certificación ISO 9001.

Tabla 1.
Clasificación Mundial de OEE

CLASIFICACIÓN OEE		
% DE OEE	CLÁSIFICACIÓN	CLÁSIFICACIÓN
OEE < 65%	Inaceptable. Muy baja	Se producen importantes pérdidas económicas.
65% < OEE < 75%	Baja competitividad.	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Competitividad ligeramente baja.	Continuar la mejora para avanzar hacia la World Class.
85% < OEE < 95%	Buena competitividad.	Entrar en valores de World Class.
OEE > 95%	Excelente competitividad.	Valores de World Class.

Fuente: Elaboración propia.

Hoy en día, las empresas de clase mundial dan puntual atención a la medición de las pérdidas en productividad ya que es bien sabido que “no puedes mejorar lo que no puedes medir”. A pesar de que cada usuario puede tener un nombre distinto para su sistema de reporte de eficiencias, o clasificar de manera distinta los paros en su línea, es importante identificarlos para mejorarlos.

Los paros mayores en las máquinas especializadas merecen la atención de los departamentos de mantenimiento o de suministros. Las pérdidas por scraps y retrabajos, también ocupan la atención de los departamentos de calidad.

El OEE está basado en identificar el 100% de la efectividad con respecto a la producción programada y cuantificar las pérdidas por disponibilidad, rendimiento y calidad. Las pérdidas por rendimiento están constituidas normalmente por velocidades reducidas, fallas menores de máquina y micro-paros. (D.H.Stamatis, 2010).

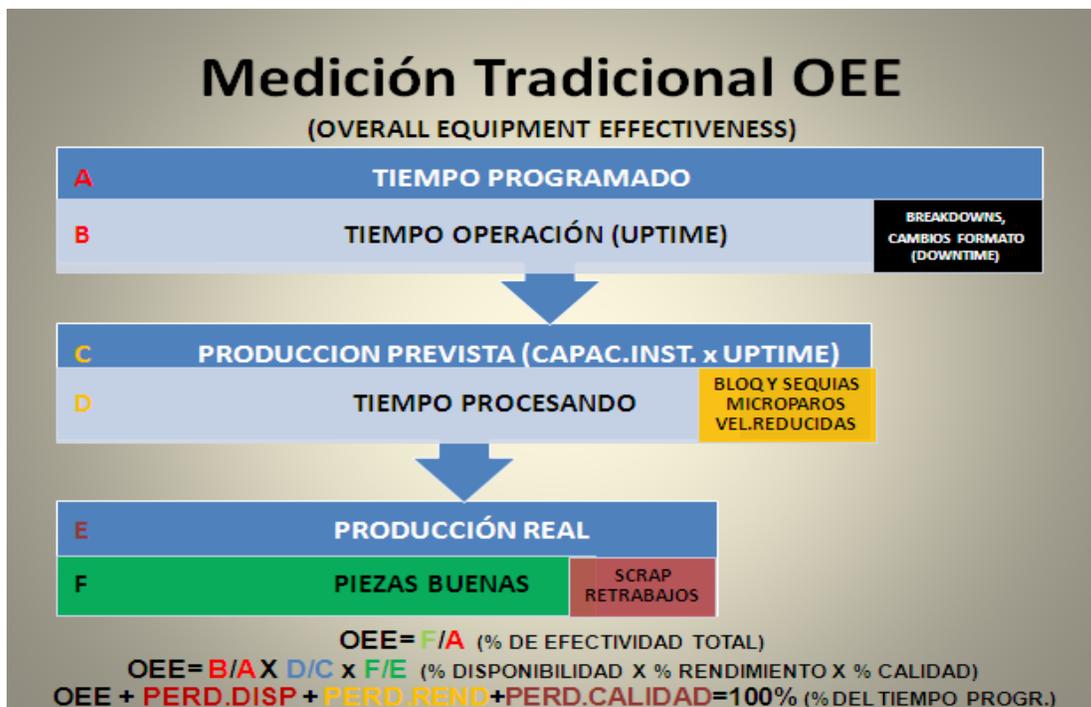


Figura 2. Medición del OEE. Fuente: (D.H.Stamatis, 2010)

Cálculo del OEE

El OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad.

(4)

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

Clasificación del OEE

El valor de OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta respecto a las mejores en su clase. Es una herramienta que indica si un determinado proceso ha alcanzado un nivel de excelencia.

OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación.

Considera 6 grandes pérdidas; paradas/averías, configuración y ajustes, pequeñas paradas, reducción de velocidad, rechazos por puesta en marcha, rechazos de producción. (D.H.Stamatis, 2010).

Las dos primeras grandes pérdidas, paradas/averías y ajustes, afectan a la disponibilidad. Las dos siguientes grandes pérdidas; pequeñas paradas y reducción de velocidad, afectan al rendimiento y las dos últimas grandes pérdidas afectan a la calidad.

Criterio de disponibilidad

La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la máquina o la línea podrían haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (Tiempo Planificado de Producción: TPO) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan paradas planificadas.

Incluye; pérdidas de tiempo productivo por paradas y pérdidas de tiempo debidas a configuración y ajustes tanto al equipo como a la línea de producción. (D.H.Stamatis, 2010).

Tabla 2.

Disponibilidad

Disponibilidad		
Incluye	Cálculo	Ponderación
Pérdidas de Tiempo Productivo por Disponibilidad.	$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TP}) \times 100$ <p>Donde: TO=Tiempo de Operación TP= Tiempo Programado</p>	La Disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

Fuente: Elaboración propia

Criterio de rendimiento

El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina. (Feld William M.,2001)

Siendo:

- Capacidad Nominal, Machine Capacity, Nameplate Capacity, Ideal Run Rate, Theoretical Rate: Es la capacidad de la máquina/línea declarada en la especificación (DIN 8743). Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a Rendimiento Ideal (Máximo / Óptimo) de la línea/máquina. Se mide en Número de Unidades / Hora En vez de utilizar la Capacidad Nominal se puede utilizar el Tiempo de Ciclo Ideal.

- Tiempo de Ciclo Ideal, Ideal Cycle Time, Theoretical Cycle Time: Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

La Capacidad Nominal o tiempo de Ciclo Ideal, es lo primero que debe ser establecido. En general, esta capacidad es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o el proceso productivo (Feld William M.,2001). Es mejor realizar ensayos para determinar el verdadero valor. La capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto (incluyendo formato y presentación). Pueden presentarse dos casos:

- a) Existen datos. Será el valor máximo especificado por el OEM9 para la máquina o línea. No existen datos.
- b) Se elige entonces como valor el correspondiente a las mejores 4 horas de un total de 400 horas de funcionamiento.

El valor será siempre el referido al producto final que sale de la línea.

El rendimiento, tiene en cuenta todas las pérdidas de velocidad (breakdowns). Se mide en tanto por un tanto por ciento del ciclo real o capacidad real con respecto a la ideal.

(5)

Rendimiento = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / N° Total Unidades)

Tabla 3.

Rendimiento

Rendimiento		
Incluye	Cálculo	Ponderación
Pérdidas de valocidad por fallas menores de Máquina.	$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción Real/Tiempo de operación}}{\text{Capacidad Instantanea}}$ $\frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Prevista}}$	El redimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente
Pérdidas de velocidad por velocidades reducidas.		
Péridas por Microparos: Bloqueos, Sequías, Faltas		

Fuente: Elaboración propia

Criterio de Calidad

Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de paradas, downtime, ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes. (D.H.Stamatis, 2010).

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas de Calidad, igual al número de unidades malas fabricadas.
- Pérdidas de Tiempo Productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

Y adicionalmente, en función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

- Tiempo de reprocesado.
- Coste de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

Enumerar todas las pérdidas de calidad en el producto. Se mide en tanto por un tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

Las unidades producidas pueden ser conformes, buenas, o no conformes, malas o rechazos. A veces, las unidades no conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades conformes. La OEE sólo considera buenas las unidades que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse rechazos, es decir, malas. (D.H.Stamatis, 2010).

Por tanto, la calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas retrabajadas o desechadas.

Tabla 4.

Calidad

Calidad			
	Incluye	Cálculo	Ponderación
Pérdidas por Calidad.	Número de unidades mal fabricadas Pérdidas de tiempo productivo	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades conformes}}{\text{N}^\circ \text{ de unidades totales}}$	La calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.
Tiempo de reprocesado.	Pérdidas de tiempo productivo		
Coste de tirar, reciclar las unidades defectuosas.			

Fuente: Elaboración propia

Con los conceptos y exposiciones teóricas desarrolladas, aunados a los métodos que aporte la ciencia de la valuación las empresas establecidas en nuestro país y en otras divisiones mundiales valorarán con mayor certeza equipos industriales e unidades de producción. Utilizar el indicador descrito aportará beneficios tales como el contar con información que determine el nivel real de utilización de la capacidad actual productiva del proceso, la pérdida real de

capacidad y rendimiento en las máquinas de las líneas de producción. Esto permitirá contar a los entes tomadores de decisiones con los medios técnicos probados para la definición y justificación de nuevas inversiones productivas, ventas y compra de equipos especializados.

II.8 MEDICIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS

Para Imai Masaaki (1998) *“Lo que no se Mide, no se Mejora”* es un enunciado básico de los Sistemas Modernos de Manufactura. Existen diversos sistemas de adquisición de Datos en el Mercado.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

Existen sistemas de adquisición de datos de tipo manual y automático. En el primer tipo, la información es tomada por el mismo operador y, más tarde capturada en bases de datos. Es natural pensar que parte de la información pudiera estar sesgada de acuerdo al criterio del mismo operador. En un sistema automático de adquisición de datos la mayor parte de la Información es captada automáticamente. Sin embargo los sistemas requieren que parte de dicha clasificación también sea capturada en pantalla por el mismo operador. De ahí

que el registro de interferencias y paros por logística que impactan en el flujo, son difíciles de registrar y discriminar. (Imai Masaaki, 1998)

Algunos de los sistemas de adquisición de datos disponibles en el mercado son: Factory Talk Metrics de Rockwell Automation, o el Proficy Historian de GE Fanuc, SCADA, Wonderware, etc.

II.9 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Los procesos de adquisición de datos cuentan cinco principales atributos importantes para asegurar su fiabilidad y maleabilidad estadística. Estos atributos son los datos, la adquisición de información, el sistema de adquisición a usarse, los bits de resolución y el rango de datos adquiridos.

El dato, es una representación simbólica (numérica, alfabética...), atributo o característica de un valor. No tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente tratado (procesado) se puede utilizar en la relación de cálculos o toma de decisiones.

La adquisición debe ser recogida de un conjunto de variables físicas, conversión en voltaje y digitalización de manera que se puedan procesar en un ordenador.

El sistema es un conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas. Una vez que las señales eléctricas se transformaron en digitales, se envían a través del bus de datos a la memoria del PC. Los bits de resolución son el número de bits que el convertidor analógico a digital (ADC) utiliza para representar una señal.

Cuando los datos están en la memoria pueden procesarse con una aplicación adecuada, archivarlas en el disco duro, visualizarlas en la pantalla, etc.

Los componentes de los sistemas de adquisición de datos, poseen sensores adecuados que convierten cualquier parámetro de medición de una señal eléctrica, esta misma señal es adquirida y procesada por el hardware de adquisición de datos.

El Rango distingue entre los valores máximo y mínimo entre los que el sensor, instrumento o dispositivo funcionan bajo las especificaciones previamente fijadas.

Los datos adquiridos se visualizan, analizan, y almacenan en un ordenador, ya sea utilizando el proveedor de software suministrado u otro software. Los controles y visualizaciones se pueden desarrollar utilizando varios lenguajes de programación de propósito general como VisualBASIC, C++, Fortran, Java, Lisp, Pascal, entre otros.

Los lenguajes especializados de programación utilizados para la adquisición de datos incluyen EPICS, utilizada en la construcción de grandes sistemas de adquisición de datos, LabVIEW que ofrece un entorno gráfico de programación optimizado para la adquisición de datos, etc. Estos entornos de adquisición proporcionan un lenguaje de programación además de bibliotecas y herramientas para la adquisición de datos y posterior análisis como lo puede ser la aplicación MATLAB.

Un sistema típico de adquisición utiliza sensores, transductores, amplificadores, convertidores analógico - digital (A/D) y digital - analógico (D/A), para procesar información acerca de un sistema físico de forma digitalizada.

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

III.1 HIPOTESIS

El indicador denominado Eficiencia General de los Equipos será un nuevo método de la valoración de equipo y maquinaria que permitirá cuantificar por medio de una relación porcentual la eficiencia productiva de la maquinaria industrial, considerando todos los parámetros fundamentales de la operación industrial; la disponibilidad, la eficiencia y calidad.

III.2 OBJETIVOS

Aplicar el método de la Eficiencia General de los Equipos en una línea de producción de envasado de la industria manufacturera para valorar por medio de este indicador la eficiencia productiva real de la operación y maquinaria especializada.

IV. METODOLOGIA

IV.1 SUJETO DE ESTUDIO

El sujeto de estudio principal es cualquier sistema de manufactura sujeto a la valuación de proceso.

Participan las líneas de transformado, envasado y empaque. Aplica de manera importante en líneas de ensamble y manufactura.

Líneas de ensamble y transformado

Las líneas de ensamble tienen como característica principal basarse en la capacidad de utilizar la energía mecánica para la producción de bienes. A través del tiempo este sencillo concepto representó grandes cambios a nivel tecnológico y social, creó una clase media creciente y nos llevó de la producción en masa hasta la especificación de productos "a gusto".

La gama de productos parcial o totalmente ensamblados sobre las líneas incluyen juguetes, herramientas, autos, ropa y una gran variedad de artículos electrónicos. De hecho se podría decir que cualquier artículo que tenga múltiples partes y que se produzca en gran volumen utiliza las líneas de ensamble en algún grado.

Líneas de envasado y empaque

Las líneas de envasado y empaque se especializan en contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías o gran cantidad de materiales en cualquier fase de su proceso productivo, así como para su distribución o venta.

Otra función importante de estas las líneas es proteger y preservar los alimentos de la contaminación con bacterias y otros microorganismos.

IV.2 GENERALIDADES DE LA METODOLOGÍA

Muestreo, observación, documentación y selección de sujetos de estudio.

Se realizó una muestra representativa de las empresas trasnacionales y nacionales líderes en el mercado mexicano para conocer sus metodologías de valuación de sus procesos de producción.

Se documentó las metodologías más comunes utilizadas en la industria manufacturera en la valuación de maquinaria y equipo, así como las restricciones a las que se enfrentan al conciliar la valoración de un proceso de manufactura y maquinaria especializada, particularmente en el área de ingeniería y los departamentos financieros y contables.

Como prioridades teóricas se documentó la teoría del indicador OEE y las teorías de interferencias en flujo de producción y paros por logística en el producto que generan un detrimento en el estado de conservación de la maquinaria y equipo.

Finalizado el proceso de muestreo, observación y documentación, se seleccionó a las empresas aptas a ser sujetos de estudio. El primer sujeto es una empresa dedicada a la comercialización y fabricación de productos para el cuidado personal y artículos para el hogar, y como segundo sujeto una empresa multinacional alimenticia que elabora alimentos para el desayuno, cereales y galletas.

Actividades particulares en los sujetos de estudio

Se identificó en los dos sujetos de estudio el impacto de la valoración de los procesos de manufactura y equipo especializado mediante nuevos métodos de valuación.

Se seleccionó en los sujetos de estudio los proyectos de ingeniería orientados a la valuación de la capacidad real, obsolescencia, depreciación y vida útil de maquinaria especializada y procesos industriales.

Se comprobó los beneficios de la implementación de nuevos indicadores que permitan complementar los métodos de valoración para determinar la capacidad real de producción y pérdidas por rendimiento en maquinaria y equipo, así como en procesos de producción. La valoración se enriquece con herramientas propias de la ingeniería industrial y de procesos, tales como la estadística y análisis de operaciones.

Se cumplió con la observación del rendimiento de las unidades de producción, maquinaria y equipo de las líneas seleccionadas. Para ello se realizaron juntas con los grupos multidisciplinarios de Ingeniería de proyectos y Producción, el objetivo de las sesiones de trabajo fue la recopilación de información general y programación de la toma de Datos del Estudio, tales como:

- a) Layout de la línea con listado de equipos y especificaciones de diseño.
- b) Características de producto y método de realizar la medición.
- c) Descripción y parámetros de operación del equipo y línea de producción.
- d) Resumen de objetivos específicos del estudio y la metodología de uso.
- e) Se instaló equipo móvil y dispositivos de adquisición de datos del flujo de producción en la línea y equipos sujetos a valoración, tal como sensores,

reflectores, módulos repetidores, PLC y equipo de computo con software industrial específico para monitoreo de procesos de producción.

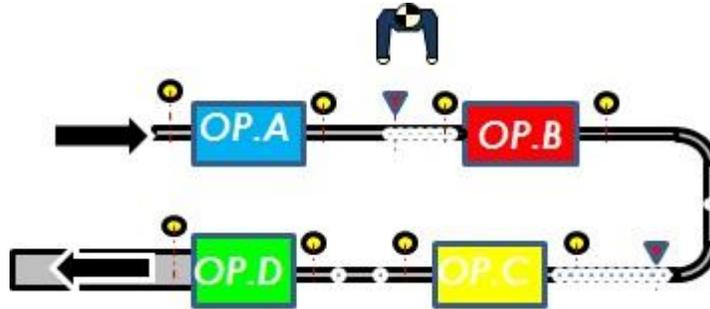


Figura 3. Adquisición móvil de datos, registro de estados. Fuente: Elaboración propia.

Se colocaron sensores a la entrada y salida de cada una de las máquinas que componen el proceso de producción de la línea y como resultado de la combinación de las dos señales, se determinó los cuatro estados de la máquina o equipo de producción, que serían:

Tabla 5.
Estado de sensores

ESTADO	SENSOR DE ENTRADA	SENSOR DE SALIDA	OBSERVACIONES
OPERANDO	Parpadeando	Parpadeando	
BLOQUEO		Señal retenida	
SEQUIA	Sin sensado	Sin sensado	
PARO DE MÁQUINA	Sin cambio	Sin sensado	
OPERADOR O MATERIAL	Sin cambio	Sin sensado	Más registro del operador

Fuente: Elaboración propia.

Mediante métodos estadísticos se determinó el tamaño de la muestra o la ventana de tiempo en que el sistema de adquisición de datos registraría los estados que se presenten durante el flujo de producción.

El tamaño adecuado de la muestra de una población dada está determinado en gran medida por tres factores: la prevalencia estimada de la variable considerada, el nivel deseado de fiabilidad y el margen de error aceptable.

Para calcular el tamaño de la muestra para una población finita y conocida se utilizó la siguiente fórmula.

(6)

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

En donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

z: valor correspondiente a la distribución de gauss

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar

q: 1 – p (si p = 70 %, q = 30 %)

i: error que se prevé cometer si es del 10 %, i = 0.1

Contemplando un 95% de nivel de confianza la ventana de tiempo para la adquisición de datos debe ser igual a 5 horas en donde el proceso sea continuo en la línea de producción.

Durante la toma de datos sobre las líneas de producción en tiempo Real se generaron las siguientes bases de datos:

- a) Listado de Micro y Macro Paros de cada máquina del proceso de producción, así como su velocidad calculada de operación del Equipo.
- b) Listado de los micro paros originados por Logística en cada Equipo.

c) Registro manual de paros por suministros a la línea o faltas de operador.

Toda la Información se capturó en la base de datos de una computadora portátil. El sistema es capaz de discriminar los estados durante la medición, separar los eventos de cada Máquina y dejarlos disponibles para el análisis.

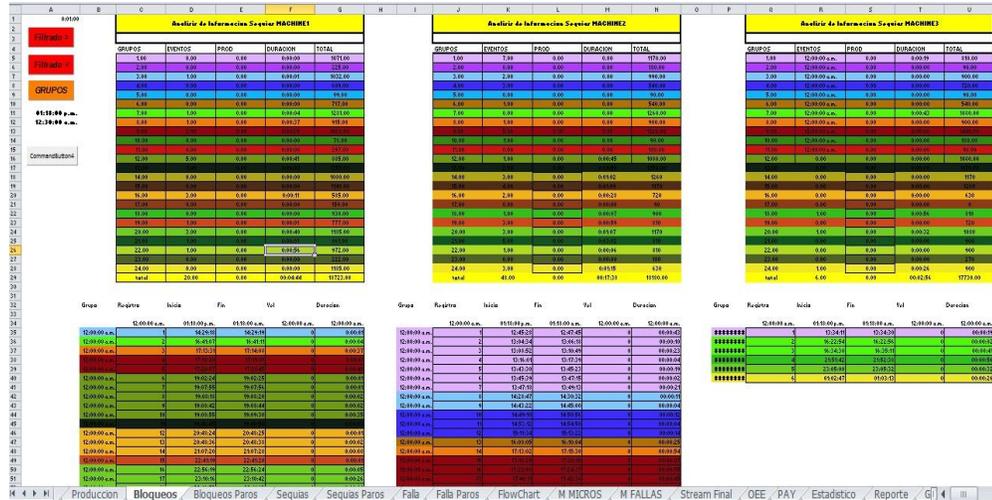


Figura 4. Aplicación para análisis de base de datos. Fuente: Elaboración propia

Se analizaron los datos adquiridos orientados a determinar por medio del indicador propuesto la capacidad, rendimiento y efectividad de la maquinaria y proceso de manufactura de la línea. Por el análisis de datos y diagnóstico de la operación, herramientas matemáticas y estadísticas se obtuvieron los siguientes datos:

- Identificar las interferencias y pérdidas durante el proceso que merman la eficiencia, rendimiento y capacidad productiva del equipo especializado, reduciendo su vida útil lo que repercute en la obsolescencia de su tecnología y partes que la componen.
- Determinar los niveles reales de utilización de la capacidad de un proceso productivo como de su maquinaria.

IV.3 APLICACIÓN DE ESTUDIO

“Valuación de capacidad y rendimiento de un proceso productivo y sus equipos especializados”

Antecedentes

Se llevo a cabo el estudio de la línea B en una Planta Envasadora de México, en el municipio San José el Alto, Guanajuato, que se muestra en el layout a continuación.

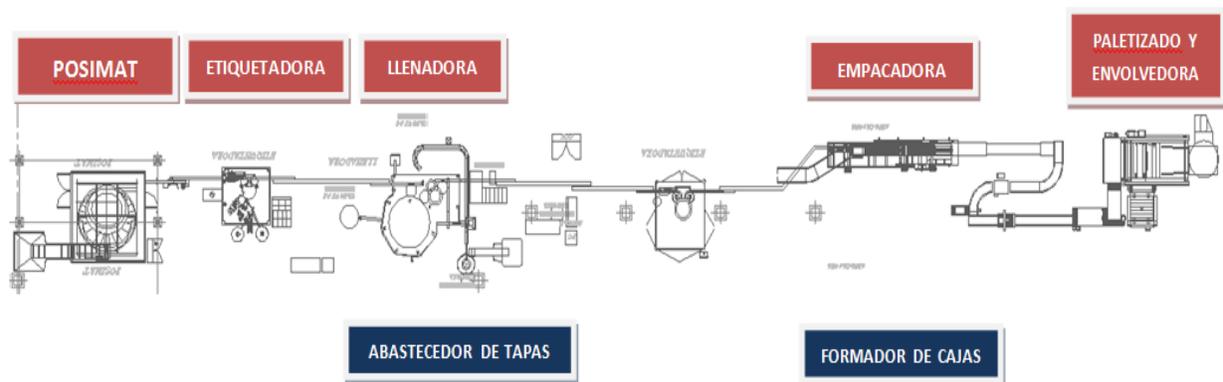


Figura 5. Layout Línea B. Fuente: Layout Industrial VDG-56 (2012)

La línea B maneja un producto detergente en presentación de 850 ml. La línea opera con 3 turnos por día, siendo la jornada laboral de 24 hrs.

En base a información proporcionada, la producción esperada es igual a 15,000 pzas/hr (250 pzas/min). En el proceso no se presentan cambios de formato, sólo se realiza cambio de aroma.

En base a información proporcionada la eficiencia de la línea se reportan cifras para el 2012 en orden del 66.9%.

Objetivos

- I. Clasificar la obsolescencia por rendimiento de los equipos de una línea de producción por medio del indicador propuesto basado en la metodología de la Eficiencia General de los Equipos.
- II. Calcular por fines de valoración las capacidades actuales y rendimientos del proceso y maquinaria especializada basado en el indicador propuesto que considera la Eficiencia General de los Equipos.

Alcances

Para la “Línea B” el proceso se comprende desde la orientación de la botella hasta el proceso de la envolvedora, incluidos una máquina orientadora, una máquina etiquetadora, una máquina llenadora, una surtidor de tapa, una formador de caja, una máquina empacadora, una paletizadora y una máquina envolvedora.

Se asume la disponibilidad total de los recursos; montacargas, operadores y auxiliares, insumos y programas de producción.

Capacidad del Sistema

Se realizaron mediciones del flujo de producto en la línea B en la línea de producción de 2012.

Observando el diagrama anterior se identificará que los equipos de menor velocidad de ajuste son la máquina etiquetadora y llenadora con una capacidad de 210 botellas/min.

VELOCIDADES DE AJUSTE DE MÁQUINAS

200 botellas/min

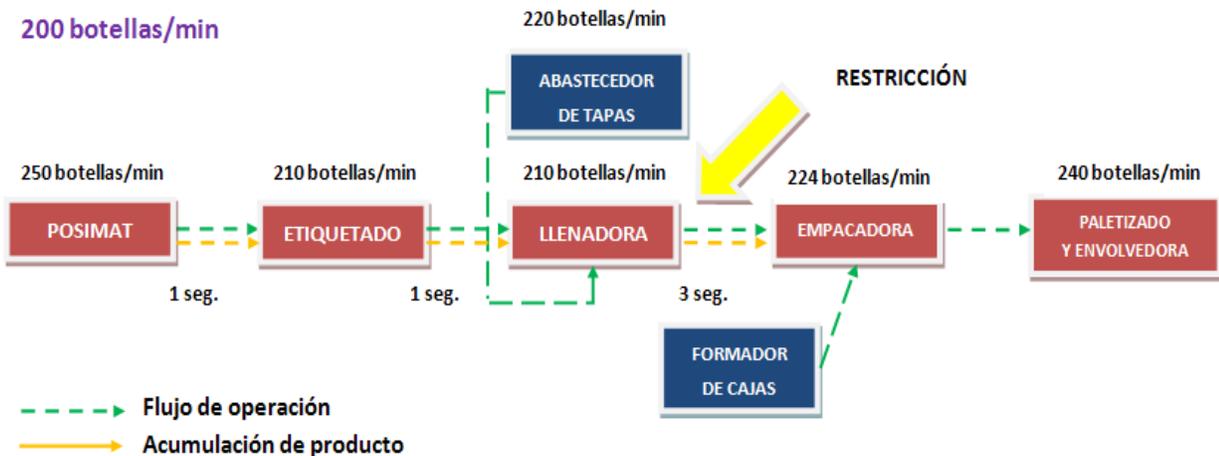


Figura 6. Velocidades de ajuste de las máquinas industriales. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la operación de la línea las botellas son orientadas en el transportador por la máquina orientadora con una capacidad teórica definida igual a las 250 botellas/min, posteriormente la botella es etiquetada en la máquina etiquetadora cuya capacidad de ajuste de 210 botellas/min.

Como tercer proceso la botella es llenada de producto líquido en la máquina llenadora, la cual cuenta con una capacidad igual a las 210 botellas/min. La llenadora es suministrada de recursos materiales a través de un abastecedor de tapas para la botella cuya capacidad es de 220 botellas/min.

Una vez que la botella fue etiquetada y tapada es empacada en lotes de 12 botellas en cada caja de cartón, la máquina empacadora tiene una capacidad de 224 botellas/min. La máquina es abastecida de material por medio de un formador de cajas.

Posterior al proceso de empaado la caja es encintada y transportada hacia la máquina paletizadora, en donde pasa través de la bascula. Las cajas son paletizadas en base a arreglos formados de 3 camas, cada cama cuenta con 15 cajas, lo que nos da un total por arreglo de 45 cajas. La capacidad de la máquina paletizadora y envolvedora es de 240 botellas/min.

Por último el arreglo es emplayado y transportado por un montacargas al área de embarque.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1 DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS

Durante un muestreo de 5 horas del proceso de producción y operación de la maquinaria especializada sujeta a valoración se observaron los siguientes resultados.

Tabla 6.
Capacidades y OEE por máquina.

ORIENTADORA		ETIQUETADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>	<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Tiempo IDEAL de operación	03:11:07	Tiempo IDEAL de operación	03:30:50
Piezas producidas	38101	Piezas producidas	38757
Capacidad TÉORICA del equipo	250	Capacidad TÉORICA del equipo	210
Capacidad PREVISTA del equipo	230	Capacidad PREVISTA del equipo	196
Capacidad IDEAL del equipo	199	Capacidad IDEAL del equipo	184
Capacidad REAL del equipo	159	Capacidad REAL del equipo	157
Capacidad REAL de la línea	157	Capacidad REAL de la línea	157
%OEE	64%	%OEE	77%

LLENADORA		EMPACADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>	<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Tiempo IDEAL de operación	03:25:12	Tiempo IDEAL de operación	03:34:42
Piezas producidas	37989	Piezas producidas	37620
Capacidad TÉORICA del equipo	210	Capacidad TÉORICA del equipo	224
Capacidad PREVISTA del equipo	195	Capacidad PREVISTA del equipo	214
Capacidad IDEAL del equipo	180	Capacidad IDEAL del equipo	200
Capacidad REAL del equipo	157	Capacidad REAL del equipo	157
Capacidad REAL de la línea	157	Capacidad REAL de la línea	157
%OEE	77%	%OEE	77%

Fuente: Elaboración propia.

La máquina con menor capacidad ideal es la llenadora, que es igual a 180 botellas/min, automáticamente se convierte en la restricción del sistema producción. De acuerdo a la Teoría de Restricciones el Valuador hará saber al usuario que la operación no podrá producir un monto mayor al de la velocidad ideal de la llenadora, por lo que el resto de los equipos se subordinaran a la capacidad de la restricción.

La capacidad teórica de la línea está definida en 210 botellas/min (velocidades de las máquinas etiquetadora y llenadora).

Se determina que la capacidad de real de la línea es de 157 botellas/minuto, por lo tanto el indicador OEE de la capacidad de la operación productiva sería del 74.6% de la capacidad total de la operación.

El análisis de los datos nos permite conocer particularmente en cada equipo de producción su eficiencia general basada tanto en su rendimiento, capacidad productiva y calidad en el proceso. El índice mayor de OEE lo tienen las máquinas etiquetadora, llenadora y empacadora igual a un 77%, el menor OEE es para la orientadora con el 64%.

Basándose en el indicador propuesto el Perito Valuador puede detallar información acerca del rendimiento tanto de la maquinaria como del proceso productivo, esta información es valiosa para que las empresas ya que les permite estimar su producción ideal en base a la demanda real del mercado.

Calculado la eficiencia general de los equipos y del proceso productivo el Valuador podrá cuantificar las pérdidas por Disponibilidad, Rendimiento y Calidad que tiene cada equipo de producción durante el proceso productivo.

Tabla 7.
Pérdidas y rendimiento por máquina

ORIENTADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Pérdidas por Paro Menores	31.3
Pérdidas por Velocidades Reducidas.	16.1
Pérdidas por Bloqueo	26.3
Pérdidas por Sequías	0
Pérdidas por Insumos	0
%Rendimiento vs Capacidad de la Línea	68%

ETIQUETADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Pérdidas por Paro Menores	11.6
Pérdidas por Velocidades Reducidas	5.4
Pérdidas por Bloqueo	19.5
Pérdidas por Sequías	2.8
Pérdidas por Insumos	0
%Rendimiento vs Capacidad de la Línea	80%

LLENADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Pérdidas por Paro Menores	15.4
Pérdidas por Velocidades Reducidas.	5.4
Pérdidas por Bloqueo	16.7
Pérdidas por Sequías	0.7
Pérdidas por Insumos	0
%Rendimiento vs Capacidad de la Línea	80%

EMPACADORA	
<i>Concepto</i>	<i>Botellas/min</i>
Pérdidas por Paro Menores	13.6
Pérdidas por Velocidades Reducidas	24
Pérdidas por Bloqueo	0.1
Pérdidas por Sequías	19.6
Pérdidas por Insumos	0
%Rendimiento vs Capacidad de la Línea	73%

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados expuestos el Valuador podrá indicar al usuario cuáles son las principales restricciones durante el flujo de producción que impiden que la maquinaria opere a su capacidad máxima.

El primer esfuerzo del personal de Planta será eliminar la restricción del sistema, por tanto debe tener en cuenta que la maquina llenadora por eventos de fallas mecánicas el equipo pierde un total de 15.4 botellas/minuto, esto significa que el 27% de las pérdidas durante su operación son por causa de micro paros mecánicos, quizá propiciado por un inadecuado programa de mantenimiento

preventivo, inadecuada operación mecánica, probable ensamble del equipo con piezas no originales, etc. El impacto de estas restan la vida útil del equipo, acelerar su obsolescencia y disminuyen su valor de venta en el mercado.

Los micro paros en la llenadora originan acumulación de producto a la entrada del equipo, lo que denominamos bloqueos, este escenario causa una pérdida en la máquina de 16.7 botellas/minuto y representa el 31.3% de las pérdidas durante el flujo.

El resto de las pérdidas pertenecen a la logística del equipo, como lo son las velocidades reducidas, sequías de producto y paros mayores.

V.2 EVALUACIÓN DE ESTRAGIAS PARA MEJORA

Se expuso al usuario los resultados obtenidos por el método del OEE que determinaron las capacidades reales tanto de la maquinaria y equipo como del proceso y su rendimiento.

Los efectos de la reunión fue que el departamento de Operaciones en conjunto con el equipo de Mejora Continua determinaron un estrategia que permite eliminar a la máquina llenadora como la restricción del sistema e incrementar la eficiencia general del proceso, lo que aumentaría el throughput o rentabilidad del proceso.

La estrategia definida por Planta se focaliza en aprovechar la capacidad actual del sistema llevando acabo dos acciones:

- Instalar unidades motrices a los transportadores posteriores a la máquina llenadora para propiciar la acumulación de producto y evitar los bloqueos.

- Cambiar las velocidades a los transportadores posteriores a la máquina llenadora para desalojar el producto eficientemente.

Evaluando la estrategia propuesta bajo el método del OEE se calculó su impacto en el incremento porcentual del indicador propuesto.

Tabla 8.

Estrategia de mejora. Acción I.

ACCIÓN I	IMPACTO DE LA MEJORA	PORCENTAJE DE LA MEJORA
Instalar unidades motrices a los transportadores posteriores a la máquina llenadora	TIPO: Mecánico IMPACTO: 46% en base a bloqueos en la llenadora, lo que equivale a producir 7.7 botellas/minuto adicionales. % de la mejora:	3.70% DEL OEE TOTAL

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

Estrategia de mejora. Acción II.

ACCIÓN II	IMPACTO DE LA MEJORA	PORCENTAJE DE LA MEJORA
Cambiar las velocidades a los transportadores posteriores a la máquina llenadora	TIPO: Control IMPACTO: 53% en base a bloqueos en la llenadora, lo que equivale a producir 8.84 botellas/minuto adicionales. % de la mejora:	4.2% DEL OEE TOTAL

Fuente: Elaboración propia

Por instalar unidades motrices en los transportadores posteriores a la máquina llenadora se lograría reducir el número de eventos por bloqueo. Evaluando esta acción con la metodología OEE se determina un aumento

adicional en la producción de 7.7 botellas/minuto, lo que equivale a mejorar el OEE del proceso de producción en 3.7%.

Con el cambio de velocidades a los transportadores posteriores a la máquina llenadora los bloqueos de producto disminuirán y se calcula un incremento en la producción de 8.84 botellas/minuto adicionales, equivalentes a un 4.2% de mejora en el OEE.

Si ambas acciones se realizan el aumento porcentual en el OEE sería del 7.9%.

V.3 IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE THROUGHPUT

Identificada la restricción del sistema, determinada la eficiencia real y rendimiento del equipo y de la operación del proceso, se estableció por personal especializado de la empresa una estrategia que aproveche la capacidad actual del sistema en dos acciones que mejoré aspectos mecánicos y de control en la máquina llenadora para reducir las pérdidas de producto, incrementar su capacidad real y elevar la eficiencia general del proceso. Por la metodología del OEE se calculó el impacto de la estrategia en el aumento porcentual del indicador.

Conociendo el incremento porcentual del OEE de la operación se calcula el aumento que se generaría en la utilidad marginal. Se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Precio de fábrica del producto
- Costo primo
- Contribución marginal
- Utilidad anual

- Duración de la jornada laboral
- Días laborables por mes
- Vida útil del proyecto
- Capacidad real de producción de la línea

Los valores de las variables se muestran a continuación:

Tabla 10.

Variables de costo, utilidades y de operación.

COSTOS		ETIQUETADORA	
Precio de fábrica del Producto (USD)	\$4.58	Jornada Laboral (Hrs.)	16
Costo primo (\$USD)	\$1.46	Días laborales por mes	24
(CM) Contribución marginal (\$USD)	\$3.13	(VU) Vida útil del proyecto (Años)	1
Utilidad anual (\$USD)	\$135,648,000	(CR) Capacidad Real de la Línea (pz/min)	157

Fuente: Elaboración propia.

La valoración por mejoras en el proceso y su impacto en el crecimiento de la utilidad marginal se calcula con la siguiente razón:

(7)

$$\text{Impacto por incremento en la Utilidad} = CM * CL * IncOEE * VU$$

Los resultados en el incremento de las utilidades marginales en un año por un aumento porcentual directo en el OEE son:

Tabla 11.

Incremento porcentual en el OEE y su impacto en el aumento de Utilidades.

CM/IncOEE	3.7%	4.2%	7.9%	9%	10%
\$ 3.1	\$ 140,666,976	\$ 141,345,216	\$ 146,364,192	\$ 147,856,320	\$ 149,212,800
Incremento en la Utilidad	\$ 5,018,976	\$ 5,697,216	\$ 10,716,192	\$ 12,208,320	\$ 13,564,800
\$ 3.5	\$ 157,547,013	\$ 158,306,642	\$ 163,927,895	\$ 165,599,078	\$ 167,118,336
Incremento en la Utilidad	\$ 21,899,013	\$ 22,658,642	\$ 28,279,895	\$ 29,951,078	\$ 31,470,336
\$ 4.0	\$ 180,053,729	\$ 180,921,876	\$ 187,346,166	\$ 189,256,090	\$ 190,992,384
Incremento en la Utilidad	\$ 44,405,729	\$ 45,273,876	\$ 51,698,166	\$ 53,608,090	\$ 55,344,384
\$ 4.5	\$ 202,560,445	\$ 203,537,111	\$ 210,764,436	\$ 212,913,101	\$ 214,866,432
Incremento en la Utilidad	\$ 66,912,445	\$ 67,889,111	\$ 75,116,436	\$ 77,265,101	\$ 79,218,432
\$ 5.0	\$ 225,067,162	\$ 226,152,346	\$ 234,182,707	\$ 236,570,112	\$ 238,740,480
Incremento en la Utilidad	\$ 89,419,162	\$ 90,504,346	\$ 98,534,707	\$ 100,922,112	\$ 103,092,480

Fuente: Elaboración propia

De la estrategia basada en el aprovechamiento de la capacidad actual de los procesos de la línea y en particular por la ejecución de la acción número uno, cuyo objetivo se ha definido en la sección “V.2 *EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA MEJORA*”, se lograría un incremento de 3.7% en el OEE de la operación lo que generaría un incremento en la utilidad marginal a un año de \$5,018,976 USD.

Si se ejerciera la acción número dos el incremento adicional sería de 4.2% al OEE de la operación y se generaría una utilidad marginal adicional a un año de \$5,697,216 USD.

Implementándose las dos acciones sugeridas en la estrategia se lograría en conjunto aumentar el OEE del proceso en un 7.9% más y por consiguiente la utilidad marginal tendría un incremento de \$10,716,192 USD sobre la utilidad actual de la operación.

VI. CONCLUSIONES

VI.1 DE LA CIENCIA DE LA VALUACIÓN Y LA APLICACIÓN DEL INDICADOR DE LA EFICIENCIA GENERAL EN MAQUINARIA Y EQUIPO.

Se concluye positivamente la hipótesis establecida en este documento de Tesis que el indicador denominado Eficiencia General de los Equipos (OEE) será un nuevo método de la valoración para equipo y maquinaria, mismo que le permitirá al Perito Valuador cuantificar por medio de una relación porcentual la eficiencia productiva de la maquinaria y los procesos de manufactura, considerando el rendimiento, la capacidad, así como la eficiencia real de la operación de los procesos.

La aplicación de esta metodología innovadora permitirá a la Ciencia de la Valuación conocer los problemas asociados con la ineficiencia y desgaste en los Equipos y Líneas de producción de la Industria Manufacturera.

Se puntualiza en tres conceptos los beneficios que aporta al usuario por la aplicación del indicador OEE a través de la Ciencia de la Valuación; el primer concepto aplica directamente a la alta dirección de la empresa, el segundo rubro impacta a los procesos de producción y el tercero a la gestión de proyectos dentro de la industria.

La alta dirección obtiene beneficios tales como la posibilidad de que, por un incremento en un punto porcentual en la eficiencia general de los equipos se facilitará la proyección estratégica del incremento en las utilidades de la operación generado por un aumento en la capacidad productiva y luego en las ventas al mercado del producto terminado.

Se pueden enlistar otros impactos positivos tales como:

- Reducción de los costos indirectos en los procesos de manufactura por mejor aprovechamiento de la capacidad de los equipos industriales y sus operaciones.
- Encaminar y/o consolidar a la empresa en los estándares de clase mundial, robusteciendo la marca del producto y su participación en el mercado financiero debido al conocimiento de la capacidad real de sus procesos en Planta.
- Inteligencia en inversiones y en la adquisición de maquinaria especializada.
- Creación de un catálogo único de la eficiencia real de los equipos de producción y los procesos de manufactura.

Las mejoras tangibles para la Línea de Producción son el incremento proporcional de throughput (velocidad con que la empresa genera dinero), así como:

- Cálculo preciso de la vida útil de un equipo industrial y un proceso productivo.
- Medición de la eficiencia productiva y determinación de la capacidad real de las máquinas y de las operaciones de manufactura.
- Por medio de la adquisición de datos el Perito Valuador dictamina y da a conocer al usuario el tiempo en que un equipo u operación ha estado improductivo. Adicionalmente podrá informar si el equipo estuvo funcionando por debajo de su capacidad total y el número de piezas producidas defectuosamente.
- Optimización de los procesos de producción y eficiencia. Orientación y eficacia en la ejecución de los programas de mantenibilidad del

equipo, programas de buenas prácticas de trabajo y operación, entre otros.

Para la gestión de proyectos se enlistan beneficios tales como el aseguramiento de la capacidad de un sistema de producción o maquinaria antes de su implementación para su operación. Igualmente se puede citar los beneficios que otorga:

- Evaluar y considerar la compra de un proceso productivo dada la suposición de que el proceso operante no cumple con la capacidad de producción esperada por el usuario, lo que genera ahorros y fomenta la inversión inteligente en la industria manufacturera.
- Conocer cuáles son las causas más importantes que merman el total de piezas producidas durante el proceso para poder guiar las acciones de mejora.

VI.2 DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y EL EJERCICIO PRÁCTICO.

Como objetivo esta tesis se propuso aplicar el método del OEE en una línea de producción de envase en la industria para determinar la eficiencia productiva real de una operación o un equipo especializado.

Por medio de este ejercicio se logró para los procesos de la línea a la que se denominó “B” determinar los parámetros que se mencionan:

- Obsolescencia por rendimiento de los equipos de producción empleando el indicador propuesto.
- Capacidades reales e ideales de las máquinas y de la línea de producción.

Se concluye que la operación de orientado de pieza, etiquetado de botella, llenado y empaçado del producto, el equipo con mayor obsolescencia por rendimiento es la máquina orientadora con un porcentaje del 68%.

La capacidad real de la línea de manufactura es a una razón de 157 botellas/min, siendo que se ajusta a una velocidad de 200 botellas/min.

El equipo restricción de la línea de producción es la llenadora cuya capacidad ideal es 180 botellas/min, mientras que su indicador de eficiencia general es del 77%. La capacidad teórica de esta máquina es de 210 botellas/min. Mientras esta restricción no sea resuelta los equipos restantes tendrán que subordinarse a la capacidad real de este equipo. Una vez resuelta la restricción la siguiente restricción en la línea será la máquina etiquetadora con una capacidad ideal de 184 botellas/min y una eficiencia general del 77%.

De lo anterior se dictamina que los equipos de la línea de producción “B” pueden alcanzar producciones mayores a las 200 botellas/min e incrementar su indicador de eficiencia una vez que se resuelvan en primera instancia los bloqueos de producto a lo largo del flujo de la línea, así como emprender acciones que disminuyan los paros menores en las máquinas.

Definición de Estrategia para incremento porcentual del OEE.

Con la aplicación de la metodología del OEE el Perito Valuador informó al usuario la obsolescencia por rendimiento real de los equipos de producción y las capacidades reales e ideales de la maquinaria y proceso de producción.

Dado los resultados otorgados los equipos especializados de Operaciones y Mejora Continua usaron el potencial de la información calculada para delinear

una estrategia que aplicada en acciones mecánicas y de programación de control en el equipo restricción se lograra un aumento porcentual en el OEE de la línea de producción y la eliminación de la restricción actual.

Definidas las acciones a emprender por medio de la metodología OEE y el auxilio de la Ciencia de la Valuación se calculó el impacto de la mejora en el indicador OEE. La primera acción que recomienda instalar unidades motrices a los transportadores posteriores a la máquina llenadora impacta en un 3.7% adicional al OEE total. La segunda acción que propone cambiar las velocidades a los transportadores posteriores a la máquina llenadora mejoraría al OEE total en un 4.2%.

El impacto por realizar ambas acciones propuestas sería de un incremento del 7.9% en el OEE.

VI.3 DEL IMPACTO DE LA DETERMINACIÓN DEL OEE, LA MEJORA DE INDICADOR Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE THROUGHPUT.

Calculados los impactos positivos en el OEE la aplicación de la estrategia establecida por la empresa se puede determinar incremento de la utilidad marginal actual de nuestro sujeto de estudio.

La utilidad anual actual de la producción del producto detergente es igual a los \$135,648,000 USD.

Se estima que el incremento en la utilidad marginal a un año aplicando la acción que dicta instalar unidades motrices a los transportadores posteriores a la máquina llenadora, y que aumentaría en 3.7% el indicador OEE, elevaría las utilidades en \$5,018,976 USD más, lo que representa un 3.56% adicional.

Aplicando la segunda acción que sugiere cambiar las velocidades a los transportadores posteriores a la máquina llenadora, esto incrementaría en 4.2% el OEE del proceso, y aumentaría las utilidades en \$5,697,216 USD adicionales, es decir un 4.03% más.

Si la empresa hiciera esfuerzos aplicando ambas acciones señaladas las utilidades se elevarían en \$10,716,192 USD más, es decir un 7.32% adicional.

VI.4 DE CÓMO UN PERITO VALUADOR PUEDE APLICAR LA METODOLOGÍA EN UN CASO REAL DE LA CIENCIA DE LA VALUACIÓN.

El Perito Valuador podrá aplicar la Metodología del Indicador de Eficiencia General de los Equipos en beneficio del usuario interesado del sector de la industria manufacturera mediante la metodología por medición y diagnóstico de la adquisición de datos de productividad.

Se deberá contactar a los departamentos de Operaciones, Producción, Mantenimiento o bien al encargado de la Mejora Continua que son los especialistas en el conocimiento de las operaciones de manufactura en Planta y el funcionamiento y estado de la maquinaria y equipo. Para que el Perito adquiriera un panorama del proceso y los equipos a los cuales se les determinará su obsolescencia y capacidad real se sugiere que se auxilie estudiando la siguiente información:

- Layout de la línea con listado de equipos y especificaciones de diseño.
- Características del producto.
- Descripción y parámetros de operación.

Actualmente las empresas utilizan un sistema de adquisición de datos que informa la productividad de sus líneas y equipos, algunos de ellos se elaboran de manera manual y del cual son responsables los líderes de las líneas de producción u otro personal operativo destinado a esta actividad. Otras empresas cuentan con un monitoreo de datos de productividad automatizado. Siendo así el Perito deberá determinar la muestra de datos confiable que se necesita para hacer el diagnóstico solicitado por el usuario. Conociendo la muestra solicitará un listado de la siguiente información propuesta:

- Listado y duración de Fallas menores y mayores de cada maquinaria involucrada en la operación y la velocidad de operación del equipo.
- Listado de Micro paros o Fallas menores originadas por logística en cada Equipo
- Registro de Paros por falta de insumos o recursos en la Línea.
- Piezas producidas por minuto en cada proceso.
- Número de piezas rechazadas por minuto en cada proceso.
- La necesaria que solicita la Metodología del OEE.

Con la información recabada el Perito podrá realizar el diagnóstico solicitado por el usuario. Para un análisis adecuado que permita identificar la restricción del sistema, la obsolescencia y eficiencia real de la maquinaria y la operación industrial será necesario que emprenda las siguientes acciones:

- Procesamiento de la Información obtenida mediante el uso técnicas estadísticas y de base de datos que permita identificar los tipos de paros, pérdidas en la producción y cuantificar el rechazo de producto como el número de piezas validadas.
- Uso de la teoría y formulas propias de la metodología OEE que ayudarán a identificar el equipo restricción, las capacidades reales de los equipos y de la operación, así como su eficiencia real.

Siguiendo metódicamente las acciones sugeridas se tendrá la facultad de informar al usuario cuales son las capacidades y eficiencias reales de la maquinaria y operaciones solicitadas a análisis. Así como calcular por mejoras en el índice OEE el incremento de las utilidades de la empresa y su valor en el mercado. La información deberá presentarse en un formato que contenga el desarrollo de modelo del análisis de datos, memoria de los cálculos hechos y claridad de los valores dictaminados.

El presente trabajo de Tesis sugiere al interesado en profundizar en lo expuesto a generar hipótesis que propongan la aplicación de la metodología en el cálculo de eficiencias generales en procesos automotrices, aeronáuticos, de ensamble, agroindustriales, entre otros. Así mismo que se practique en determinar el rendimiento y la obsolescencia real de maquinaria de alta precisión, la robótica y equipo de transporte de materiales. Se obtendría un beneficio amplio utilizar la metodología que propone el indicador OEE como factor en la validación de adquisición de procesos y maquinaria nueva, y el diseño de líneas de producción antes de que estas se pusieran en marcha en los procesos de la industria.

LITERATURA CITADA

Belohlavek, P. (2005). *OEE Overall Equipment Effectiveness*. New York, USA: Maxwell.

Pérez Cruz, P. (2010). *Organización Sistémica de Alto Impacto*. New York, USA: Maxwell.

Mouller, Krobas y Smith, (2005) *Automatización y Control Industrial*. Barcelona, España: Barcino.

Castañeda, A. E., & Barreda Marín, A. (2005). *Producción Estratégica y Hegemonía Mundial*. México, D.F.: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V.

Cortes Hermosilla, T. (2006). *Planeación Financiera Corporativa*. Santiago, Chile: Sm Chile

DeGarmo, E., & Black, J. (1994). *Material and Processes in Manufacturing*. New York, USA: Macmillan Publishing Co.

Hernández Romo, M. (2004). *La Cultura Empresarial en México*. México, D.F.: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

J. Robinson, C. (1995). *Implementing TPM*. Portland, Or.: Rohani.

Nieto Arreola, D. (2006). *Contabilidad para la Industria de la Manufactura*. México, D.F.: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V.

Keith, J. (2007). *Monetarism Is Not Enough*. New York: Libertarian Alliance.

L. Wheelen, T. (2007). *Administración Estratégica y Política de Negocios*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson educación.

Leidinger, O. (2007). *Procesos Industriales*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Martínez González - Tablas, Á. (2007). *Economía Política Mundial*. Barcelona, España: Ariel, S.A.

Martínez, R. (2008). *Técnica Contable Gestión Administrativa*. Alicante, España: Editorial Club Universitario.

Marx, K. (1971). *Formaciones Económicas Precapitalistas*. México, D.F.: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V.

- McCarthy, D. (2004). *Lean TPM*. Londres, Gran Bretaña: Elsevier.
- P. Groover, M. (2002). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Prentice-Hall Hispanoamérica, S.A.
- Rojo Ramírez, A. A. (2008). *Valoración de Empresas y Gestión Basada en Valor*. Madrid, España: Paraninfo.
- Soldevila, P., & Cordobés, M. (2008). *Manual de contabilidad de gestión para Empresas Franquiciadoras y de Retail*. Barcelona, España: Profit.
- Stamatis, D. (2006). *The OEE Primer*. New York, City: Maxwell.
- Feld William M. (2001). *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. USA: Ed Boca Ratón.
- Imai Masaaki. (1998). *Gemba Kaizen: "A common sense low cost approach to management"*. USA: McGraw Hill.
- Robert C. Hansen. (2002). *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*. New York, USA: Industrial Press, Inc.
- D.H.Stamatis. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. USA: CRC Press.
- P.C.Jones, W.J. Hopp, J.L. Zydiak (2005). *Capital asset valuation and depreciation for stochastically deteriorating equipment*. USA: Institute of Industrial Engineers, Inc. (IIE)
- Juran, J. M. (1992). *Juran on Quality by Design: The Next Steps for Planning Quality into Goods and Services*. USA: The Free Press.
- Ewing Matheson. (2011). *The depreciation of Factories, Mines and Industrial undertakings and their valuation*. USA: Bibliobazaar.
- López de la Vega J. Manuel (1995). *Apuntes de Maquinaria y Equipo*, UAQ.
- Texas Instruments: *"Understanding Data Converters Application Report"*, 1997, ref nº SLAA013.
- Pallás Areny, Ramón (2001): *"Adquisición y Distribución de Señales"*. Editorial Marcombo.
- Loveday, G. C. (2006): *"Diseño de Hardware Electrónico"*. Editorial Paraninfo

Richard Goering (2004), "*Matlab edges closer to electronic design automation world*", EE Times.

Best, Joel (2001). *Damned Lies and Statistics: Untangling Numbers from the Media, Politicians, and Activists*. University of California Press.

Desrosières, Alain (2004). *La política de los grandes números*. Ed. Melusina.

Hacking, Ian (1990). *The Taming of Chance*. Cambridge University Press.

Lindley, D. V. (1985). *Making Decisions* (2.^a edición edición). John Wiley & Sons.

Stigler, Stephen M. (1990). *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty before 1900*. Belknap Press/Harvard University Press.

Tijms, Henk (2004). *Understanding Probability: Chance Rules in Everyday life*. Cambridge University Press.

Volle, Michel (1984). *Le métier de statisticien* (2.^a ed. edición). Económica.