

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA ADQUISICION DE DATOS  
MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL  
OEE EN LA LINEA DE ENVASADO DE 1/4 DE GALÓN EN UNA PLANTA DE  
LUBRICANTES**



**CARLOS JULIO ALBAÑIL MONDRAGÓN  
MANUEL CASTILLO CARRILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2017**

**MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA ADQUISICION DE DATOS  
MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL  
OEE EN LA LINEA DE ENVASADO DE 1/4 DE GALÓN EN UNA PLANTA DE  
LUBRICANTES**

**CARLOS JULIO ALBAÑIL MONDRAGÓN  
MANUEL CASTILLO CARRILLO**

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**Director: Pablo Emilio Correa Fuentes  
Especialista en Gerencia de Proyectos.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2017**

*“Caballeros, debo recordarles que, mis probabilidades de éxito, aumentan en cada nuevo intento...” John Nash.*

*“Jesucristo nos habla: Amado, yo deseo que tú seas prosperado en todas las cosas, y que tengas salud, así como prospera tu alma” 3 San Juan 2.*

## **AGRADECIMIENTOS**

“Doy Gracias a Dios en nombre de Jesucristo, a mi esposa María Ofelia Usaquén y mis hijos Juan Carlos y María Cecilia por el animo que me han dado para lograr la especialización en Gerencia de Mantenimiento, anhelo que he tenido desde que terminé mi carrera como ingeniero Metalúrgico y durante mi ejercicio profesional”.  
Carlos Julio Albañil Mondragón.

“Doy Gracias a Dios, a mi esposa Leydi Castro y a mi hija Evangeline Castillo por haberme apoyado en toda la trayectoria de la especializacion, con comprension, esfuerzo y dedicacion les agradezco que depositaran en mi su confianza”. Manuel Castillo Carrillo

Damos gracias a la Empresa CHEVRON, por el apoyo y el tiempo brindado para la ejecución de la Especialización.

Al Ingeniero Pablo Correa a la colaboración y dirección de esta monografía.

Al cuerpo docente de la Universidad Industrial de Santander por el conocimiento compartido.

A todos los compañeros de la especialización.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. CONTEXTUALIZACION	17
1.1 LOS LUBRICANTES, CACTERISTICAS Y APLICACIONES	17
1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	22
1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	22
1.4 DESCRIPCION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	23
1.5 DESCRIPCION DEL PROYECTO	24
1.5.1 Planteamiento del problema	24
1.5.2 Justificación Técnica y Económica	26
1.6 OBJETIVOS	28
1.6.1 Objetivo General	28
1.6.2 Objetivos especificos	28
2. MARCO TEORICO	29
2.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL-TPM	29
2.1.2 Despilfarro	37
2.1.3 Caracterización de las pérdidas	39
2.2 ÁRBOL DE PÉRDIDAS	44
2.3 LEAN SIGMA	47
3. RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION	50
3.1 INDICADORES	50

3.1.1 Definición de indicador	50
3.1.2 Indicadores de lase Mundial	50
3.2 INDICADOR OEE	51
4. METODOLOGIA DE LA PROPUESTA	54
4.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE FACTORY TALK	54
4.2 ARQUITECTURA DE FACTORYTALK	58
4.2.1 Factory Talk Metrics	59
4.2.2 Consola de configuración.	60
4.2.3 RSBIZWARE	62
4.2.4 FACTORYTALK TRANSACTION MANAGER	63
4.2.5 RSVIEW 32	63
4.2.6 REPORT EXPERT	64
4.2.7 SQL SERVER 2005	65
5. CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFIA	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de lubricantes Vs Combustibles	21
Figura 2 Posicion Geografica planta de Lubricantes	23
Figura 3. Evolución del TPM	30
Figura 4. Interrelación de disciplinas en el TPM	33
Figura 5 Pilares de TPM	35
Figura 6. Objetivos del TPM en el mantenimiento	36
Figura 7. Empresas que quieren evitar el despilfarro	38
Figura 8. Parada programada en planta	39
Figura 9. Ajustes de producción en muy pocos minutos.	40
Figura 10. Diagnóstico de falla	40
Figura 11. Mantenimiento Predictivo	41
Figura 12. Pérdida de Producción	41
Figura 13. Unidades perdidas aumentadas	42
Figura 14. Análisis de Calidad	43
Figura 15. Reproceso	43
Figura 16. Árbol de pérdidas de paradas de una plata	46
Figura 17. Herramientas de Lean Sigma	48
Figura 18. Cálculo de OEE	51
Figura 19. Tiempos de Operación y Muertos	53

Figura 20. Formulas OEE	54
Figura 21. Lazo de control SCADA	58
Figura 22. Datos sobre eficiencia y eventos personalizables.	61
Figura 23. Sistema en red	63
Figura 24. Reporte Básico OEE	65
Figura 25. Modelo de Planta ISA S95	67
Figura 26. Taxonomía ISA S95	68
Figura 27. Pantallazo de la aplicación de reporte de OEE Automatizado	70

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Campos de aplicación de los Lubricantes	21
Tabla 2 Cargos Departamento de Mantenimiento	23
Tabla 3 Formato OEE Manual Cara anterior	25
Tabla 4 Formato Manual de OEE Cara posterior	26
Tabla 5 Análisis financiero de la propuesta	27
Tabla 6 Beneficios de Lean	49

## RESUMEN

**TITULO: MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA ADQUISICION DE DATOS MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DEL OEE EN LA LINEA DE ENVASADO DE 1/4 DE GALÓN EN UNA PLANTA DE LUBRICANTES.<sup>1</sup>**

**AUTORES:** CARLOS JULIO ALBAÑIL MONDRAGÓN  
MANUEL CASTILLO CARRILLO.

**PALABRAS CLAVES:** Efectividad General del Equipo, OEE, Indicador, Automatización, Gestión, Mantenimiento, Cofiability, Mantenibilidad, Pérdidas, Supervisión, Control, Tiempo Real.

### **DESCRIPCIÓN:**

Esta monografía desarrolla un modelo sistemático de gestión de mantenimiento para monitorear el OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO), indicador que establece que tan productiva es una compañía de clase mundial.

Se utiliza el presente indicador como un impulsor de mejora. Las tres metodologías más populares de mejora de fabricación son Lean Manufacturing, six sigma y teoría de restricciones. OEE fue desarrollado como parte de lean Manufacturing específicamente como parte del proceso de mejora potente y holístico conocido como TPM (Total Productive Maintenance).

La gestión de los activos puede mejorar su rendimiento, reducir costes, extender su vida útil y mejorar el retorno de inversión de los activos. Se logra en interrelacionar todos los departamentos dentro de una empresa, al trabajar de forma integral, con el fin de optimizar todos los activos que se utilizan para el objetivo social de la empresa, al facilitar los procesos de producción y de mercadeo, automatizando la captura de datos en tiempo real para mejorar la precisión y rastrear las pérdidas y construir una sólida base de información.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. Se observa en que esta monografía expresa la medición del OEE desde sus comienzos de la adquisición de datos de forma manual en papel, y ahora en hora buena la presente propuesta se capturen los datos en tiempo real para ver el estado, la evolución y las problemáticas asociadas, de tal sea posible pronosticar las fallas y/o las pérdidas con el fin de generar acciones oportunas.

---

<sup>1</sup> **Monografía. \*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Pablo Emilio Correa Fuentes Especialista en Gerencia de Proyectos.**

## SUMMARY

**TITLE: MODEL MANAGEMENT MAINTENANCE SYSTEM FOR DATA ACQUISITION BY USING AN OEE CONTROL AND SUPERVISION SYSTEM ON THE GALON PACKAGE LINE OF 1/4 IN A LUBRICANT PLANT<sup>2</sup>.**

**AUTHORS:** CARLOS JULIO ALBAÑIL MONDRAGÓN  
MANUEL CASTILLO CARRILLO.\*\*

**KEYWORDS:** Overall Effectiveness Equipment, OEE, Indicator. Automation, Management, Maintenance, Reliability, Waste, Supervisión, Control. Real Time.

### **DESCRIPTION:**

This monograph develops a systematic model of maintenance management to monitor the OEE (GLOBAL EFFECTIVENESS OF THE TEAM), an indicator that establishes how productive a world-class company is.

The present indicator is used as an enhancement impeller. The three most popular manufacturing improvement methodologies are Lean Manufacturing, Six Sigma and Constraint Theory. OEE was developed as part of lean Manufacturing specifically as part of the powerful and holistic improvement process known as TPM (Total Productive Maintenance).

Asset management can improve performance, reduce costs, extend asset life and improve return on investment. It is possible to interrelate all the departments within a company, working in an integral way, in order to optimize all the assets that are used for the social objective of the company, by facilitating the production and marketing processes, automating the capture Of data in real time to improve the accuracy and trace losses and build a solid information base.

Automation as a discipline of engineering is broader than a mere control system, encompassing industrial instrumentation, which includes field sensors and transmitters and data collection and real-time software applications to monitor and control the operations of Plants or industrial processes. It is observed that this monograph expresses the measurement of OEE from the beginning of the acquisition of data manually in paper, and now in good time the present proposal will capture the data in real time to see the state, evolution and problems Associated, so it is possible to predict failures and / or losses in order to generate timely actions.

---

<sup>2</sup>Monograph.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management, Director: Pablo Emilio Correa Fuentes Specialist in Project Management.

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de mejora continua en un área de producción o de manufactura el OEE<sup>3</sup> es el indicador clave para medir la eficiencia de una máquina o una línea de trabajo.

Realmente es una relación porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de una máquina industrial<sup>4</sup>.

EL OEE está fuertemente relacionado con el estado de conservación y productividad del equipo mientras reside funcionando. El indicador se calcula diariamente, y es por ello que la información varía acorde a las paradas no programadas, del cual surge el (Aprovechamiento del equipo) AE y responde a tres factores: disponibilidad, eficiencia y calidad.

<sup>5</sup>La compañía para poder llevar control sobre la disponibilidad de los recursos CUELLOS DE BOTELLA (la restricción dentro del sistema que limita la demanda atendida) de las líneas, ha establecido una BITÁCORA mediante la cual el operario consigna cada una de las paradas en producción identificadas por unos códigos, la causa y sus respectivos tiempos durante el turno.

De la misma manera, motiva al personal para la mantención de la planta en actividades preventivas voluntarias, educación en el mantenimiento básico y desarrollo de habilidades en la solución de problemas para evitar las interrupciones, lo que es más conocido como mantenimiento productivo total (TPM) y está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo para la producción continua.

---

<sup>3</sup> OEE (Overall Equipment Effectiveness) Efectividad Total del Equipo.

<sup>4</sup> Artículo Gestión Calidad Consulting.

<sup>5</sup> ANGARITA CORONEL, Christian Felipe, Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales niveles OEE (overall equipment effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC Dana Transejes Colombia, UIS, Trabajo de Grado, 2005.

<sup>6</sup>Como dice Casimilas, la métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual.

Finalmente, la OEE es la métrica para cumplimentar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la norma ISO 9001:2015.

Es una herramienta que combina múltiples aspectos de la producción y puntos de referencia para proporcionar información sobre el proceso. Es una herramienta integral de evaluación comparativa que sirve para evaluar los diferentes subcomponentes del proceso de producción (por ejemplo, disponibilidad, rendimiento y calidad) – y se utiliza para medir las mejoras reales en 5S, Manufactura Lean, TPM, Kaizen y Seis Sigma.

Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

Empresas en las industrias de fabricación están siendo desafiadas por la administración para maximizar la producción de las líneas existentes, para cumplir con los tiempos de ciclo requeridos y fechas de entrega para cada producto, y para reducir los costos. Para hacer frente a este reto, gestión de la producción se está esforzando para operar el equipo a su máxima eficiencia.

---

<sup>6</sup> CASIMILAS Masias, Carlos Leonardo; POVEDA Quintero, Roberth Adrian, Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (overall effectiveness equipment) en la línea tubería en Corpacero S.A, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Trabajo de Grado, 2012.

La identificación en tiempo real de los activos de producción que no logran alcanzar el nivel requerido es fundamental para mantener la eficiencia de clase mundial. Una comprensión profunda de los detalles detrás de rendimiento de la producción le permitirá identificar las fuentes de producción ineficiencias, y para maximizar la utilización de activos.

## 1. CONTEXTUALIZACION

### 1.1 LOS LUBRICANTES, CACTERISTICAS Y APLICACIONES

Cuando dos cuerpos sólidos se frotan entre sí, hay una considerable resistencia al movimiento independientemente de lo pulidas que estén las superficies. La resistencia se debe a la acción abrasiva de las aristas y salientes microscópicas. La energía suficiente para superar esta fricción se disipa en forma de calor y como desgaste de las partes móviles. La fricción se puede reducir por el uso de materiales con energía de fricción baja que se deslizan con facilidad una sobre otra. Ejemplos de este tipo de superficies son el polietileno, el nylon y el tetrafluoretileno que se usan en aplicaciones especializadas. Cuando se utilizan piezas metálicas es necesario el uso de sustancias adicionales para disminuir la fricción entre las dos superficies en contacto. Estas sustancias reciben el nombre de lubricantes.

Un lubricante, es por tanto, una sustancia capaz de disminuir la fricción entre dos superficies que están en contacto. La palabra lubricante proviene del latín “lubricum” que significa resbaladizo y veloz. Se trata de una delgada capa de fluido, de espesor a veces inferior a una micra, que se interpone entre dos superficies sólidas para evitar su contacto directo y permitir que resbalen sin deteriorarse. Como consecuencia de ello las ventajas que se derivan del uso de lubricantes son:

- Reducir el rozamiento mejorando el rendimiento del motor y disminuyendo el consumo de carburante.
- Proteger los órganos mecánicos contra el desgaste y la corrosión para garantizar la duración y la eficiencia del motor.
- El aceite permite evacuar las impurezas gracias al filtro de aceite y al drenaje para mantener la limpieza de las partes motor.

- Reforzar la impermeabilidad (estanqueidad), indispensable para asegurar el buen funcionamiento del motor.
- Evacuar de manera eficaz el calor, enfriando el motor para evitar la deformación de las piezas.

Las características de las bases lubricantes son fundamentales en las distintas aplicaciones, y la forma de medir estas propiedades es muy importante a la hora de fabricar aceites terminados. Las normas que se usan de manera habitual son las normas editadas por el organismo de normalización norteamericano (ASTM), aceptadas internacionalmente.

Las características más importantes son las siguientes:

- **Viscosidad cinemática:** El aspecto más importante a la hora de elegir correctamente un lubricante es su viscosidad (característica fundamental del lubricante). Se mide en centistokes (cSt), a una determinada temperatura que suelen ser 100 y 40 °C. Esta propiedad indica como de pesada es la base lubricante. Las bases más ligeras tienen una viscosidad en torno a 2 cSt (a 100 °C), mientras que las más pesadas están en torno a 45 cSt (a 100 °C). Las bases se suelen nombrar por su viscosidad, una de grado ISO 32 (International Standards Organization) significa un aceite con una viscosidad 32 cSt (a 40 °C), mientras que un ISO 15 tiene una viscosidad de 15 cSt a la misma temperatura. Sin embargo la nomenclatura más usada en el mundo comercial es la denominada viscosidad Saybolt. Así una base SN 150 tiene una viscosidad de 150 SSU (segundos Saybolt Universal) a 40 °C (equivale a un ISO 32).

La viscosidad es esencial para asegurar una correcta lubricación hidrodinámica. Por ejemplo, en el caso de cojinetes planos (funcionan a altas velocidades y altas cargas) y en los sistemas hidráulicos de baja presión se requieren aceites minerales de baja viscosidad. Una máquina de

coser también requiere un aceite de baja viscosidad. Cuando se trabaja con cargas mayores y velocidades más bajas se necesitan aceites con una mayor viscosidad (equipo de orugas para trabajo pesado; sistemas de alta presión). Un refrigerante requiere un lubricante que retenga sus propiedades a baja temperatura, mientras que en una turbina de vapor el lubricante tiene que ser resistente a la oxidación a altas temperaturas.

- **Índice de Viscosidad:** Este índice indica la capacidad de un lubricante de mantener constante su viscosidad en un amplio rango de temperaturas. Se determina a partir de los valores de viscosidad a 40 y 100 °C (es una medida arbitraria de la forma en que la viscosidad varía con la T y se determina por comparación con un patrón). Un IV alto indica que el cambio de viscosidad con la T es pequeño, mientras que un IV bajo indica que el aceite cambia mucho su viscosidad con la variación de temperatura. Normalmente se desea que el IV sea lo más alto posible, ya que eso significa que la lubricación de las superficies es relativamente similar a todas las temperaturas. Los valores de esta propiedad suelen ser mayores de 90, estando su valor habitual entre 95 y 105 para las bases convencionales.
- **Punto de inflamación:** Es la temperatura a partir de la cual una sustancia arde si se le aplica una llama al menos durante 5 segundos. Este valor limita la temperatura a la que el aceite debe estar expuesto. Cuanto más pesado es el aceite mayor es su Ti. Para los más ligeros la Ti está en torno a 105°C.
- **Punto de congelación:** Es la temperatura a la cual el producto se congela e indica la temperatura mínima de uso. Las bases convencionales tienen un punto de congelación en torno a -9 °C, pero el de las sintéticas es considerablemente inferior (-20 a -60 °C).

- **Volatilidad:** Es el porcentaje de producto que, bajo determinadas condiciones de temperatura, se evapora. Este ensayo es particularmente importante para bases que deben trabajar a elevada temperatura, como los aceites del motor. Una volatilidad demasiado alta implica una alta evaporación y con ello una variación de las propiedades físicas a lo largo de la vida del aceite, lo que es indeseable.
- **Azufre:** El contenido en azufre mide el grado de refinado de base lubricante, cuanto menor es el contenido de azufre mayor es el refinado. La tendencia actual es una disminución progresiva de azufre hasta su práctica ausencia.
- **Composición hidrocarbonada (sólo para bases convencionales):** La composición hidrocarbonada marca las propiedades de la base. Lo deseable es un alto contenido en hidrocarburos saturados (lineales y ramificados) que proporcionan un alto IV. Los aromáticos presentan bajos IV y su volatilidad es mayor que la de los saturados.

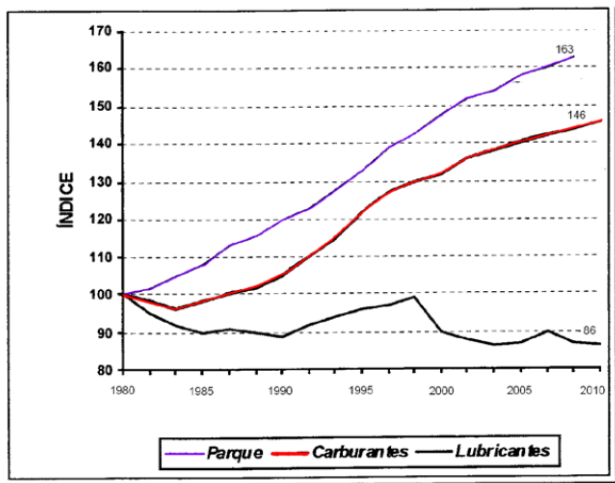
La viscosidad, punto de inflamación y el punto de flujo aumentan con el peso molecular. La densidad tiende a incrementarse con el Pm al principio, pero luego se hace constante. Además, el lubricante ha de ser químicamente estable (no degradarse y oxidarse o formar lodos durante el uso).

El proceso de fabricación de un lubricante es relativamente sencillo. Consiste en mezclar los aceites base y los aditivos en un reactor o mezclador aplicando calor y agitando hasta alcanzar la adecuada homogeneidad de la mezcla sin que tenga lugar proceso químico alguno.

El impacto del consumo de combustible por la calidad del lubricante, Partiendo de un índice 100 en 1979, las ventas de vehículos alcanzaron 163 en 1997, el consumo de combustible creció hasta 146, mientras que el índice de consumo de lubricantes descendió hasta 86 (ver figura 1.) La razón que explica esta divergencia es la mejora constante en la calidad de los lubricantes que permite

que un vehículo pueda recorrer una mayor cantidad de kilómetros entre cambios de aceite.<sup>7</sup>

Figura 1. Consumo de lubricantes Vs Combustibles



Fuente: Química Orgánica Industrial <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

En la Tabla 1. Se encontrará el resumen los campos de aplicación de los lubricantes.

Tabla 1 Campos de aplicación de los Lubricantes

ADITIVOS / APLICACIÓN	MOTORES	TRANSMISION AUTOMÁTICA	ENGRANAJES AUTOMOTRICES	COMPRESORES	TURBINAS	ENGRANAJES INDUSTRIALES
DISPERSANTES						
DETERGENTES						
ANTIDESGASTE						
EXTREMA PRESIÓN						
INHIBIDORES DE OXIDACIÓN						
INHIBIDORES DE CORROSIÓN						
ANTIHERRUMBRANTES						
MODIFICADORES DE FRICCIÓN						
DEPRESORES DEL PTO. DE FLUIDEZ						
ANITESPUMANTES						
MEJORADORES DEL I.V.						
DEMULSIFICANTE						

Fuente Química Orgánica Industrial <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

<sup>7</sup> SANZ, Ascención, Lubricantes, Química Orgánica Industrial <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

## **1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA**

Chevron Corporation<sup>8</sup> es una empresa petrolera estadounidense constituida en 1911 en California, tras la disolución del trust Standard Oil, bajo el nombre de Standard Oil of California. En un período de más de cuarenta años, John D. Rockefeller llevó la Standard Oil a ser la compañía más grande del mundo durante mucho tiempo. Dispone de importantes yacimientos petrolíferos y de gas natural, refinerías de petróleo y buques petroleros. Por su volumen de ventas (27.342 millones de dólares) ocupó en 1983 el undécimo lugar entre las mayores empresas industriales del mundo de economía de mercado. En dicho año obtuvo unos beneficios de 1.590 millones de dólares y empleó a 40.000 trabajadores.

A comienzos de 1984 adquirió la propiedad de la Gulf Oil Corporation por un importe de 13.400 millones de dólares y cambió su nombre por el de Chevron, firma que en 1987 ocupó, por su volumen de ventas (26.015 millones de dólares), el 23º lugar entre las mayores empresas industriales del mundo de economía de mercado.

En 1965, Texaco inaugura su planta de lubricantes. Localizado en el Barrio Puente Aranda.

En 1984 se inicia la producción de aceites lubricantes y grasas con el sistema de proceso continuo.

El 9 de octubre de 2001 Texaco se fusionó con Chevron.

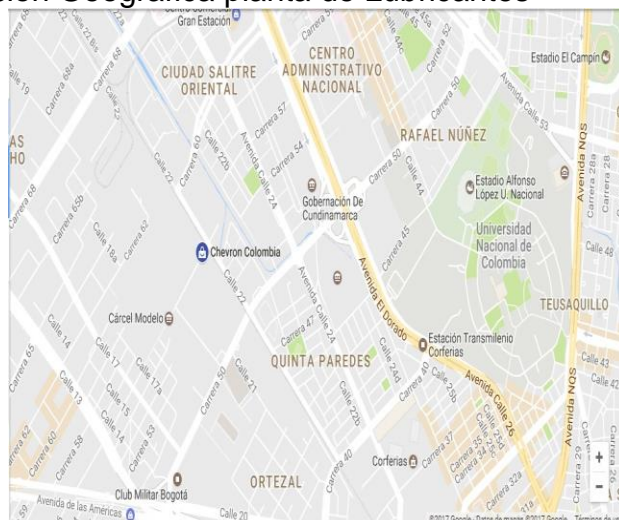
## **1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La empresa se encuentra ubicada en la Ciudad de Bogotá, en el sector de Puente Aranda.

---

<sup>8</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Chevron\\_Corporation](https://es.wikipedia.org/wiki/Chevron_Corporation)

Figura 2 Posicion Geografica planta de Lubricantes



Fuente: Google maps

#### 1.4 DESCRIPCION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

El Departamento de mantenimiento de la unidad de negocio de Downstream area de Lubricantes se compone:

Tabla 2 Cargos Departamento de Mantenimiento

Posición	Código en CMMS
<b>Líder de Mantenimiento Chevron</b>	<b>LID</b>
<b>Ingeniero de Mantenimiento</b>	<b>ISM</b>
<b>Técnico Mecánico Chevron</b>	<b>TMM</b>
<b>Supervisor de Mantenimiento</b>	<b>CSM</b>
<b>Técnico mecánico Contratista</b>	<b>CTM</b>
<b>Técnico mecánico Contratista</b>	<b>CTM</b>
<b>Técnico Electricista Contratista</b>	<b>CTE</b>
<b>Supervisor Operativo Metal</b>	<b>CSO</b>
<b>Supervisor HSE Mantenimiento</b>	<b>SSM</b>
<b>Supervisor HSE Metalmecánica</b>	<b>SHM</b>
<b>Soldador</b>	<b>SOL</b>
<b>Auxiliar de Metalmecánica</b>	<b>CAM</b>
<b>Almacenista</b>	<b>ALM</b>

Fuente:Chevron Planta de Lubricantes Bogotá

Existe diferentes estrategias y tecnicas asociadas al mantenimiento aplicable en la compañía:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Autonomo del TPM

## **1.5 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

**1.5.1 Planteamiento del problema.** La presente monografía evidencia la utilidad de la aplicación tecnológica como una herramienta fundamental dentro de la Gerencia de Mantenimiento.

En la Planta de Lubricantes ubicado en la Ciudad de Bogotá Sector Puente Aranda, la cual maneja varias Líneas de Envasado como son: Aceites 1/4 de Galon, Pinta, Galón, 55 galones por lo cual en cada línea de Envasado se maneja el indicador de mantenimiento OEE (Overall Equipment Efectiveness) efectividad total del equipo este proceso incluye tres componentes Disponibilidad, Rendimiento y Calidad.

En la actualidad los datos utilizados para calcular este indicador de mantenimiento se obtiene de manera paralela con los operarios y los técnicos de mantenimiento usando el formato que se muestra en las tablas 3 y 4, que es diligenciado de manera escrita y dentro de estos roles asignados en el mismo, cabe resaltar que esta informacion es subjetiva y no se puede obtener una data en tiempo real de la eficiencia de los equipos.

Tabla 3 Formato OEE Manual Cara anterior

<b>GESTION DE FABRICACION Y MANTENIMIENTO REPORTE MEDICION OEE LINEA 1/4 de GALON</b>		Código: EAC_001_R01
Vigencia desde: dd/mm/aaaa		

FECHA \_\_\_\_\_ HORA INICIAL \_\_\_\_\_ HORA FINAL \_\_\_\_\_ No. OPERARIOS \_\_\_\_\_  
NOMBRES \_\_\_\_\_

PRODUCTO	TOTAL	FORMATO	No DE CAJAS CONFORMES	No DE CAJAS DEFECTUOSAS

EQUIPOS	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Depaletizadora								
Etiquetadora envases								
Llenadora								
Elevador de tapas								
Tapadora								
Inductor de foil								
Codificador envases								
Divider								
Pisador de tapas								
Engomadora								
Empacadora								
Etiquetadora cajas								
Codificador cajas I								
Control de peso								
Codificador cajas II								
Paletizadora								
Transportador envases								
Transportador cajas								
Transportador CND								
Bomba y marrano								
Robopack								
<b>TOTAL PARADA</b>								
V.B. Técnico	09:00		11:00		14:00		16:00	

Comentarios \_\_\_\_\_

CAMBIO DE FORMATO	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Cambio de formato								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios \_\_\_\_\_

ENVASADO	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Cambio de producto								
Limpieza y Aseo								
Llenado simultáneo								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios \_\_\_\_\_

LABORATORIO	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Aprobación Muestra								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios \_\_\_\_\_

Fuente:Chevron Planta de Lubricantes Bogotá

Tabla 4 Formato Manual de OEE Cara posterior

INSUMOS	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
CALIDAD								
NO HAY INSUMO								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios

PRODUCCIÓN	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Producto en proceso/análisis								
Temperatura								
Apertura de Tanques								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios

UTILIDADES	TIEMPO PARADA						TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Aire								
Energía Eléctrica								
<b>TOTAL PARADA</b>								

Comentarios

ADMON & HES	TIEMPO PARADA				TOTAL	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	Minutos	Horas
Gimnasia Laboral						
Reuniones de sensibilización OE/HES						
<b>TOTAL PARADA</b>						

Comentarios

	TOTAL	
	Minutos	Horas
<b>EQUIPOS</b>		
<b>CAMBIO DE FORMATO</b>		
<b>ENVASADO</b>		
<b>LABORATORIO</b>		
<b>INSUMOS</b>		
<b>PRODUCCIÓN</b>		
<b>PLANEACIÓN</b>		
<b>CND</b>		
<b>UTILIDADES</b>		
<b>ADMON. &amp; HES</b>		
<b>TOTAL PARADA</b>		

VELOCIDAD DE ENVASADO

TEMPERATURA DE ENVASADO

VISCOSIDAD DEL PRODUCTO

TABLA DE CONVERSIONES									
Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas	Minutos	Horas
5	0,08	20	0,33	35	0,58	50	0,83	65	1,08
10	0,17	25	0,42	40	0,67	55	0,92	70	1,17
15	0,25	30	0,50	45	0,75	60	1,00	75	1,25

\* Describir las "otras" causas que se reporten en el área correspondiente.

OPERARIO

TÉCNICO

SUPERVISOR LINEA

Fuente:Chevron Planta de Lubricantes Bogotá.

**1.5.2 Justificación Técnica y Económica.** Desde el punto de vista económico y confiabilidad humana el motivo principal de plantear un modelo para la adquisición de la data necesaria que mediante un sistema de control sensorica, cámara

infrarroja, PLC e interfaz hombre-máquina se pueda obtener y supervisar en tiempo real y objetiva la medición del OEE de la línea de envasado de 1/4 de Galón como factor clave para tener de primera mano la eficiencia total de la Línea y en la toma de decisiones Gerenciales para el cambio, reforma o adquisición de nuevos equipos en las Líneas de envasado, pues el error permisible mediante este sistema de control esta en el orden de 94,11 % mientras que la Confiabilidad Humana nos demuestra que se puede tener error permisible de un 64,7% debido a estrés laboral o relaciones interpersonales con los técnicos de mantenimiento lo que facilita a que los datos suministrados por los operarios no sea eficiente.

En la actualidad y la modernización en tendencias tecnológicas, se cuenta con procesos productivos con técnicas y equipos automatizados el cual conllevan a tener de primera mano los datos de una manera más certera y veraz con seguridad, eficiencia y calidad en los procesos industriales aplica.dos. Y otra ventaja es la ventaja económica que se tiene la presente propuesta como observa en el siguiente análisis financiero Tabla 5.

Tabla 5 Análisis financiero de la propuesta

<b>Descripcion</b>	<b>Costo</b>	<b>Beneficio</b>
Medición del OEE mediante cálculo manual	\$ 50.000.000 incluye tiempos de personal operativos 22, técnicos de mantenimiento 4 y programadores 2	-Medición subjetiva. -Medición al final del día. -Involucra comportamientos. -En su época no existía la tecnología de punta aun así funciona el cálculo.
Medición del OEE mediante cálculo automático con la Plataforma Rockwell automation Mediante el proveedor Omnicrom	\$ 136.903.986 ROI proyectado en 3 años. Comprende: Un programador, HMI's PLC's, sensores, software.	-Medición Objetivo. -Medición tiempo real. -Realiza en cualquier instante la medición. -El cálculo del OEE con mayor precisión

Fuente: Chevron Planta de Lubricantes Bogotá

## **1.6 OBJETIVOS**

**1.6.1 Objetivo General.** Desarrollar Modelo de Gestión de Mantenimiento para adquisición de datos mediante el uso de un sistema de control y Supervisión del OEE en la línea de envasado de 1/4 de Galón en una Planta de Lubricantes.

**1.6.2 Objetivos específicos.** Definir la estrategia de control que se utilizara para la adquisición de datos en tiempo real.

Proponer un sistema de informacion mediante el cual se pueda Supervisar el OEE desde el Departamento de Mantenimiento.

Aplicar la taxonomia de los equipos descrita en la ISA S95 para identificar el equipo extraerá la informacion requerida para el cálculo de OEE y la interfaz (hombre-máquina) utilizada para su tratamiento.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL-TPM**

El TPM también llamado Total Productive Management, es cada vez más utilizado en el mundo industrial y especialmente en los países de América Latina. Este hecho es debido a los resultados sorprendentes que han tenido las empresas que lo han implementado, en el mayor de los resultados se puede duplicar la productividad y/o reducir los costos en un 30% o más. TPM es un sistema de gestión, es una estrategia que identifica y elimina las pérdidas de los procesos, que maximiza la utilización de los activos, y garantiza la creación de productos y servicios de alta calidad y costos competitivos.

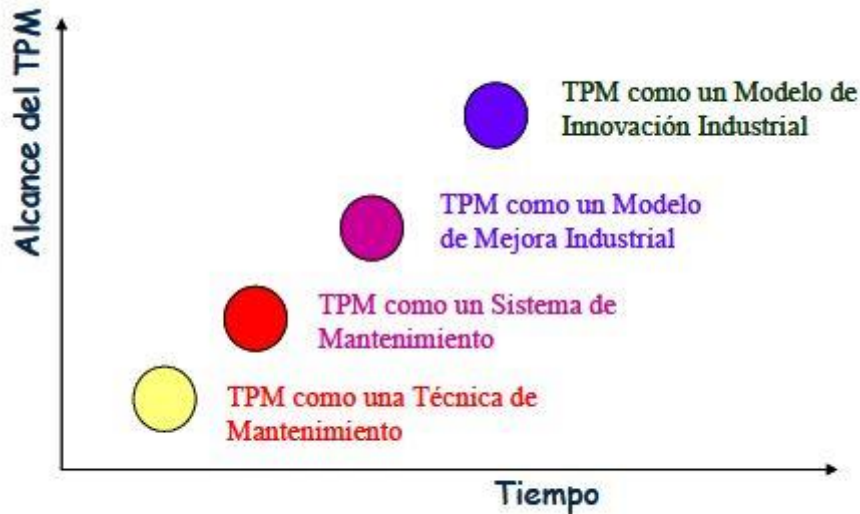
El TPM más allá de ser una estrategia o un modelo de gestión de los procesos productivos implica un cambio cultural en la empresa tanto a nivel operacional como de dirección, de esta forma el TPM se orienta hacia el crecimiento de la organización mediante el mejoramiento de la capacidad productiva desarrollando la capacidad operacional de la mano de obra (Cuatrecasas & Torrel, 2010).

El concepto TPM en realidad es el mismo mantenimiento productivo desarrollado en EUA, que fue modificado, mejorado e intensificado para adaptarlo al entorno industrial Japonés, hace más de 50 años Japón introdujo los conceptos de mantenimiento preventivo (PM) ya existente en Estados Unidos y los conceptos como OBM (mantenimiento basado en los operadores) empleado por General Electric, desde la década de los 1970s, el TPM definido como el mantenimiento productivo realizado por todos, fue puesto en práctica en Japón inicialmente por Nippondenso Co, proveedor de Toyota en 1969 (Arciniegas, 2010).

Por otro lado, Seiichi Nakajima considerado el padre del TPM fundador del Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta (JIPM), es el que ha recibido el

crédito de la definición de los conceptos del TPM y de haberlo implementado en cientos de plantas en Japón, durante los 1970s, Nakajima apoyado del liderazgo de Shigeo Shingo ingeniero de producción de Toyota (desarrollador del TPS – Sistema de Producción de Toyota) introdujeron el concepto de cero paradas y cero defectos con la técnica TPM describiendo la metodología para garantizar la confiabilidad de equipos dentro del proceso productivo, los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a finales de 1980s y en 1990 se desarrolló la primera conferencia sobre TPM en Estados Unidos (Giraldo, 2008).

Figura 3. Evolución del TPM



**Fuente: Nakajima 2001**

Figura 3. Evolución del Mantenimiento hacia el TPM (fuente: Rey Sacristán, 2008)  
 TPM evolucionó del concepto del involucramiento de todos los miembros de la compañía en las actividades de mantenimiento Preventivo (PM) a lo que hoy se conoce Dirección productiva total (Total Productive Management) (Cuatrecas y Torrel, 2010).

La evolución del mantenimiento hacia el TPM se muestra en las fases, que Rey Sacristán (2008) las llamó generaciones: En la primera generación, que se dio antes de 1950, se caracterizó por aplicar un mantenimiento de reparación (correctivo), basado exclusivamente en la reparación de averías; la segunda generación, se dio a partir de 1950, donde se establecen las bases del Mantenimiento Preventivo, un nuevo enfoque que busca por encima de todo la rentabilidad económica, en base a maximización de la producción. Establecen funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prever posibles fallos antes de que sucedan. También, en esta generación se aumenta el grado de planificación y aparece el concepto de Mantenimiento Preventivo basado en el Tiempo (MBT), que trata de planificar las actividades de mantenimiento de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean para garantizar su buen funcionamiento; La tercera generación aparece el mantenimiento basado en las condiciones (MBC) donde se planifica el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, para asegurar que reúnan las condiciones necesarias para una correcta operación y se puedan prevenir posibles anomalías y la Cuarta generación, que se da en la década de 1960s, se incorpora el concepto de Mantenimiento Productivo, que abarca todos los anteriores e incluye un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo.

La definición original que dio JIPM estaba orientada únicamente a las áreas de producción, pero posteriormente se extendió al resto de áreas de la empresa y fue redefinido como se aplica a todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se sustenta en la participación de todos los miembros de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de “cero pérdidas” se alcanza a través de grupos pequeños” (Cuatrecasas, 2007).

Como se observa el TPM no solo involucra las áreas de mantenimiento, producción y calidad, sino las áreas administrativas y de apoyo, buscando

permanentemente lograr cero accidentes, cero defectos y cero fallos del equipo a través de la gestión sobre las pérdidas. Como el compromiso total del equipo de dirección de la empresa, la delegación de la autoridad, un programa a largo plazo y un cambio de mentalidad y actitud hacia las nuevas responsabilidades (Arciniegas, 2010). De esta forma el objetivo del TPM es incrementar significativamente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado.

De esta forma se puede decir que los objetivos del TPM en mantenimiento son y se ilustra en la Figura 6:

- Crear una organización que mejora continuamente los procesos.
- Establecer una metodología para la eliminación permanente de las pérdidas.
- Involucrar toda la cadena de valor para su desarrollo.
- Lograr la participación de todos dentro de la empresa.
- Orientarse al trabajo de pequeños equipos.

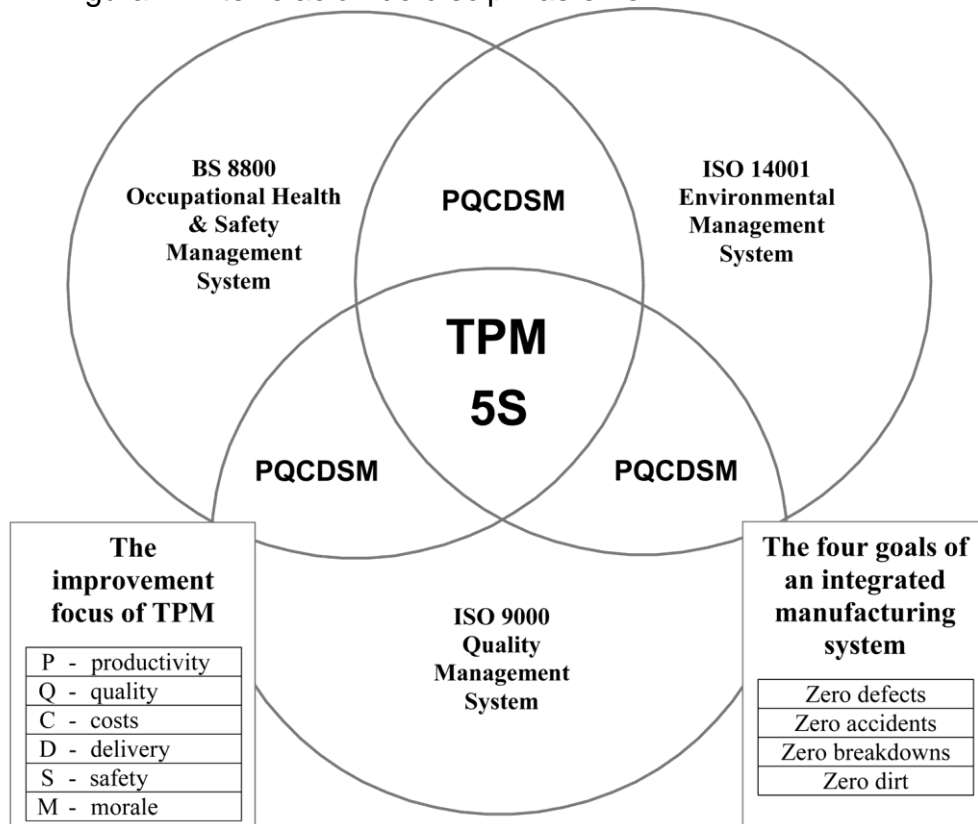
Se logran los resultados aplicando el TPM son (Cuatrecasas y Terrel, 2010):

- Elimina pérdidas que afectan la productividad
- Mejora la confiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Reduce los costos de mantenimiento y producción
- Mejora la calidad del producto final.
- Aumenta el ciclo de vida de los equipos
- Aumenta la capacidad de respuesta
- Desarrolla nuevas competencias técnicas
- Mejora la calidad del ambiente de trabajo
- Permite mejor control de las operaciones
- Incrementa la moral de los trabajadores
- Crea cultura de responsabilidad disciplina y respeto por las normas
- Permite el aprendizaje permanente
- Crea un ambiente de participación, colaboración y creatividad
- Crea redes eficaces de comunicación

- Mejora las condiciones ambientales
- Genera cultura de prevención de accidente
- Incrementa la capacidad de identificación de problemas potenciales
- Elimina radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

Se resume en la figura 4. La interrelación de disciplinas para lograr lo anterior mencionado.

Figura 4. Interrelación de disciplinas en el TPM



Fuente:

**2.1.1 Pilares del TPM.** El desarrollo del TPM se lleva a cabo enfocándose en ocho pilares, que constituyen la infraestructura de todo el sistema.

- **Mantenimiento Autónomo.** Este pilar desarrolla en las personas la capacidad para detectar y prevenir anomalías en su equipo evitando que se transformen en problemas graves, el pilar de mantenimiento autónomo utiliza el concepto de limpieza como inspección, garantizando la óptima condición de funcionamiento y limpieza del equipo.
- **Mejoras Enfocadas.** Este pilar se concentra en la eliminación permanente de las pérdidas para lograr la máxima eficacia global de los equipos y procesos de la empresa, lo cual se desarrolla a través del trabajo de equipos interdisciplinarios que lideran el mejoramiento continuo y la eliminación de pérdidas.
- **Mantenimiento Planificado.** Este pilar busca alcanzar gradualmente, cero fallas en equipos a través del conocimiento perfecto de las fallas, la reversión del deterioro, la creación de un sistema de información, el mantenimiento preventivo y predictivo y las metodologías de análisis de fallos.
- **Pilar de educación y entrenamiento.** Este pilar desarrolla las habilidades y competencias de las personas para garantizar altos niveles de desempeño en su puesto de trabajo, a través de programas integrados de formación y lecciones de un punto.
- **Pilar de seguridad, Higiene y Medio Ambiente.** Este pilar crea un sistema de gestión integral de seguridad y medio ambiente que permite lograr cero accidente y contribuir a prevenir los riesgos que podrían afectar la integridad de las personas o generar efectos negativos al medio ambiente.
- **Pilar Mantenimiento de la calidad.** Este pilar tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el “cero defectos” es factible. El pilar de la calidad busca identificar los puntos de chequeo para todas las condiciones de equipos y procesos que afectan al producto, con el fin de tomar las acciones apropiadas.

- **Pilar de control inicial.** Este pilar busca el desarrollo de equipos con ingeniería altamente fiable, amigables de operar y mantener. Busca además de fabricar productos libres de pérdidas y defectos durante el tiempo de vida útil del equipo.
- **Pilar Administrativo.** Este pilar busca reducir las pérdidas que se producen en todas las actividades no involucradas en el equipo productivo (planificación, desarrollo, administración, etc.), aunque no producen un valor directo como producción, facilitan el apoyo para que el proceso productivo funcione eficientemente. Este pilar ayuda a evitar las pérdidas de información, coordinación precisión, etc.

Figura 5 Pilares de TPM



Fuente: CDI Consultoría

Los pilares como su nombre lo dice, permiten darle una estructura a todo el programa y sistema de TPM, figura 5, ellos también permiten soportar el sistema de gestión del programa, para que sea sostenible.

Cuando se habla de eficiencia de líneas de producción y de procesos, es obligado hablar de Mantenimiento Productivo Total – TPM, debido a que fue en Japón que

se desarrolló la métrica OEE, dentro del entorno del TPM. El gran objetivo del TPM es la eliminación de las pérdidas que afectan a la eficiencia de los procesos, todo está fundamentado en el gran objetivo de la Excelencia Operacional, reducción y eliminación de las pérdidas en todos los procesos de la organización, que al mismo tiempo es el objetivo del pensamiento Lean (Jones & Womack, 2003).

Figura 6. Objetivos del TPM en el mantenimiento



Fuente: [http://www.enovalevante.es/mantenimiento-montajes/2016/05/30/objetivos\\_del\\_tpm\\_mantenimiento\\_industrial](http://www.enovalevante.es/mantenimiento-montajes/2016/05/30/objetivos_del_tpm_mantenimiento_industrial)

El concepto de pérdidas (despilfarros) lo formalizó Taiichi Ohno (1912-1990) ingeniero y presidente de Toyota, quien estructuró el Sistema de Producción de Toyota (TPS – Toyota Production Systems), y fue un enemigo feroz de los desperdicios e identificó los siete desperdicios fundamentales (Taiichi Ohno, 1991), que posteriormente se ampliaron a 16. El TPS y el TPM están fundamentados en la eficiencia a través de la eliminación de las pérdidas y/o desperdicios, debido a

esto se formularon las métricas asociadas a la eliminación de las pérdidas, y la principal es el OEE <sup>9</sup>.

Si vamos en situaciones más avanzadas de TPM, donde se ha llevado un registro muy juicioso de las fallas y averías de los equipos y de las componentes críticas, se hace un mantenimiento planificado y basado en la confiabilidad, en este caso se pueden tener un plan de reemplazo preventivo (Jardine & Tsang, 2013) en donde a través de un modelo estocástico se puede establecer el periodo de tiempo en que se deben reemplazar las piezas y componentes antes de que se generen las averías, de esta forma la probabilidad se reduce drásticamente a casi cero, no es posible que sea cero, debido a que aparezca la avería antes del reemplazamiento y en tal caso se reemplaza antes del tiempo planificado, aquí la pérdida se convierte en una parada programadas por reemplazamiento.

**2.1.2 Despilfarro.** Uno de los aspectos más importantes en la optimización de los procesos industriales es la eliminación, evitar o reducción de las pérdidas (despilfarros figura 7). Las pérdidas están relacionadas directamente con la eficiencia de la producción. Como lo plantea Suzuki (2000), la eficiencia de las líneas de producción depende directamente de la forma como se utilizan los equipos, las materias primas, las personas y los métodos. La eficiencia de la utilización de todos los recursos se logra cuando se pueden eliminar las pérdidas o al menos minimizarlas.

---

<sup>9</sup> SÁNCHEZ SILVA, Rocío Andrea. Construcción de un modelo estocástico para la eficiencia global de los equipos (OEE). Tesis de grado Magister en Ingeniería Industrial. Universidad Distrital Francisco José Caldas. Facultad de Ingeniería Industrial, 2016. p.14-21

Figura 7. Empresas que quieren evitar el despilfarro



Fuente: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/empresas-quieren-evitar-despilfarro-regalias/170083>

Como se define, productividad es la relación entre lo producido y los recursos empleados para producir, la eficiencia clásica de los procesos industriales se asocia a la productividad, se plantea que con los mismos recursos se producen más obteniendo mayor productividad y por tanto mayor eficiencia; este fue el modelo planteado por Ford, y fue válido durante la postguerra de la segunda guerra mundial, cuando se planteó la estrategia de producción en masa y garantizar la productividad en términos de la economía de escala.

Este paradigma fue válido, hasta cuando en la década de 1980s los Japoneses invadieron los mercados con productos diferenciados y con alto valor para el cliente, donde ya no se podía producir en masa con poca diferenciación e innovación, esto hizo que la ventaja que daba la economía de escala se perdiera, porque se fabricaban en mayor número pero diferenciados (mass customization – productos personalizados), por tanto la ecuación de productividad se vio afectada, y se planteó que la eficacia asociada a la productividad, debía obtenerse reduciendo el denominador, es decir utilizar menos recursos, y allí apareció el concepto de utilizar los recursos con mayor valor, y se obtuvo la idea y los fundamentos de la filosofía Toyota, que Womack y Jones (1993) en su libro la máquina que revoluciono el mundo, plantearon como la pérdida (muda), Toyota desarrolló su fuerza competitiva, alcanzando altos niveles de eficacia,

simplemente eliminando las pérdidas en todos los procesos operacionales y que posteriormente ellos lo denominaron el pensamiento Lean (1997).

**2.1.3 Caracterización de las pérdidas.** El pensamiento Lean, hizo que las organizaciones se enfocarán en ser más eficientes simplemente optimizando la utilización de los recursos y al mismo tiempo eliminando las pérdidas de la organización y allí basó la filosofía TPM, la maximización de la eficacia de la producción, minimizando o eliminando las pérdidas. Como lo planteó Womack y Jones (1997) las pérdidas deben ser caracterizadas y ellos plantearon el modelo de las grandes pérdidas, que las clasificaron en:

Todas estas pérdidas son fuentes de ineficiencia de los procesos, desde el punto de vista del TPM solo se centra en el primer grupo, las pérdidas de las eficiencias de los equipos y los procesos. Nakajima (1991) resume estas pérdidas en ocho y las considera las más importantes y relevantes, y a partir de ellas definió el OEE. Las ocho principales pérdidas de una planta son:

- Paradas programadas: aumentar en pleno rendimiento de la planta.

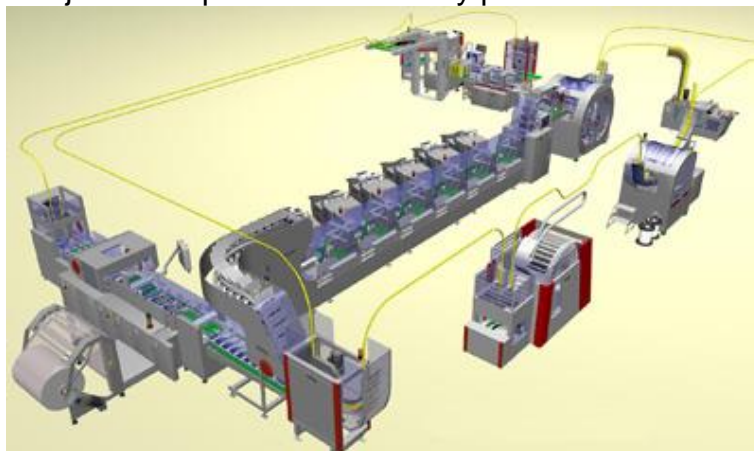
Figura 8. Parada programada en planta



Fuente: <http://huelvaya.es/2017/02/15/cepsa-finaliza-con-exito-su-primera-parada-programada-del-año/>

- Ajustes de la producción: el propósito es determinar los factores ideales necesarios para producir. Como se muestra en la figura 9. La instalación de Ferag muestra la versatilidad de aplicación del sistema, con ajustes de una producción a la siguiente en muy pocos minutos.

Figura 9. Ajustes de producción en muy pocos minutos.



<http://www.interempresas.net/Graficas/Articulos/43206-Ferag-presenta-su-nueva-'Fold-n'Stitch'-en-Hinwil.html>

- Fallos de los equipos: Para evitar paradas inesperadas o fallas de sus equipos y maquinaria productiva se deben desarrollar diagnósticos como se observa en la figura 10.

Figura 10. Diagnóstico de falla



Fuente: <https://www.codensa.com.co/empresas/productos-y-servicios/calidad-de-potencia/diagnostico-de-fallas>

- Fallos de proceso: Se debe desarrollar métodos de prevención para evitar los fallos como se observa en la figura 11.

Figura 11. Mantenimiento Predictivo



<http://www.hispaviacion.es/la-complacencia-en-el-mantenimiento-aeronautico-esa-causa-de-accidentes-en-aviacion/>

- Pérdidas de producción normales: Las pérdidas seguras que son inherentes en el proceso de producción y no pueden eliminarse, estas pérdidas ocurren bajo condiciones operativas eficientes llamadas pérdidas normales. Ejemplo en las operaciones petroleras en los cabezales de pozo figura 12.

Figura 12. Pérdida de Producción



[http://caracol.com.co/radio/2016/08/30/economia/1472591597\\_588809.html](http://caracol.com.co/radio/2016/08/30/economia/1472591597_588809.html)

Pérdidas de producción anormales: También hay algunas pérdidas que no se espera ocurran bajo condiciones operativas eficientes, estas pérdidas no son una parte inherente del proceso de producción, son llamadas perdidas anormales. Las pérdidas normales y anormales requieren un tratamiento contable diferente, la pérdida anormal se trata separadamente como un costo característico fuera de las ganancias y pérdidas al final del periodo ver figura 13.

Figura 13. Unidades perdidas aumentadas



Fuente: <https://contabilidaddecostosunivia.wordpress.com>

- Defectos de calidad: La calidad resulta comparar la cantidad de bienes o servicios producidos dentro de los parámetros de calidad establecidos con la calidad total de bienes o servicios producidos en realidad. Es factor que está más cerca de influir en el mantenimiento, ya que la calidad suelen tener resultado económico negativo por la pérdida de materiales y horas de producción. En la figura 14. Indica en las pruebas y comprobación de la calidad-

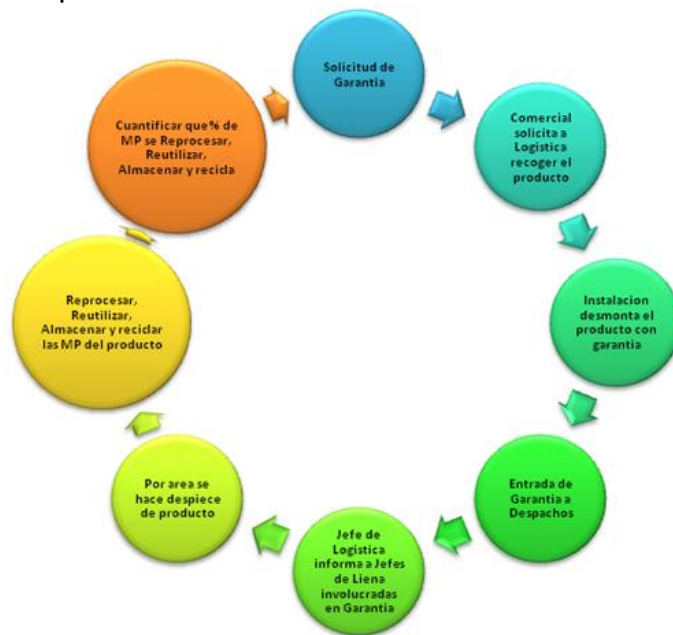
Figura 14. Análisis de Calidad



Fuente: <https://institutotaladriz.wordpress.com/category/control-de-calidad/>

- Reprocesamiento: acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos. Al contrario que el reproceso, la reparación puede afectar o cambiar partes del producto no conforme, Ver ejemplo figura 15.

Figura 15. Reproceso



Fuente: <https://www.emaze.com/@ACQWWLLR/SAVIV-PUBLICIDAD-Y-CIA-SAS>

## 2.2 ÁRBOL DE PÉRDIDAS

Uno de los aspectos más importante para poder lograr una mayor eficiencia de las plantas y líneas de proceso es tener un registro de las pérdidas, que se incurren durante la operación. Por esto se hace muy importante tener una base de datos dónde se registren las pérdidas en la métrica específica de su medición:

- Las paradas se registran como el tiempo de duración de la parada
- La pérdida de rendimiento se registra la velocidad real a la que desarrolla la operación o los tiempos de micro paradas.
- Pérdidas de calidad se registra el número de unidades no conformes o rechazadas.
- Pérdidas de Materia prima se registra los kilos de MP que se desperdicia o su merma.
- Pérdidas de Insumos se registra los kilos o galones de sobre consumo.
- Pérdidas de Energéticos se registra el sobre consumo.

Algo muy importante, de éste registro; es realizar la gestión completa de las pérdidas y garantizar la eliminación o por lo menos la minimización de sus efectos, también tener registro de sus causas, porque con ellas se puede hacer una gestión proactiva de las pérdidas

Entonces se hace necesaria la construcción del árbol de pérdidas. El árbol de pérdidas es una herramienta de gestión que permite visualizar las pérdidas en forma caracterizada por su tipología, normalmente la tipología está asociada a la forma como se diagnostica y los factores que la generan, por esta razón en el árbol de pérdidas se presentan las pérdidas clasificadas de acuerdo a su naturaleza y caracterización.

En general, los causales de las pérdidas de un proceso o una planta se tienen de la siguiente naturaleza:

- **Causas asociadas a los materiales:** son todas las pérdidas relacionadas con las materias primas y/o materiales de empaque. Específicamente, la no conformidad de los materiales o la ausencia de ellos.

- **Causales asociadas al proceso:** son todas las pérdidas relacionadas con la operación, los parámetros y condiciones de funcionamiento del proceso. Específicamente, parámetros de operación fuera de especificaciones (peso final o temperatura) puede generar distintos tipos de pérdidas, paradas para ajustar el proceso, productos no conformes, desperdicio de materiales, o reproceso.

- **Causales asociados a equipos:** son todas pérdidas relacionadas con las condiciones básicas de operación de los equipos o las averías. Específicamente, por ejemplo, los desajustes que tienen los equipos pueden generar pérdidas de calidad, desperdicio de materiales o generar paradas para realizar los ajustes, y a largo plazo pueden generar averías, o también debido a estos desajustes es posible que existan pérdidas de rendimiento porque no se puede operar el equipo a velocidad estándar.

- **Causales de gestión y/o organización:** son todas las pérdidas relacionadas con la ineficiencia por organización de la producción, la gestión de materiales, malas decisiones, falta de información, mala planeación. Específicamente, la falta de materiales hace que se generen paradas o esperas, se tomen decisiones que impacten en el rendimiento o generar no conformidades.

Estos causales van a tipificar y clasificar las pérdidas, por su naturaleza. En general vamos tener pérdidas de tres clases:

- **Pérdidas inesperadas operacionales:** se relacionan con las pérdidas que ocurren inesperadamente, asociadas a causales de proceso, a los materiales, a la gestión y/o organización. Al hacer un análisis si se tienen sus causas es más fácil detectarlas para poderlas eliminar, porque están asociadas a las ineficiencias del proceso.
- **Pérdidas inesperadas de equipo:** se relacionan con las pérdidas que ocurren inesperadamente, asociada a la operación o parada del

funcionamiento del equipo. Normalmente los causales están asociados a averías o falta de mantenimiento a los desajustes que tiene el equipo. Estas pérdidas deben registrarse sus causales para tratar de minimizar la pérdida, no es posible eliminarlas, debido a la tecnología y condiciones de operación de los equipos.

- **Pérdidas programadas (producción normal):** se relacionan con las pérdidas que ocurren en forma programada y están asociadas a actividades que no agregan valor pero que son imprescindibles realizarlas. Estas pérdidas se deben registrar y los causales que ya están definidos por naturaleza y las acciones programada a realizar, por ejemplo los cambios de producto, generan paradas y perdidas de materiales, pero ellos deben ser hechos porque es inevitable un cambio de producto, se deben registrar y el objetivo de ellos es optimizarlos, es realizar las actividades con el menor impacto.

Figura 16. Árbol de pérdidas de paradas de una plata

PARADAS PROGRAMADAS				PARADAS NO PROGRAMADAS										
32				206										
13,4				86,6%										
PROGRAMADAS RUTINARIAS				INESPERADAS OPERACIONALES				INESPERADAS EXTERNAS		INESPERADAS EQUIPOS				
32				136				12		58				
13,4%				57,1%				5,0%		24,4%				
INICIO/FIN DE PRODUCCION	CAMBIO PRODUCTO/REFERENCIA	PROGRAMADA ORGANIZACIONAL	INTERRUPCION PROGRAMADA	FALLOS DE PROCESO	PROBLEMAS OPERACIONALES	PROBLEMAS CALIDAD MATERIALES/INSUMOS	PROBLEMAS LOGISTICOS	FALLOS EQUIPOS EXTERNOS	INESPERADOS DE PLANEACIÓN	DESAJUSTES MECANICOS	AVERIAS MECANICAS	AVERIAS ELECTRICAS	AVERIAS NEUMATICAS	AVERIAS HIDRAULICAS
5	20	0	7	86	40	8	2	4	8	29	18	1	3	7
2%	8%	0%	3%	36%	17%	3%	1%	2%	3%	12%	8%	0%	1%	3%

Fuente: [www.ceroaverias.com](http://www.ceroaverias.com)

La figura 16. Presenta un modelo de árbol de pérdidas de paradas de una planta resumido, allí se observa la estructura jerárquica de las paradas, primero se clasifican las paradas en programadas y no programadas, a continuación las

paradas se clasifican en programadas rutinarias; las paradas no programadas se clasifican en paradas inesperadas operacionales, paradas inesperadas externas y las paradas inesperadas de los equipos. De igual forma cada una de estas clases se despliega en subclases de acuerdo al causal primario que la genera o la naturaleza misma de la parada. Se analiza la aplicación con la cual se va a validar el modelo, se va detallar esta clase y sus causales. Para su gestión, las paradas programadas rutinarias se tienen que analizar y gestionar las mejoras tratando de optimizarlas, por ejemplo los arranques tratar de hacerlos verticales, o los cambios de insumo buscar la tecnología para hacerlos más cortos y con menor frecuencia, los cambios de producto y de referencia se busca hacerlos en menor tiempo (SMED), de la misma forma las interrupciones programadas. Los fallos de proceso, el objetivo es eliminarlos ya sean a través de medios tecnológicos, por medio de Poke Yokes (es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema), sistemas de control que permita activar los sistemas para prevenirlos o que los corrija para evitar que ellos ocurran, o a través de entrenamiento de los operadores o a través de rediseño de sistemas del proceso o utilizar materiales más eficientes que garanticen que el fallo no ocurra <sup>10</sup>

### **2.3 LEAN SIGMA**

Lean Sigma<sup>11</sup> es la combinación de LEAN (Simplificación de procesos) y Seis Sigma (reducción de la variación) utilizando herramientas de calidad y estadísticas para conocer mejor nuestros procesos y obtener resultados mas seguros, mejores, mas rápidos y a menor costo.

Lean se centra en la reducción de la complejidad y la eliminación de residuos (Hacer las cosas bien).

---

<sup>10</sup> SÁNCHEZ SILVA, Rocío Andrea. Construcción de un modelo estocástico para la eficiencia global de los equipos (OEE). Tesis de grado Magister en Ingeniería Industrial. Universidad Distrital Francisco José Caldas. Facultad de Ingeniería Industrial, 2016. p.23-34.

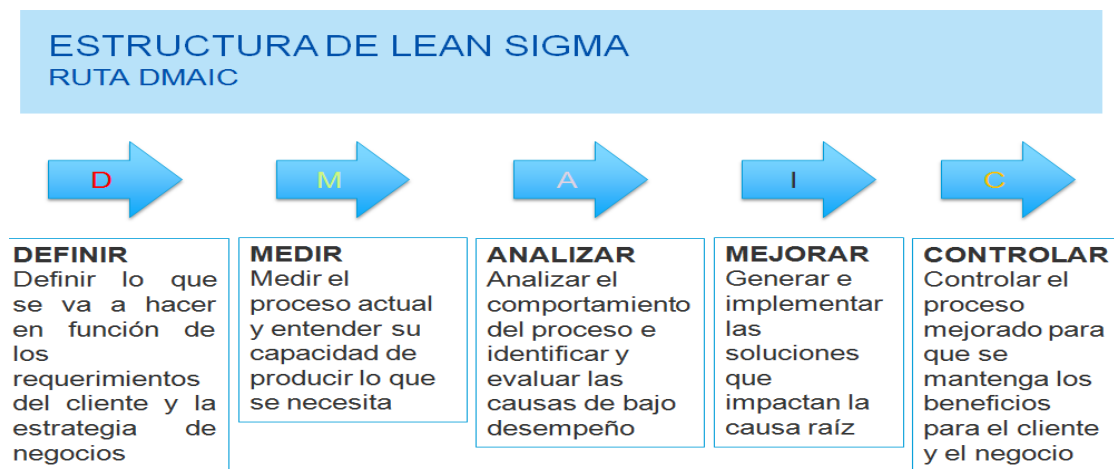
<sup>11</sup> Filosofía adoptada por Chevron Petroleum Company.

Seis sigma se centra en la reducción de la variación en los procesos (Hacer las cosas bien todo el tiempo).

Lean sigma es una metodología para lograr incrementos tangibles en el valor del negocio mediante la mejora sistemática de los procesos existentes.

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lean</li> <li>Hacer que el proceso fluya mejor</li> <li>Simplificar el proceso</li> <li>Aumentar la eficiencia</li> <li>Aumentar la satisfacción del cliente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seis Sigma</li> <li>Utilizar los datos para entender el proceso</li> <li>Reducir la variación del proceso</li> <li>Eliminar defectos</li> <li>Aumentar la consistencia de ejecución</li> <li>Aumentar la satisfacción del cliente</li> </ul> |
|--|---|

Figura 17. Herramientas de Lean Sigma



Fuente: <https://arevalomaria.wordpress.com/page/4/>

Tabla 6 Beneficios de Lean

BENEFICIOS DE LEAN		
EMPRESA	EMPLEADOS	CLIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Productividad:</b> Aumento del 30% al 120%.</li> <li>• <b>Lead Time</b> (Tiempo desde que se recibe una orden hasta que se entrega el producto) Reducción del 40% al 80%.</li> <li>• <b>Manufactura/Costo del producto:</b> Disminución del 20% a 60%.</li> <li>• <b>Inventario:</b> Disminución del 40% al 80%.</li> <li>• <b>Espacio libre:</b> Aumento del 30% al 50%.</li> <li>• <b>Desarrollo de Nuevos Productos:</b> Reducción del tiempo del 30% al 50%.</li> <li>• <b>Costos de calidad:</b> Disminuyen entre el 50% y el 60%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza de Trabajo más productiva, capacitada, competente y eficiente.</li> <li>• Comunicación más efectiva y coordinada a lo largo de toda la organización.</li> <li>• Equipos de trabajo más efectivos.</li> <li>• Reducción de la necesidad de supervisar los empleados.</li> <li>• Ambiente laboral mejorado y enriquecido.</li> <li>• Aumento en la motivación.</li> <li>• El trabajo se desarrolla en condiciones más seguras y saludables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en los tiempos de respuesta a órdenes y requerimientos.</li> <li>• Aumento en la flexibilidad en los pedidos (tamaños de lote, referencias, etc.).</li> <li>• Entrega de producto terminado a tiempo.</li> <li>• Incremento en la confianza del cliente.</li> </ul>

Fuente: Revista, El mueble y la madera, Colombia, 2008.

### 3. RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

#### 3.1 INDICADORES

**3.1.1 Definición de indicador.** AMAYA AMAYA, Jairo<sup>12</sup>. En esencia, un indicador es un punto de referencia que juega un papel descriptivo (estado y evolución de...) o un papel evaluativo (apreciación de una acción sobre...). Es una señal que permite observar y medir el comportamiento de una determinada variable; el indicador pone a flote los aspectos cuantitativos y cualitativos, así como el impacto, la eficiencia y la eficacia de las actividades adelantadas dentro de un proceso de gestión organizacional.

Estos indicadores pueden ser valores, unidades, índices, series estadísticas, etc. Los indicadores pueden ser puntuales o acumulados.

**3.1.2 Indicadores de IASE Mundial.** Confiabilidad<sup>13</sup>: Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

Mantenibilidad: Es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir que, si un componente tiene un 95% de Mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

Disponibilidad: Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un

---

<sup>12</sup> AMAYA AMAYA, Jairo, Gerencia estratégica y operacional del mantenimiento, Docente Universidad Industrial de Santander, 2017

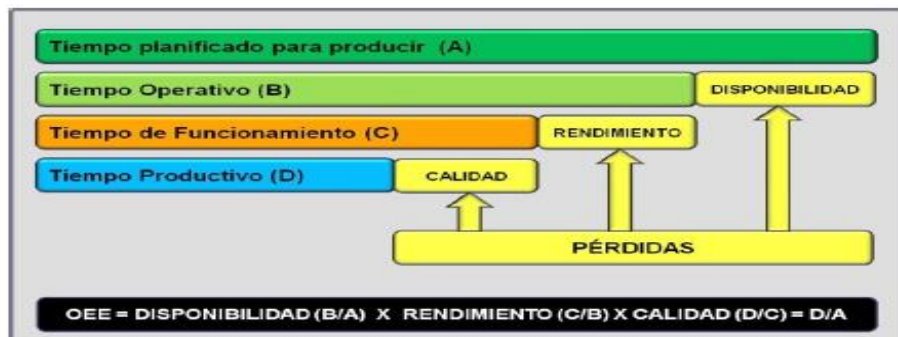
<sup>13</sup> <https://maintenancela.blogspot.com.co/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>.

instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

### 3.2 INDICADOR OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) es la medida total del rendimiento que relaciona la disponibilidad del proceso en la productividad y en la calidad<sup>14</sup>. La medida de OEE muestra Figura 18, que tan bien una empresa está utilizando sus recursos, que incluyen el equipo, el trabajo y la habilidad de satisfacer a sus clientes de la calidad especificada. OEE mide la efectividad de la máquina o instalación y toma en consideración tres componentes principales en los procesos de fabricación: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad, permitiendo ver en forma sencilla el estado en curso del proceso de fabricación y sus efectos en el proceso productivo.

Figura 18. Cálculo de OEE



OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(B)}{(A)} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Planificado}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{(C)}{(B)} = \frac{\text{Tiempo Funcionamiento}}{\text{Tiempo Operativo}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{(D)}{(C)} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Funcionamiento}}$$

Fuente [www.cdiconsultoria.es](http://www.cdiconsultoria.es)

<sup>14</sup> MES Sigma E.I.R.L

En la economía de hoy, se espera que usted mejore continuamente su Rendimiento de Capital Total<sup>15</sup>. Y debido a que es más difícil obtener capital para construir plantas nuevas y más eficientes, a menudo usted tiene que cumplir con las crecientes demandas de producción con el equipo y las instalaciones actuales mientras reduce continuamente los costos.

Hay varias maneras en que usted puede optimizar sus procesos para mejorar la rentabilidad.

Pero puede ser difícil comprender la efectividad global de una operación compleja para que usted pueda decidir dónde hacer mejoras. Eso es cierto sobre todo cuando el proceso involucra múltiples elementos de equipo cuya efectividad es afectada entre ellos mismos.

Un indicador que le puede ayudar a cumplir este reto es OEE. La OEE mide la condición operativa y la fiabilidad de un proceso respecto al nivel de operación deseado. Le puede mostrar qué tan bien está usted utilizando los recursos, incluyendo el equipo y la mano de obra, para satisfacer a los clientes al cumplir con sus requerimientos de suministro y calidad del producto.

El cálculo de la OEE proporciona enfoque y simplicidad para ayudar en la toma de decisiones.

Le puede ayudar a:

- Identificar áreas de mejoramiento
- Evaluar oportunidades de ingreso
- Realizar una evaluación comparativa de su operación respecto a procesos similares o de la competencia

Por ejemplo, al rastrear los factores que determinan la OEE, usted puede determinar si su equipo tuvo más tiempo muerto (programado o no programado)

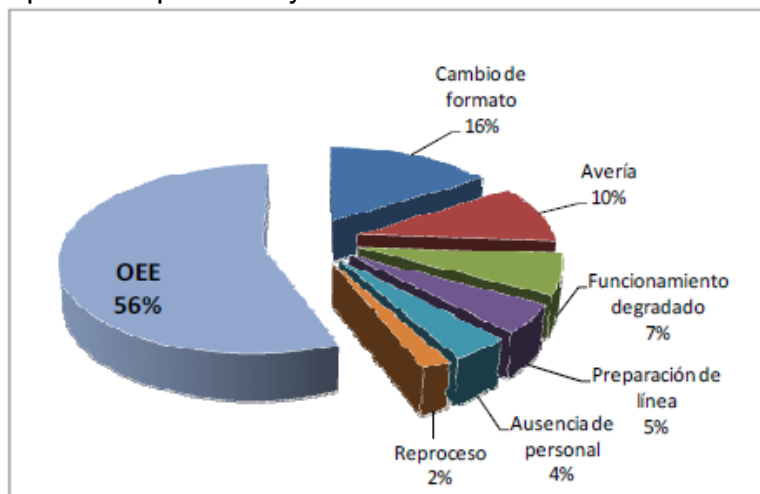
---

<sup>15</sup> Emerson Process Management. Todos los derechos reservados. Vea este y otros cursos en línea en [www.PlantWebUniversity.com](http://www.PlantWebUniversity.com).

de lo esperado, o si estuvo funcionando a un ritmo menor o con pequeños paros, o si produjo más defectos, Figura 19.

El análisis de causa raíz comienza al enfocarse en el tipo y grado de pérdida, no en el porcentaje de OEE en sí. Se debe involucrar tanto las Operaciones como el Mantenimiento al hacer las mejoras ya sea reduciendo el tiempo muerto no programado, incrementando la productividad del proceso o mejorando la calidad del producto.

Figura 19. Tiempos de Operación y Muertos



Fuente [www.cdiconsultoria.es](http://www.cdiconsultoria.es)

Figura 20. Formulas OEE

$$\mathbf{T tiempo\ total} = \mathbf{T tiempo\ disponible} + \mathbf{T tiempo\ planeado}$$

$$\mathbf{T tiempo\ planeado} = \mathbf{Reuniones, comidas, MP, etc.}$$

$$\mathbf{T tiempo\ disponible} = \mathbf{T tiempo\ total} - \mathbf{T tiempo\ planeado}$$

$$\mathbf{T tiempo\ productivo} = \mathbf{T tiempo\ disponible} - \mathbf{T tiempo\ muerto}$$

$$\mathbf{T tiempo\ muerto} = \mathbf{T tiempo\ de\ averías} + \mathbf{T tiempo\ de\ cambio\ de\ producto}$$

$$\mathbf{Disponibilidad} = \frac{\mathbf{T tiempo\ productivo}}{\mathbf{T tiempo\ disponible}}$$

$$\mathbf{Capacidad\ productiva} = \mathbf{T tiempo\ productivo} \times \mathbf{Capacidad\ estándar}$$

$$\mathbf{Producción\ real} = \mathbf{T tiempo\ productivo} \times \mathbf{Capacidad\ real}$$

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{Producción\ real}}{\mathbf{Capacidad\ productiva}}$$

$$\mathbf{Calidad} = \frac{(\mathbf{Producción\ real} - \mathbf{Unidades\ defectuosas})}{\mathbf{Producción\ total}}$$

$$\mathbf{OEE} = \mathbf{Disponibilidad} \times \mathbf{Eficiencia} \times \mathbf{Calidad}$$

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

## 4. METODOLOGIA DE LA PROPUESTA

### 4.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE FACTORY TALK

<sup>16</sup>Ante la importancia que supone para la industria la obtención de información de los procesos productivos, la empresa Rockwell Automation ha creado un paquete de programas llamado FactoryTalk, que es una evolución del anterior RSBizware, que permite obtener los datos de producción directamente de las máquinas gestionarla y realizar informes.

---

<sup>16</sup> Rockwell Automation. Metrics Users Guide.

FactoryTalk, es un paquete integrado de aplicaciones de software para producción de gran rendimiento, altamente escalable, modular y basado en estándares.

FactoryTalk ofrece la integración con la plataforma de control Logix Allen-Bradley de Rockwell Automation, así como una amplia conectividad con sistemas de tecnologías anteriores y de otros fabricantes. Aprovecha una arquitectura orientada a servicios (SOA), un conjunto de servicios integrados que facilita el intercambio de datos entre varias aplicaciones de software de automatización.

El sistema actualmente incluye funciones de seguridad, diagnósticos, auditoría, modelo de datos, otorgamiento de licencia, datos en tiempo real, datos históricos, configuración, alarmas y eventos.

Este enfoque permite que sea mucho más rápido y menos costoso para los usuarios finales que emplean la Arquitectura Integrada de Rockwell Automation incorporar nuevos activos en el entorno de información existente de la planta.

Las aplicaciones FactoryTalk abordan una amplia gama de funciones y procesos típicos de producción, agrupados por Rockwell Automation en seis “disciplinas de producción” primarias:

- Rendimiento y visibilidad – Las soluciones FactoryTalk para la creación y visualización de indicadores métricos clave y contenido en el contexto de la eficacia operativa, incluyen análisis de eficiencia general del equipo (OEE), interface de máquina operador (HMI), generación de informes y procesamiento analítico en línea (OLAP). Los productos disponibles actualmente en esta categoría incluyen FactoryTalks Metrics y RSView.
- Administración de producción – Los productos FactoryTalk en esta categoría incluyen soluciones para la ejecución de pedidos, seguimiento y control interactivo de procesos de fabricación. Los productos ofrecidos actualmente incluyen RSBizWare Scheduler, RSBizWare Batch y RS PMX.

- Gestión de activos – Las aplicaciones FactoryTalk tales como RSMACC crean la base para optimizar las operaciones de la planta y el mantenimiento mediante procedimientos de mitigación de riesgos. Incluyen diagnósticos generales, calibración y monitoreo en tiempo real, así como el equipo de auditoria y estado de la red.
- Calidad y conformidad – Este aspecto abarca productos FactoryTalk para control de calidad automatizado, seguridad y análisis, SPC/SQC, administración de especificaciones y generación de informes reglamentarios.
- Administración de datos – El software FactoryTalk para administración de datos automatizada y manual, incluye eventos, proceso y producción, archivos, conectividad con otros fabricantes, modelos de planta, datos maestros (recetas y especificaciones), almacenamiento de documentos, adición de múltiples sitios con sincronización y administración de recetas. Los productos ofrecidos actualmente en esta categoría incluyen RSBizWare, RSSql, RSLinx y RSBizWare Historian.
- Diseño y configuración – Incluye mejoras continuas a soluciones de software, tales como RSLogix 5000, usado para diseño e implementación de aplicaciones discretas, de lotes, de procesos, de control de movimiento y seguridad, controladas por soluciones que aprovechan la plataforma de control Logix. Esta disciplina también incluye aplicaciones de simulación.

El desarrollo del paquete FactoryTalk aumenta más aún el valor de la Arquitectura Integrada de Rockwell Automation. La plataforma de control Logix de Allen-Bradley ha sido reconocida por la industria como el sistema de control multidisciplinar más versátil.

Rockwell Automation aprovechará los siguientes atributos habilitados por información de Logix dentro del conjunto de software para administración de producción y rendimiento FactoryTalk:

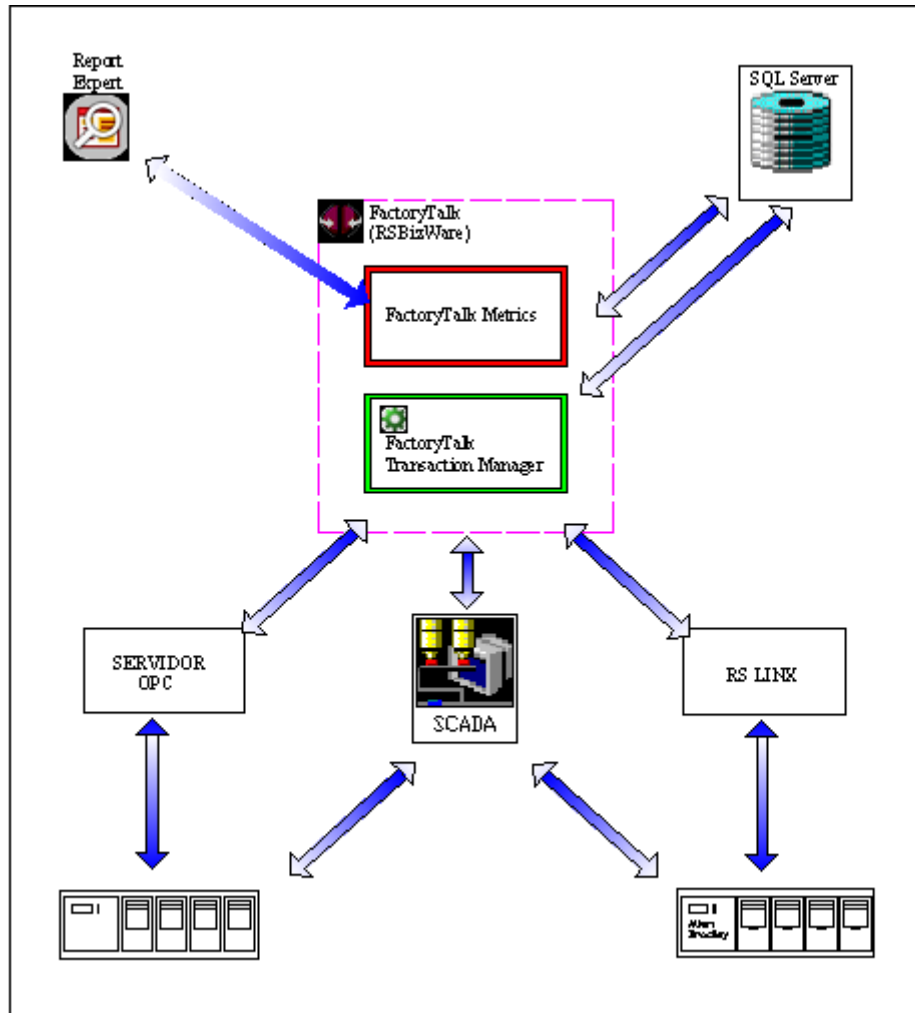
- Alcance de suministro – La plataforma de control Logix ofrece la capacidad de ejecutar control secuencial, de lotes, de procesos, de movimiento y seguridad, lo cual elimina la necesidad de integrar múltiples controladores.
- Capacidad de escalado – La plataforma de control Logix está disponible a través de una amplia gama de controladores diseñados para satisfacer las necesidades de aplicaciones específicas. Las aplicaciones de software FactoryTalk pueden implementarse como soluciones embebidas, autónomas, a nivel de toda la planta o en múltiples sitios.

Gestión de activos aplicado a una línea de producción.

- Información en tiempo real – La plataforma de control Logix y el paquete de software de información a nivel de toda la planta FactoryTalk ofrecen una integración de primera, así como conectividad con sistemas de tecnologías anteriores o de otros fabricantes. Esto ayuda a proporcionar integración de bajo coste y un flujo de información en tiempo real más eficiente.

## 4.2 ARQUITECTURA DE FACTORYTALK

Figura 21. Lazo de control SCADA



Fuente: Rockwell Automation

- Descripción de Software para Aplicar en un Proceso Productivo

En un proceso productivo en el que se quiere aplicar la solución de Rockwell Automation FactoryTalk, se ha de determinar si se quiere aplicar la totalidad del paquete o partes de él.

En el caso que ocupa a este proyecto los productos software que intervienen se pueden diferenciar en un software principal, el cual realiza las funciones que

interesan para la mejora del proceso productivo, y software de soporte, los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del software principal.

El software que intervienen en el proceso productivo son:

Programa principal:

- FactoryTalk Metrics .Programas soporte.
- RSBizWare.
- FactoryTalk Tansaction Manager.
- RSView.
- Report Expert.
- SQL Server 2005 (Microsoft).

**4.2.1 Factory Talk Metrics.** Como parte de las soluciones que Rockwell Automation ha creado para optimizar los procesos productivos, uno de los más importantes es el software FactoryTalk Metrics, el cual ha sido diseñado con el objetivo de mejorar la producción, reducir costes en el proceso productivo y aumentar la calidad. Todo ello mediante la generación de Gestión de activos aplicado a una línea de producción informes precisos acerca de la actividad real de la planta. Lo cual supone un aumento de la eficiencia del equipo existente.

La monitorización de los equipos de trabajo (máquinas) a nivel de planta ofrece gran cantidad de información, precisa y puntual acerca del trabajo que están realizando las máquinas, a su vez proporciona un detallado historial

Esta es la base que permite aumentar la eficiencia en los procesos de producción, reducir “scrap”, determinar con exactitud los tiempos de ciclo, y reducir los tiempos improductivos.

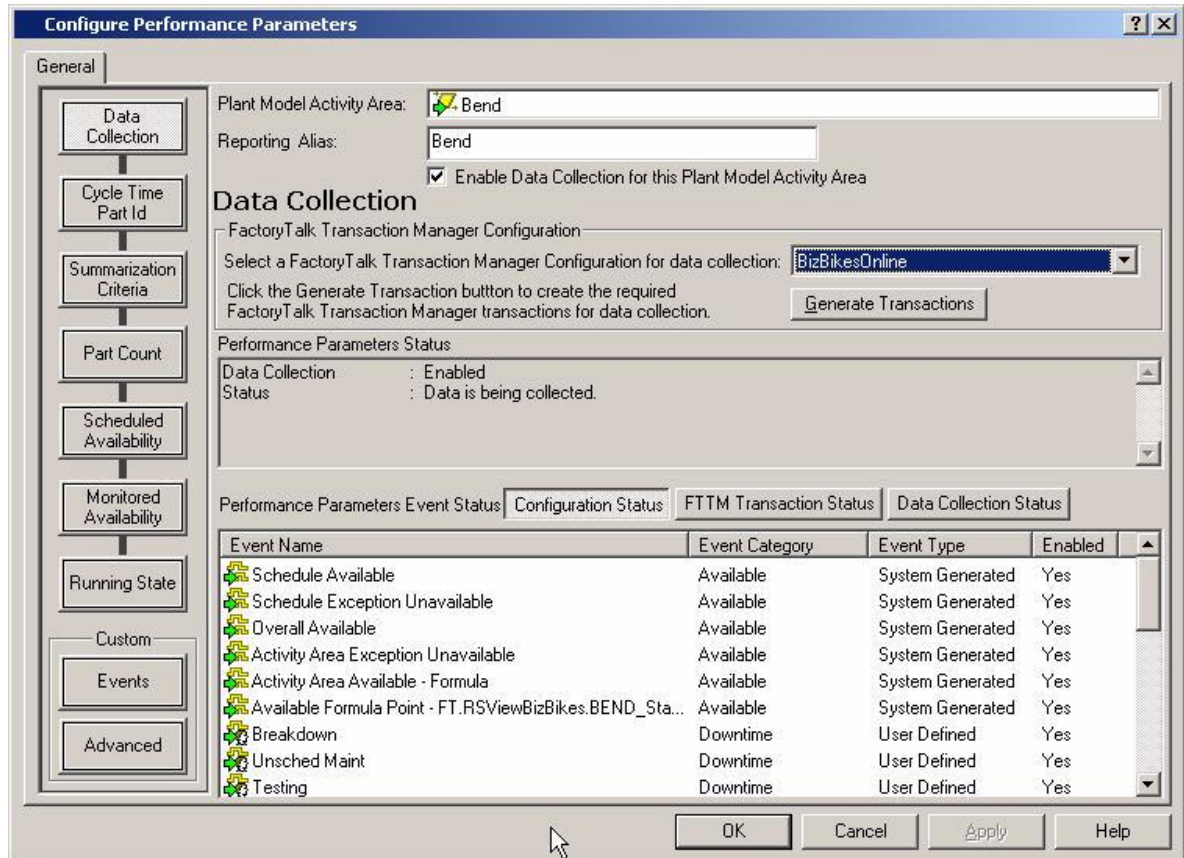
FactoryTalk Metrics presenta una configuración sencilla, flexible, adaptable y escalable, compatible con cualquier PLC o HMI que utilice normas OPC. Permite adquisición de datos y almacenamiento de la información de forma normalizada, eficiente y manejable, ya que las fórmulas y cálculos son altamente configurables.

Compatible con Microsoft Reporting Service, con acceso a gran variedad de tipos de informes a través del examinador de web. Además ofrece la posibilidad de obtener en tiempo real indicadores clave de prestación (ICP), recuento de producción, tanto de piezas “Ok”, como de “scrap”. También permite el recuento de producciones ideales así como del tiempo invertido en eventos personalizables como el tiempo de inactividad, esperas, reposos, cambios de referencia, etc.

**4.2.2 Consola de configuración.** La Consola de Configuración permite a los usuarios autorizados configurar FactoryTalk Metrics. Existen asistentes de configuración que guían al usuario a través del proceso de configuración, con lo que se permite un escudo muy simple a uno muy detallado según los requisitos.

Como los procesos productivos o las necesidades de información evolucionan con el tiempo, las configuraciones realizadas pueden ser modificadas sin interrumpir la adquisición de datos en curso.

Figura 22. Datos sobre eficiencia y eventos personalizables.



Fuente: Rockwell Automation

La adquisición de datos es fundamental para realizar cálculos de eficiencia global de equipos (OEE), además de otros indicadores clave de prestación (ICP), como recuento de producción, tiempos de ciclo e ID de pieza, estado y turnos disponibles, e indicadores de funcionamiento.

Se pueden crear eventos personalizables para monitorizar aspectos de las máquinas que pueden interesar al usuario, como análisis de tiempo improductivo, mantenimiento predictivo, estado de los equipos, cálculo de de fallos como MTBF/MTTR, análisis de tiempos de ciclo, seguimiento de defectos y controles de calidad.

**4.2.3 RSBIZWARE.** RSBizWare<sup>17</sup> es el conjunto de herramientas sobre el que se ha creado y evolucionado el paquete de productos FactoryTalk. Aún se hace necesaria su instalación ya que posee elementos imprescindibles sobre los que corre FactoryTalk Metrics y otros como FactoryTalk Transaction Manager.

Al realizar la instalación de este software, se instalan todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de la totalidad de productos que forman parte de Gestión de activos aplicado a una línea de producción FactoryTalk, pero para la aplicación específica de FactoryTalk Metrics los necesarios son:

- **FactoryTalk Administration Console.** Es una herramienta que permite la creación, configuración y gestión de las aplicaciones. Es decir, en esta interface aparecen aquellos dispositivos, áreas, líneas de producción sobre los que se quiere hacer la adquisición de datos. También se definen los usuarios y sus derechos sobre la configuración de FactoryTalk. Al igual que la visualización de los mensajes de diagnóstico.
- **Configuration Console.** La consola de configuración es una de las herramientas más importantes, ya que en esta interface se realiza la prácticamente totalidad de las configuraciones para la personalización de FactoryTalk Metrics. En ella se definen los modelos de planta, los turnos, etc. Además de establecer los tiempos de recogida de datos, establecer los parámetros para los cálculos de eficiencia (OEE), personalización de eventos, crear y visualizar informes generados en el entorno RSBizWare. Por lo tanto la Consola de Configuración proporciona funcionalidad personalizada a FactoryTalk Metrics.

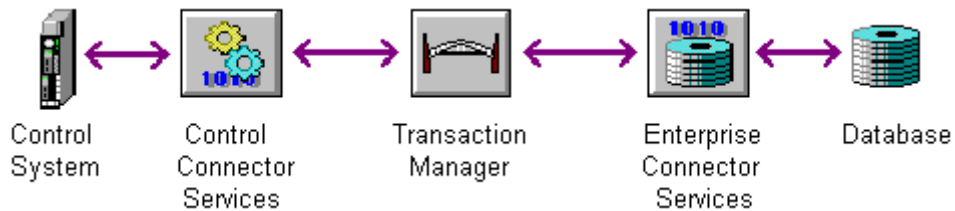
---

<sup>17</sup> Rockwell Automation. RSBizWare Administrators Guide.

**4.2.4 FACTORYTALK TRANSACTION MANAGER.** FactoryTalk Transaction Manager es un software que aunque se puede instalar de manera individual, se instala por defecto con el conjunto de herramientas que proporciona RSBizWare.

Su función es la de gestionar la comunicación entre el paquete de aplicaciones FactoryTalk y los dispositivos industriales de manera bidireccional.

Figura 23. Sistema en red



Fuente: Rockwell Automation

FactoryTalk Transaction Manager puede interactuar con los siguientes sistemas de planta:

- Interface hombre-máquina (HMI).
- Controladores lógicos programables (PLC's).
- Controladores ControlLogix.
- Sistemas de control distribuido (DCS).

**4.2.5 RSVIEW 32.** RSView32 es un software para crear y ejecutar aplicaciones de adquisición de datos, supervisión y control (SCADA).

Diseñado para su uso en Microsoft Server 2003, Windows XP y entornos de Windows 2000, RSView32 contiene las herramientas necesarias para la creación de una interface hombre-máquina, incluido los dibujos de animación en tiempo real, elaboración de gráficos, tendencias, alarmas y resúmenes.

RSView32 permite la integración con los productos de Rockwell Automation como los de otros fabricantes, con el fin de maximizar tecnologías del tipo ActiveX, VBA, OLE, ODBC y OPC.

Para este proyecto RSView32 actúa como centro de producción generando los datos con los que FactoryTalk Metrics ha de trabajar.

**4.2.6 REPORT EXPERT.** FactoryTalk Metrics es compatible con dos sistemas de generación de informes: Quick Web y Report Expert.

Report Expert es un software de soporte nuevo y opcional para la generación de informes de datos basado en la tecnología MSRS (Microsoft Reporting Service) de Microsoft, con extensiones especiales diseñadas para la generación de informes de datos FactoryTalk Metrics. Además, posee capacidad para generar informes tipo lista para usar como soporte para aplicaciones personalizadas. Asimismo, incluye informes preconfigurados. Con este tipo de informes el usuario puede crear conjunto de parámetros aplicables a plantillas de informes estándar, y por lo tanto personalizar tanto el contenido del informe como el comportamiento de los mismos. Todo ello a través de una interface de fácil manejo.

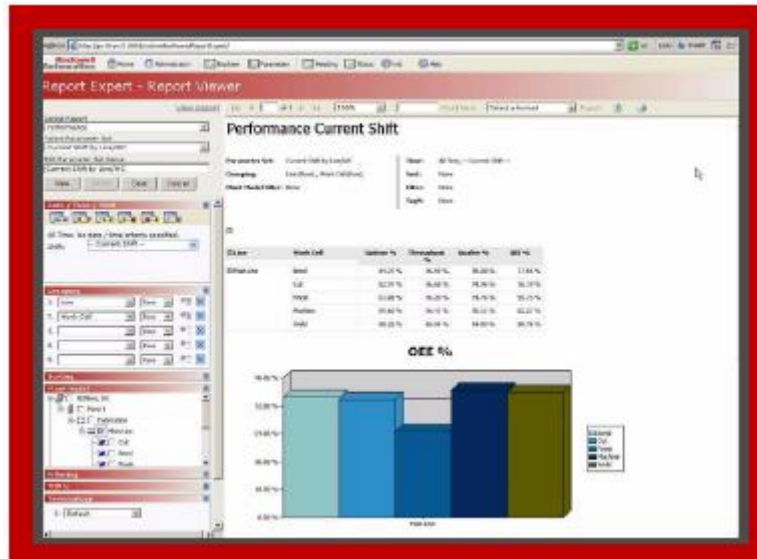
Report Expert cuenta con plantillas de informes estándar para producción, prestaciones, rendimiento efectivo, calidad, tiempo productivo, resumen de eventos, detalles de eventos.

Los conjuntos de parámetros personalizables pueden crearse y aplicarse a cualquier plantilla de informes. Los datos configurables en los conjuntos de parámetros son:

Filtros de tiempos (rango de fechas, tiempo relativo, turnos, filtros de tiempos asignados), grupo (grupo de columnas, filas, paginas), clasificación (para cualquier campo de datos), filtros de modelos de plantas (para cualquier tipo de célula de

trabajo, línea, área, etc.), filtros por valores de datos, filtros Top (N) Pareto, idioma/terminología.

Figura 24. Reporte Básico OEE



Fuente Rockwell Automation

**4.2.7 SQL SERVER 2005.** Microsoft SQL Server 2005 es un sistema de gestión de bases de datos basado en el lenguaje Transact-SQL, capaz de gestionar gran cantidad de datos de manera simultánea.

Este software ha sido desarrollado especialmente para su aplicación en el ámbito empresarial, para solucionar el análisis y administración de datos integrados. Da especial importancia a la seguridad y a que las aplicaciones resulten escalables y confiables. Reduce la complejidad de los procesos de creación, implementación y administración de aplicaciones de bases de datos. También tiene la capacidad de compartir datos en varias plataformas, aplicaciones y dispositivos para facilitar la conexión de sistemas internos y externos.

### **4.3 MODELO DE PLANTA ISA S95**

La Norma internacional ISA-95 ha sido desarrollada para hacer frente a los problemas encontrados durante el desarrollo de interfaces automatizadas entre la empresa y los sistemas de control. Este estándar ha sido desarrollado para todo tipo de entornos de fabricación en todo el mundo. Se puede aplicar en todas las industrias y en todo tipo de procesos, como por lotes, continuo y los procesos repetitivos o discretos.

Con la aparición de nuevas tecnologías, cada vez es más fácil automatizar el intercambio de información entre el piso de oficina y el de planta; una interfaz automatizada entre la empresa y los sistemas de control puede dar lugar a numerosas ventajas, por ejemplo, la información importante se haría accesible en el momento oportuno y el lugar correcto, la empresa tendría acceso a información de las materias primas y productos finales en tiempo real, lo que permitiría un uso óptimo de la capacidad de almacenamiento.

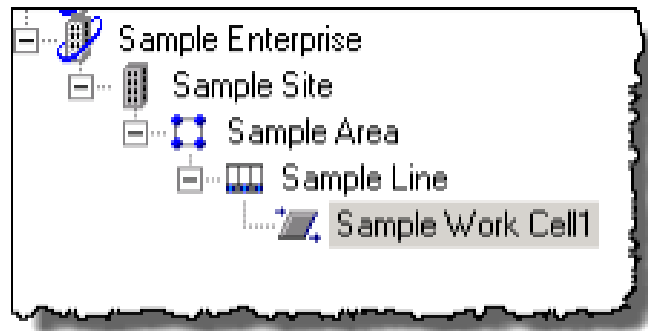
La Norma ISA-95 consta de cinco partes. La parte 1, consta de terminología estándar y la definición de modelos de objetos, que pueden ser utilizados para decidir qué información debe ser intercambiada. La parte 2, consta de atributos para cada objeto que se define en la parte 1. Los objetos y los atributos de la parte 2 se pueden utilizar para el intercambio de información entre sistemas diferentes, pero estos objetos y atributos también se pueden utilizar como base para bases de datos relacionales.

La parte 3, se centra en las funciones y actividades en el nivel 3 o capa producción/MES (Calidad, mantenimiento, inventarios y producción). Actualmente, el comité SP95 está desarrollando la parte 4 y 5, tituladas: "Modelos de objetos y

atributos de la gestión de las operaciones de manufactura" e "Integración de la empresa y los sistemas de control", respectivamente.

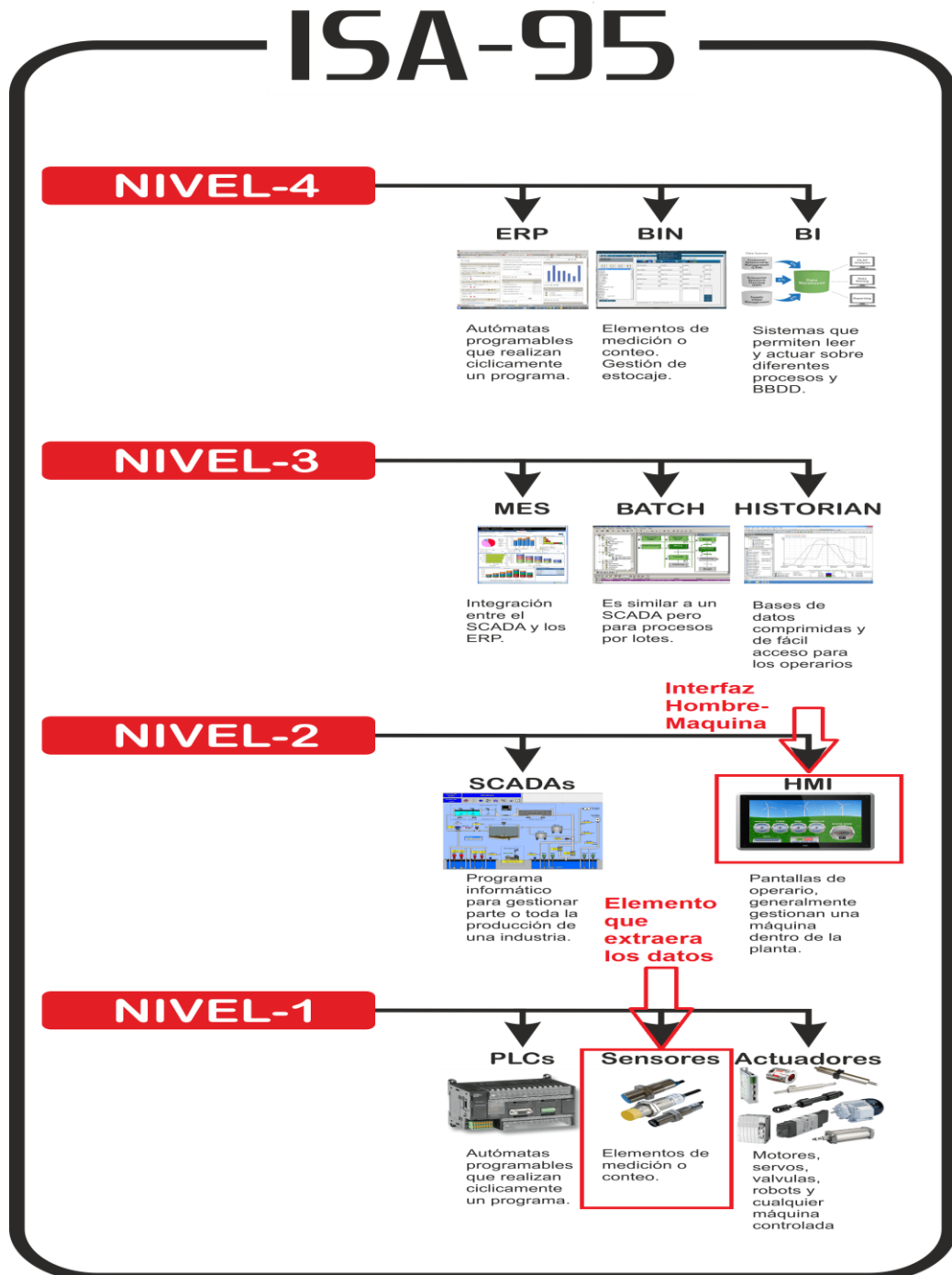
El modelo de la planta se compone de áreas de actividad - empresas, sitios, áreas, líneas y células de trabajo -, así como de equipos y mano de obra los recursos. Las áreas de actividad se basan en los términos definidos por la Sociedad Instrumento de América estándar (ISA) S95 con el fin de proporcionar una terminología común para mejorar la comunicación y la integración entre los sistemas de control y sistemas de la empresa.

Figura 25. Modelo de Planta ISA S95



Fuente: Rockwell Automation

Figura 26. Taxonomía ISA S95



Fuente: <https://www.drouiz.com/blog/2014/12/04/niveles-isa-95-niveles/>

#### **4.4 ESTUDIO PARA SISTEMA DE CONTROL APLICABLE DEL PROCESO**

La estrategia de control aplicable es Nivel 1 y 2 de la ISA S95.

Nivel 1: La automatización

La automatización el primer nivel del ISA-95 es la interacción entre la parte física con los sistemas de control más básicos los PLCs y sus periféricos, sensores y actuadores en general. Consta de toda la parte eléctrica y de control. Sería como el hardware de la propia industria, la interacción entre los sistemas superiores y el proceso. Los PLCs son máquinas electrónicas simples que realizan un programa ciclicamente. Un ejemplo sería una determinada tarea donde mezclamos dos productos químicos y lo hacemos reaccionar, el autómata controla que la entrada de ambos sea equitativa abriendo o cerrando las válvulas que impulsan los reactivos controlando la temperatura de activación y la presión, si la temperatura baja activa el mecanismo (eléctrico o por combustión) para subirla, si existe riesgo de fuga o en caso de paro por seta de emergencia frena el proceso para evitar riesgos.

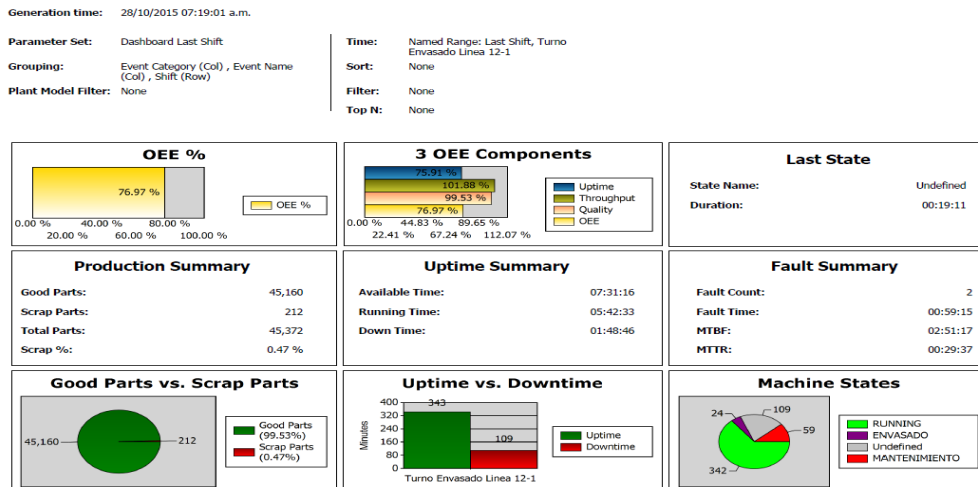
Nivel 2: La interface humano

El segundo nivel corresponde a la interacción del hombre con los elementos de la planta, principalmente con dos métodos, los HMI o monitores de operarios, donde tenemos pantallas de operador que controlan una determinada parte del proceso y los sistemas SCADA, aplicaciones para ordenador donde poder monitorizar y gestionar la planta. El nivel 2 de la ISA-95, comprende la primera interacción del hardware con los humanos. Pueden darse casos donde existan distintos SCADAs y cada uno realice un determinado control del proceso. En general los SCADAs son más potentes que las HMI, en mi experiencia los monitores de operario suelen estar asociados a una máquina en concreto y cuenta los recursos generados o los bienes producidos de esa parte, mientras que el SCADA es algo mucho más global, aún dividiendo el proceso en distintos programas son mucho mayores.

Por lo general un HMI está asociado a un PLC (no es una norma exacta) mientras que el SCADA gestiona varios, en el ejemplo anterior imaginemos que el siguiente paso es embotellar, el producto químico resultante en la pantalla de operador de la máquina del reactor químico (donde se crea la sustancia) se observa la temperatura y la cantidad de elemento creado, en la máquina dos en el HMI podemos ver cuantas botellas por hora o por día salen para los operarios de planta. Pero por encima de ellos un ingeniero supervisa el SCADA que combina ambas máquinas y donde puede ver la materia prima usada y la cantidad de botellas empleadas, así como poder interactuar con el proceso reduciendo el nivel de producción, reduciendo o aumentando la temperatura etc.

Para entenderlo mejor, generalmente los PLCs realizan una función concreta de una máquina, y existen varias máquinas en una misma planta, todos ellos están conectados a la red industrial de comunicaciones y a los ordenadores con los SCADAs instalados, de tal forma que el SCADA no es más que una visualización del proceso donde podemos enviar ordenes o leer datos de varios PLC incluso modificar su programación.

Figura 27. Pantallazo de la aplicación de reporte de OEE Automatizado  
Dashboard Last Shift - Línea 12-1



Fuente: Omnicrom

## 5. CONCLUSIONES

Se concluye que la estrategia a utilizar para el control y supervisión para adquisición de datos mediante el sistema y enlace entre maquinas, sensores, PLC's y HMI Nivel 1 y 2 de la Norma ISA S95 para relacionar industria con automatización y control en tiempo real de adquisición de los datos.

Se propone la solución del sistema información más innovadora y con capacidad de respuesta con eficacia y tecnología moderna que se ajusta a las necesidades de producción y mantenimiento seleccionando el software de Rockwell Automation escogida por mejor alternativa para controlar y supervisar el OEE.

Se definió que el modelo de planta y la taxonomía aplicada se escogió la norma ISA S95 para implantar el sistema de control y supervisión en la automatización enlazado con el SCADA, el cual puede monitorear en tiempo real del indicador OEE y gestionar la adquisición y tratamiento de la información.

En resumen, se analizó y se propone utilizar el software Factory Talk Metrics que cumple para Gestionar el control y supervisión de adquisición y recolección de información acuerdo a la taxonomía nivel 1, 2 y 3 de ISA S95 mediante comunicación SCADA.

## BIBLIOGRAFIA

AIRON & STEEL. Technology Maintenance at Minimills effective but also efficient. Indianapolis: Aistech, 2007.

AMAYA AMAYA, Jairo, Gerencia estratégica y operacional del mantenimiento, Docente Universidad Industrial de Santander, 2017

ANGARITA CORONEL, Christian Felipe, Diseño e implementación de un programa de mejoramiento a los actuales niveles OEE (overall equipment effectiveness) en las líneas de mecanizado y ensamble THC Dana Transejes Colombia, UIS, Trabajo de Grado, 2005.

ARCINIEGAS, Álvarez Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica. 2002. 93 p.

BANOS BARON, Joel Enrique. Implementación 5's en el manejo de las materias primas, repuestos y herramientas de mantenimiento de la planta de Agua Brisa. Monografía Especialista en gerencia de la producción y mejoramiento continuo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Estudios Industriales y empresariales, 2000. 140 p.

CASIMILAS Masias, Carlos Leonardo; POVEDA Quintero, Roberth Adrian, Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (overall effectiveness equipment) en la línea tubería en Corpacero S.A, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Trabajo de Grado, 2012.

CDI LEAN MANUFACTURING S.L. Tpm: Mantenimiento productivo total, 2012, disponible en internet: <http://www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia>.

DUELL, Michael y BECK, Richard. Enterprise asset performance management improves plant maintenance. Oil & Gas Journal, may 19th 2003. T101. No. 20. p. 52-61. Available from Internet: <http://proquest.umi.com/pgdweb>

EMERSON PROCESS MANAGEMENT. OEE 101. Introducción a la efectividad general del equipo (OEE). Disponible en internet: [http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/BusSch-OEE\\_101es.pdf](http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Central%20Web%20Documents/BusSch-OEE_101es.pdf)

GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 44p

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

IMAI, Masaki. Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, 2005.

JIMENEZ-ALIRIO. Confiabilidad, disponibilidad, mantenabilidad, entendiendo las diferencias 21 Octubre 2011. Disponible desde internet: <https://mantenancela.blogspot.com.co/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>.

LEVITT, Joel. Basics of Fleet Maintenance. New York: Reliability, 2010. 243 p.

MORA GUTIERRÉZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.

NAKAJIMA, Seiichi. Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total. Madrid: Productivity Press, 1991. 629 p.

NAKANO, Kinjiro. Planned Maintenance: Keikaku Hozen. Tokio: Japan Institute of Plant Maintenance, 2003.

PINILLA. Pablo. Sistemas de información. Bucaramanga. [CD\_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Rockwell Automation. Metrics Users Guide

SÁNCHEZ SILVA, Rocío Andrea. Construcción de un modelo estocástico para la eficiencia global de los equipos (OEE). Tesis de grado Magister en Ingeniería Industrial. Universidad Distrital Francisco José Caldas. Facultad de Ingeniería Industrial, 2016. p.14-21

SANZ-ASCENCION. Química Orgánica Industrial, Lubricantes. Disponible en internet: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

SHIROSE, Kunio. TPM Para mandos intermedios de fábrica. 2 ed. Madrid: Tgm-Hoshin, 2000.

SUZUKI, Tokutaro. TPM en industrias de proceso. Madrid: Tgp-Hoshin, 1995.