

**MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA CÉLULA OPERATIVA  
EN COLTABACO**

**JULIANA YEPES RIVERA  
CESAR A. OCAMPO RESTREPO**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN  
MEDELLÍN  
2011**

**MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE UNA CÉLULA OPERATIVA  
EN COLTABACO**

**JULIANA YEPES RIVERA  
CESAR A. OCAMPO RESTREPO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero de Producción**

**Asesor: Andrés Felipe Botero Díaz**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PRODUCCIÓN  
MEDELLÍN  
2011**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, abril de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer muy especialmente al Señor Andrés Felipe Botero Díaz, Gerente de Manufactura de Coltabaco, filial de Philip Morris International, quién nos permitió llevar a cabo este proyecto en el proceso secundario de producción y a su vez nos brindo todo su conocimiento y apoyo como asesor para la realización de este trabajo.

A todas las personas que conforman la célula operativa N° 2 del proceso secundario, las cuales nos brindaron su apoyo, colaboración y actitud frente a los cambios sugeridos, dando continuidad, seguimiento y participación activa en los diferentes frentes de trabajo.

Igualmente nuestros más sinceros agradecimientos al Departamento de Ingeniería de producción de la Universidad Eafit, por contribuir con nuestra formación como profesionales, lo cual fue fundamental para la aplicación de los diferentes conceptos en la realización de este proyecto.

Finalmente queremos agradecer a nuestras familias y amigos, quienes nos apoyaron durante la realización de dicho proyecto.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>14</b>
1.1 MISION DE OPERACIONES .....	16
1.2 ROL DE OPERACIONES.....	16
1.3 VISION DE OPERACIONES .....	16
1.4 VALORES .....	16
<b>2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
2.1 EFICIENCIA DE MÁQUINA.....	19
2.2 INDICADOR DE CALIDAD VISUAL .....	21
2.3 INDICADOR DE VARIABLES FÍSICAS.....	21
2.4 DESPERDICIOS DE CIGARRILLO .....	21
2.5 CINCO “S” .....	22
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
3.1 ESTADO DEL ARTE .....	26
3.2 METODOLOGÍA GEMBA KAIZEN .....	27
3.2.1 Principales sistemas Kaizen .....	28
3.2.2 La meta final de la estrategia Kaizen .....	29
3.2.3 El Muda.....	30
3.2.4 Gerencia visual en las cinco M (5M).....	30
3.3 METODOLOGÍA DE LAS 5´S .....	31
3.3.1 SEIRI (Sort - Separar).....	32
3.3.2 SEITON (Straighten - Ordenar) .....	33
3.3.3 SEISO (Scrub - Limpiar) .....	33
3.3.4 SEIKETSU (Systematize - Sistematizar) .....	34
3.3.5 SHITSUKE (Standardize - Estandarizar) .....	34
3.3.6 Beneficios de las 5´S .....	35
3.4 TPM (TOTAL PRODUCTIVITY MAINTENANCE) .....	35
3.4.1 Definición del TPM.....	36
3.4.2 Actividades fundamentales del desarrollo del TPM .....	37

3.5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS .....	38
3.5.1 Definir la situación .....	38
3.5.2 Acciones contenedoras inmediatas .....	39
3.5.3 Identificar la causa raíz .....	39
3.5.4 Acciones correctivas .....	41
3.5.5 Evaluación y seguimiento .....	42
3.6 HERRAMIENTAS DE ESTADÍSTICA BÁSICA .....	43
3.6.1 Recolección de los datos .....	43
3.6.2 Tormenta de ideas .....	44
3.6.3 Diagrama de Pareto.....	44
3.6.4 Diagrama de Ishikawa .....	46
3.6.5 Matriz de relación .....	47
3.6.6 Diagrama de comportamiento.....	49
3.6.7 Diagrama de Gantt .....	49
3.6.8 Listas chequeables .....	50
3.7 ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS.....	51
<b>4. ALCANCE .....</b>	<b>52</b>
<b>5. OBJETIVOS .....</b>	<b>53</b>
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	53
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	53
<b>6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL .....</b>	<b>54</b>
6.1 PROCESO PRIMARIO.....	54
6.2 PROCESO SECUNDARIO.....	55
6.2.1 Elaboración del Cigarrillo.....	56
6.2.2 Empaquetado de cigarrillos .....	62
6.2.3 Elaboración de Filtros .....	67
<b>7. METODO DE ANALISIS Y SOLUCION DE PROBLEMAS.....</b>	<b>71</b>
7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	71
7.2 ACCIONES CONTENEDORAS INMEDIATAS.....	73
7.2.1 Reducción de velocidad.....	73
7.2.2 Soporte técnico.....	74

7.3 IDENTIFICAR LA CAUSA RAÍZ .....	74
7.4 ACCIONES CORRECTIVAS .....	80
7.4.1 Ajustes al proceso operativo .....	81
7.4.2 Flujo insuficiente de material / recursos .....	82
7.4.3 Mantenimiento correctivo eléctrico por falla de equipo .....	85
7.4.4 Condición de material .....	87
7.4.5 Mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo .....	87
7.4.6 Cambio de marca .....	88
7.4.7 Limpieza e inspección programada .....	92
7.5 EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO .....	93
7.5.1 Ajustes al proceso operativo .....	93
7.5.2 Flujo insuficiente de materiales .....	94
7.5.3 Mantenimiento correctivo eléctrico por falla de equipo .....	96
7.5.4 Condición de material .....	97
7.5.5 Mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo .....	98
7.5.6 Cambio de marca .....	98
7.5.7 Limpieza e inspección programada .....	100
7.6 DIAGNÓSTICO GENERAL DESPUÉS DEL MEJORAMIENTO .....	102
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos para gráfico de Pareto .....	45
Tabla 2. Matriz de relación.....	48
Tabla 3. Ejemplo lista de chequeo. ....	51
Tabla 4. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina elaboradora.....	77
Tabla 5. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina empaquetadora.....	79
Tabla 6. Porcentaje de tiempo de paros, agrupados por célula.....	80
Tabla 7. Costos implementación de sistema de telefonía inalámbrica.....	84
Tabla 8. Costos gomero adicional.....	91
Tabla 9. Evolución del programa de capacitaciones a Diciembre 2010.....	94
Tabla 10. Resultados implementación sistema de respuesta rápida. ....	95
Tabla 11. Análisis de tiempos improductivos sin sistema de respuesta rápida.....	95
Tabla 12. Análisis de tiempos improductivos con sistema de respuesta rápida ....	96
Tabla 13. Análisis de las mejoras obtenidas en el sistema de impresión Inkjet.....	96
Tabla 14. Resultados obtenidos con respecto a los paros asociados a condiciones de material. ....	97
Tabla 15. Resultados obtenidos con respecto al mantenimiento correctivo. ....	98
Tabla 16. Evolución cambios de marca máquina empaquetadora.....	99
Tabla 17. Evolución mejora en cambios de marca en máquina elaboradora.....	99
Tabla 18. Resultados en mejoras de limpieza e inspección programada. ....	101



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Centros de fabricación PMI.....	14
Figura 2. Organigrama Coltabaco.....	17
Figura 3. Organigrama de Operaciones en Coltabaco.....	18
Figura 4. Diagrama causa-efecto.....	40
Figura 5. Esquema gráfico pareto.....	46
Figura 6. Diagrama elaboración causa efecto.....	47
Figura 7. Ejemplo diagrama de Gantt. ....	50
Figura 8. Materiales que conforman un cigarrillo. ....	56
Figura 9. Máquina Elaboradora de cigarrillos.....	57
Figura 10. Formación de columna de tabaco en elaboración de cigarrillo. ....	58
Figura 11. Porta bobinas y sistema de cambio de bobina en elaboradora. ....	59
Figura 12. Vista de la sección MAX en Elaboradora.....	60
Figura 13. Sistema de gomero en elaboración. ....	61
Figura 14. Máquina Empaquetadora GD. ....	63
Figura 15. Ingreso de cigarrillos al sistema de empaque.....	64
Figura 16. Grupo del aluminio.....	64
Figura 17. Traspaso de primera rueda a segunda rueda.....	65
Figura 18. Tercera, cuarta y quinta rueda.....	65
Figura 19. Sexta y séptima rueda.....	66
Figura 20. Materiales que conforman el filtro.....	67
Figura 21. Máquina filtrera.....	68
Figura 22. Esquema de célula operativa.....	70
Figura 23. Sistema visual de respuesta rápida.....	83
Figura 24. Sistema de telefonía y respuesta rápida.....	84
Figura 25. Bandas de llenado de tolva de empaquetado.....	89
Figura 26. Gomero adicional de elaboración.....	90
Figura 27. Sellos de sistema de imprenta y líquido para limpieza.....	92

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Ejemplo diagrama de comportamiento.....	49
Gráfico 2. Evolución de eficiencia de célula operativa N° 2 año 2009 .....	72
Gráfico 3. Porcentaje de tiempo de paros por máquina en célula N°2.....	77
Gráfico 4. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina elaboradora.....	78
Gráfico 5. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina empaquetadora.....	79
Gráfico 6. Evolución de los tiempos empleados en cambios de marca en 2010.	100
Gráfico 7. Evolución en los tiempos empleados en limpieza e inspección programada.....	101
Gráfico 8. Evolución eficiencia célula operativa N°2 año 2009 vs 2010.....	102
Gráfico 9. Comparativo eficiencia célula operativa N°2 año 2009 vs 2010.....	103

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Posicionamiento de eficiencia de Coltabaco en PMI año 2009

Anexo B. Matriz de entrenamiento situación inicial.

Anexo C. Diagrama Causa efecto de cambio de marca.

Anexo D. Actividades internas y externas en cambio de marca.

Anexo E. Lista de chequeo para limpieza e inspección.

Anexo F. Matriz de entrenamiento diciembre 2010

Anexo G. Flujograma descripción del proceso de producción.

## GLOSARIO

**BATEAS:** Recipiente utilizado para el almacenamiento y transporte de cigarrillos de maquina elaboradora a máquina empaquetadora.

**BLEND:** Mezcla de los diferentes tipos y clases de tabaco que conforman una marca específica.

**CAÍDA DE PRESIÓN:** Variable física del cigarrillo, la cual hace referencia a la resistencia al flujo de aire constante, que ejerce una persona en el momento de la fumada.

**CELOFANADORA:** Parte de la máquina empaquetadora, la cual coloca el polipropileno que recubre las cajetillas de cigarrillos.

**CIRCUNFERENCIA:** Variable física del cigarrillo, la cual hace referencia a la longitud medida en milímetros del perímetro de la columna de tabaco

**DESVENADO:** Proceso de separación de la hoja de tabaco (Lamina) y nervadura central de la misma.

**ENCARTONADORA:** Máquina que realiza el proceso de empaque de decenas de cigarrillos, en las cajas de cartón plegadizas.

**FIRMEZA:** Variable que resulta de la medición en la deformación de un cigarrillo, cuando está expuesto a una carga específica.

**HUMEDAD:** Variable que resulta de la medición de la cantidad de agua contenida en la picadura.

**KPI's:** Indicadores claves de desempeño.

**PESO DEL CIGARRILLO:** Es la sumatoria entre la cantidad de tabaco (picadura) y los demás componentes que hacen parte del cigarrillo y su unidad esta dada en miligramos.

**PMI:** Philip Morris International.

**VENTILACIÓN:** Variable física del cigarrillo, la cual hace referencia a la cantidad de aire que pasa por los agujeros del papel boquilla, con el fin de brindar suavidad en el proceso de la fumada.

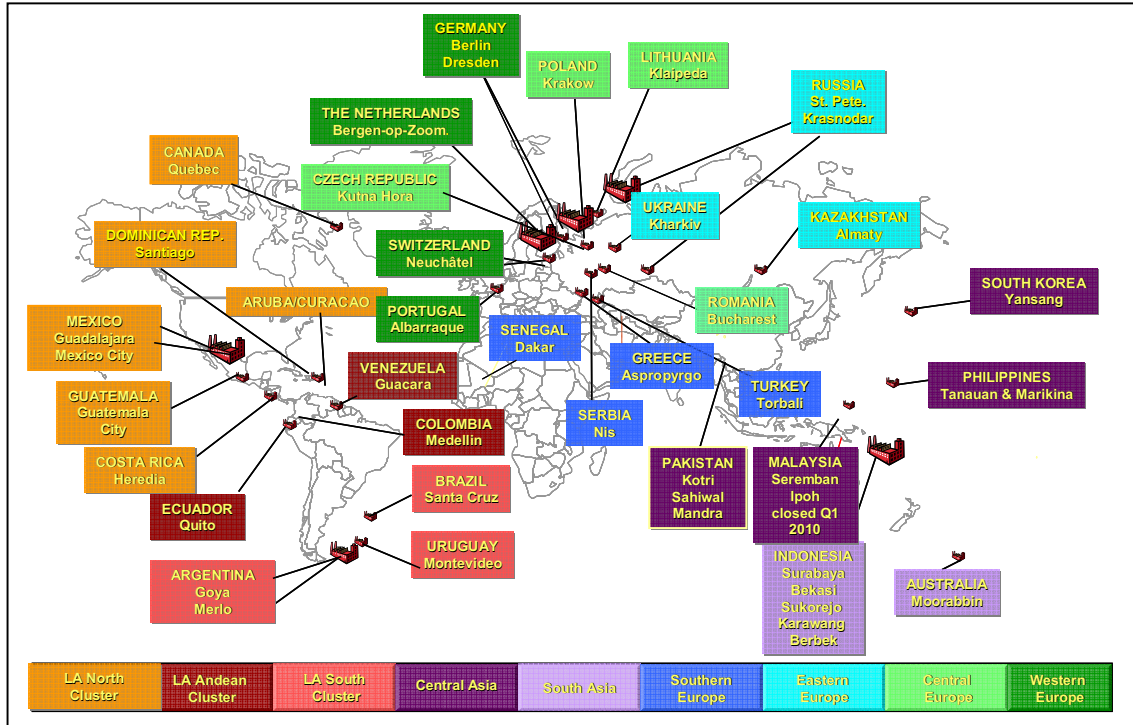
## 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Philip Morris International (PMI) es una de las compañías de tabaco líder en el mundo y sus productos se venden en más de 160 países.

Dentro de sus principales marcas, se encuentra la marca de cigarrillos más vendida en el mundo: “Marlboro”. Y adicional a esto, la compañía tiene 7 de las 15 mejores marcas de cigarrillos posicionadas en el mundo.

Para PMI, los empleados constituyen una de las mayores fortalezas. En todos los niveles de la organización, la gente es altamente calificada y poseen como objetivo común, ofrecer productos de tabaco innovadores y de la mejor calidad posible a los fumadores adultos en los 44 centros de fabricación alrededor del mundo, tal como se observa en la figura 1.

Figura 1. Centros de fabricación PMI



Fuente: Pagina intranet de Coltabaco filial de PMI.

Coltabaco filial de Philip Morris International, es una empresa que se dedica a la producción y venta de cigarrillos en el mercado Colombiano, con una visión de expandir dichas ventas a otros mercados de la región. La compañía opera como filial de la empresa Philip Morris Internacional desde el 2005, año en el cual se dio la adquisición de dicha Empresa.

La compañía fue creada en el año de 1919 cuando un grupo de seis industriales visionarios de la ciudad de Medellín, decidieron constituir por integración de varias fábricas de cigarrillos existentes en las ciudades de Medellín, Manizales y Bogotá, la que hoy se conoce como Coltabaco, conservando inicialmente marcas muy posicionadas en el mercado, para luego lanzar dos nuevos productos, el Pierrot en 1922 y el Pielroja en 1924, esta última marca se ha vuelto insignia y le ha dado el mayor renombre a la compañía hasta nuestros días.

Actualmente Coltabaco es la empresa tabacalera más grande de Colombia, ya que compra alrededor del 35% de la producción de tabaco de Colombia, posee una planta de desvenado en Barranquilla, oficinas en 31 ciudades, y una planta de producción en Medellín, empleando aproximadamente 1.300 personas en todo el país.

Durante los últimos años, la empresa ha enfrentado sucesos trascendentales como son:

- La lucha contra el contrabando a principios de la década de los 90's.
- Los juicios enfrentados por las industrias tabacaleras a nivel mundial.
- La venta de la empresa en el año 2005 a Philip Morris Internacional (PMI).
- Proceso certificación de ISO 9001e ISO 14000.

Actualmente la fábrica de Medellín cuenta con un área de 97.000 m<sup>2</sup> de tierra constituida en el área de producción de cigarrillos, donde opera con 412 personas que hacen parte de los costos variables y 158 personas que hacen parte de los costos fijos de manufactura.

El volumen de producción anual es de ocho billones de cigarrillos, representadas en 25 marcas que hacen parte de los diferentes formatos y presentaciones que conforman el portafolio de productos.

### **1.1 MISION DE OPERACIONES**

“Ofrecer la mejor experiencia de fumado a todo fumador adulto, hoy y mañana”.

### **1.2 ROL DE OPERACIONES**

“Proveer productos de tabaco de la más alta calidad en el momento preciso y al mejor costo, con el más alto nivel de seguridad para nuestros empleados y el ambiente”.

### **1.3 VISION DE OPERACIONES**

“Convertirnos en un proveedor estratégico para la región y PMI (Philip Morris International), a través de una operación de primer nivel, que constantemente genera cambios en el negocio para estar más alineado con las expectativas del consumidor”.

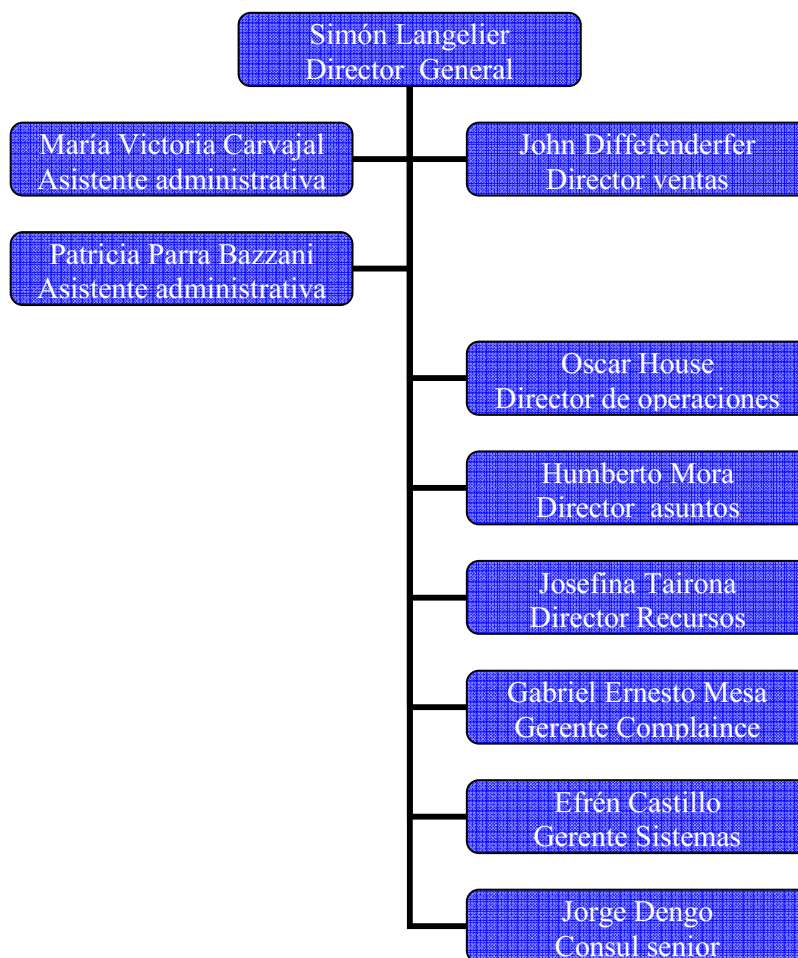
### **1.4 VALORES**

- Sentido de urgencia y velocidad
- Anticipación, toma de riesgos y decisiones
- Pasión por lograr que las cosas más difíciles se cumplan



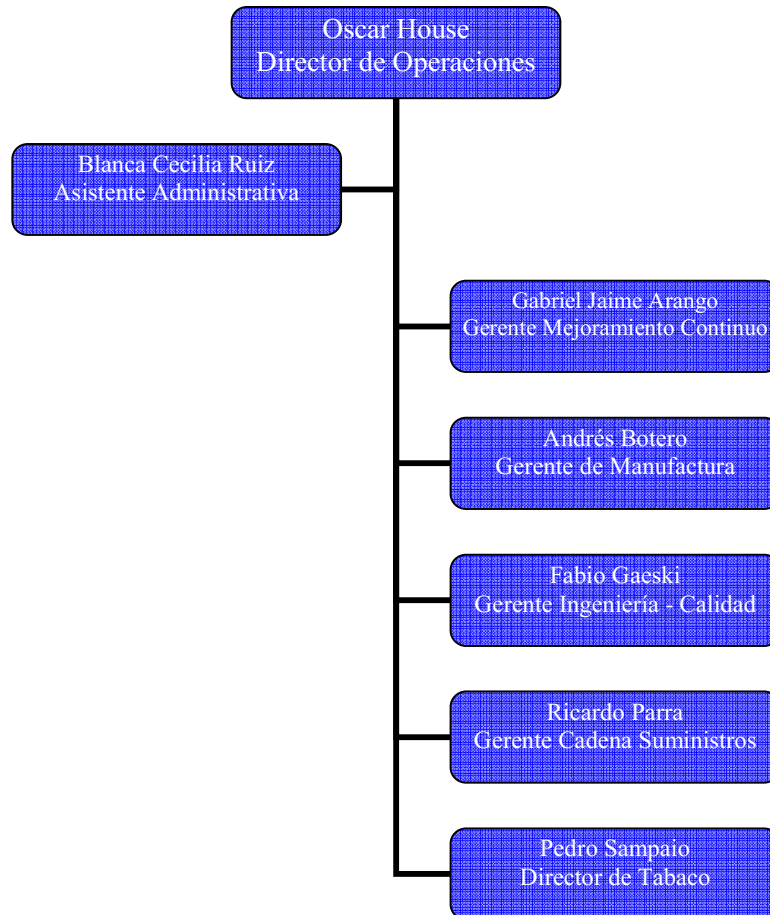
En la figura 2 se puede observar el organigrama completo de Coltabaco, filial de PMI, y en la figura 3 se encuentra el organigrama detallado del área de operaciones.

Figura 2. Organigrama Coltabaco



Fuente: Pagina intranet de Coltabaco filial de PMI.

Figura 3. Organigrama de Operaciones en Coltabaco



Fuente: Pagina intranet de Coltabaco filial de PMI.

## **2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

Dentro de las organizaciones, los indicadores claves de desempeño (KPI's), juegan un papel bastante importante, ya que dichos indicadores, permiten medir el desempeño de un proceso y obtener un patrón de comparación con el cual se pueda medir la gestión y el “como” se están llevando a cabo las actividades de mejora dentro de las organizaciones para obtener los objetivos establecidos.

La comparación entre las diferentes afiliadas de Philip Morris Internacional y la presentación de los indicadores claves de desempeño, permiten a la compañía evaluar la gestión de cada una de sus fábricas y tomar decisiones relevantes que determinen el establecimiento de objetivos estratégicos para la continuidad del negocio.

Dentro de los principales indicadores de desempeño para cada uno de los centros de fabricación en Philip Morris se encuentran:

### **2.1 EFICIENCIA DE MÁQUINA**

Es un indicador corporativo que realiza la medición de la eficiencia global de manufactura de una máquina o grupo de máquinas. En dicho indicador se tienen en cuenta todas las actividades productivas o no productivas programadas en las máquinas. Además, combina el efecto de eficiencia en la planeación, cumplimiento del mantenimiento, efectividad del operador y eficiencia de la administración.

Se define como la relación obtenida entre la producción actual buena y la producción teórica para la cual la máquina fue diseñada para producir en un periodo de tiempo.

Este indicador es calculado de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{Produccionreal^{(1)}}{(Velocidad\ de\ diseño)^{(2)} * (Tiempo\ trabajado)^{(3)}} * 100\%$$

- (1) **Producción real:** representa el número total de cigarrillos buenos producidos por una máquina o grupo de máquinas. Dentro de esta cantidad, no es incluido el producto rechazado por el área de aseguramiento de calidad, los desperdicios generados en las máquinas y los reprocesos.
- (2) **Velocidad de diseño:** Es la velocidad del equipo especificada por el fabricante para un producto específico dependiendo del formato de la máquina, la especificación, etc.
- (3) **Tiempo trabajado:** Es el tiempo durante el cual la planta se encuentra abierta o disponible para la operación en días calendario o tiempo extra.

El tiempo trabajado se define como el tiempo de operación asignado a la máquina, menos el tiempo en el cual la máquina no está programada por el área de planeación de producción. Es decir, el tiempo en el cual se tienen recursos asignados a la máquina.

La eficiencia de la máquina es afectada por paros programados y no programados que se conocen como tiempo improductivo de la máquina, los cuales son reportados con una serie de códigos que llevan asociados los tiempos de paro de cada una de las máquinas, para posteriormente realizar el análisis de información y efectuar las mejoras para el incremento de la eficiencia en cada una de las máquinas.

## **2.2 INDICADOR DE CALIDAD VISUAL**

Este Indicador, hace referencia a las posibles no conformidades de atributos visuales del producto (cigarrillo, cajetilla) tales como: polipropileno arrugado, columna de tabaco arrugada, punta floja/vacía entre otros. Para el cálculo de este indicador, se evalúa diariamente el producto donde se identifican las posibles no conformidades mediante una inspección realizada por el área de aseguramiento de calidad de la compañía. Para cada una de las no conformidades encontradas, se posee un factor de peso, convirtiendo los defectos visuales de atributos cualitativos a una forma cuantitativa, para poder obtener un indicador con el cual se pueda medir y comparar la calidad visual del producto.

## **2.3 INDICADOR DE VARIABLES FÍSICAS**

Este indicador, evalúa los parámetros físicos del cigarrillo tales como: ventilación, caída de presión, circunferencia, peso del cigarrillo, firmeza y humedad de la picadura. Al igual que el indicador de la calidad visual, también es medido por el área de aseguramiento de calidad de la compañía periódicamente, donde se evalúa como es el comportamiento de cada una de las variables medidas, tanto en su promedio como en la desviación estándar, para identificar la consistencia del producto y la variabilidad del mismo dentro de las muestras y entre las muestras, con el fin de garantizar que el producto que le llega al consumidor, posee las mismas características y consistencia de la marca en el tiempo.

## **2.4 DESPERDICIOS DE CIGARRILLO**

Como su nombre lo indica, es la cantidad de cigarrillos que son rechazados en cada uno de los diferentes puntos de las máquinas para el proceso de fabricación de cigarrillos. La segregación del producto rechazado se puede presentar de dos formas: Mediante los sensores de cada una de las máquinas que identifican el

producto con alguna no conformidad o manualmente, mediante las inspecciones que realizan el personal operativo o los funcionarios de aseguramiento de calidad. Para el cálculo de dicho indicador, se tiene en cuenta el volumen de cigarrillos rechazados en la máquina vs. el volumen total de cigarrillos producidos y se expresa en términos de porcentaje.

## **2.5 CINCO “S”**

Este indicador, mide el nivel de organización, orden y limpieza de cada uno de los puestos de trabajo dentro del proceso de producción de cigarrillos. Para realizar el cálculo de este indicador, se tiene una lista de chequeo con la cual se realizan inspecciones periódicas las cuales poseen diferentes puntajes que determinan el nivel en que se encuentran cada una de las células.

Para el mejoramiento de estos indicadores se requiere un alto compromiso y nivel de conocimiento por parte del personal que integra las diferentes células operativas, pero se ha identificado que existen ciertas restricciones en las descripciones de oficios y en los niveles de entrenamiento que no permiten alcanzar rápidamente los objetivos planteados por la Dirección de operaciones de la compañía.

Actualmente el proceso secundario de producción en Coltabaco posee 12 células operativas para la producción de los diferentes formatos y marcas de cigarrillos. Cada una de estas células son evaluadas mediante indicadores claves de desempeño, los cuales al ser consolidados muestran los resultados de la fábrica y son comparados con diferentes filiales de Philip Morris International (PMI).

Dichos indicadores han evolucionado de una forma positiva en el último año, sin embargo no se alcanzan los niveles esperados para ubicar a Coltabaco en una mejor posición a nivel mundial.

De acuerdo con esto se desea trabajar en el mejoramiento de la eficiencia de la célula operativa N°2, ya que es uno de los indicadores de mayor importancia para el proceso. Dicho indicador en Coltabaco se encuentra por debajo de los niveles esperados por la compañía a nivel mundial, por lo cual su mejoramiento impacta directamente en un mejor posicionamiento de la empresa con respecto a sus filiales. Adicional a esto, el mejoramiento de dicho indicador reduce costos, libera capacidad, disminuye el desperdicio y permite una mayor flexibilidad logrando aumentar la competitividad nacional e internacional de la compañía.

### 3. MARCO TEÓRICO

“La eficiencia de un sistema productivo complejo es el nivel de aptitud logrado en la capacidad de movilizar los recursos humanos y no humanos a efectos de producir objetos o servicios según las formas y los costos que la demanda requiere” (*Jean Ruffier\* IAE Lyon, Escuela Universitaria de Gestión, Francia*).

Las empresas manufactureras de cualquier sector existen bajo la premisa de generar valor para sus acreedores, accionistas, colaboradores y demás. La ecuación es simple, para poder generar mayores ingresos para la compañía, o se generan mayores ventas, o se produce a un menor costo que permita obtener una ventaja competitiva frente a los demás competidores del mercado. Hay diversos autores que han tratado el tema del mejoramiento de procesos productivos a través de las décadas. Como primer autor se puede citar a Masaaki Imai cuyo Gemba Kaizen ha revolucionado gran cantidad de empresas, logrando que la gerencia comprenda el valor de las pequeñas mejoras enfocadas, ya que no solo adquiriendo costosas tecnologías el negocio puede trascender y ser sostenible en el tiempo; luego se encuentra el autor H. James Harrington, el cual se enfoca en las necesidades del cliente final, pasando por la satisfacción de los clientes internos de cada proceso, con el fin de aumentar la capacidad de la empresa, prevenir posibles errores, suministrar los medios para realizar en forma rápida cambios importantes en actividades complejas y maximizar el uso de los activos. Muchos gerentes se han quedado con las definiciones heredadas de Frederick W. Taylor y Adam Smith los cuales estaban enfocados en elevar la eficiencia industrial a través de la planeación y el control, y que demostraron que la división del trabajo aumentaba la productividad al incrementar la habilidad y destreza de cada trabajador. Por último, cabe mencionar al JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta) el cual fue el responsable del registro de las siglas TPM (Total Productive Maintenance) el cual mejora de forma dramática los resultados



de las empresas y estimula la creación de lugares de trabajo seguros, gratos y productivos, tratando de lograr mejores relaciones entre las personas y los equipos que operan; de esta forma se eliminan los despilfarros, se disminuyen las averías, se busca lograr un Just in Time y se mejora el nivel de capacitación de los operarios.

Las empresas hoy en día se deben adaptar a las necesidades de unos mercados que cambian constantemente, a un consumidor mucho más exigente, un mercado más competido y una mayor oferta que demanda, por lo cual la participación de mercado es clave para poder ser sostenibles en el tiempo, es importante lograr fidelizar al consumidor sea con producto, precio, servicio o calidad.

Se puede recordar la frase de John A. Young, Presidente de Hewlett Packard: “La satisfacción de los clientes es la única razón por la cual estamos en este negocio”, y es totalmente cierto, las empresas que no logran capturar a un cliente reincidente en la compra de determinado producto o servicio, están por fuera de prevalecer en el tiempo y en el espacio.

Teniendo en cuenta estos conceptos se puede decir que las compañías manufactureras deben evolucionar al ritmo de las exigencias del mercado, por lo cual la eficiencia en los procesos se convierte en un pilar fundamental para dicho propósito. Este mejoramiento se convertirá en mejoramiento continuo de los procesos con el fin de mejorar las buenas prácticas de manufactura, obtener unos estándares de calidad más altos, disminución de los tiempos de proceso lo cual le da a la empresa flexibilidad frente a los cambios inesperados en la demanda y un excelente servicio al cliente. Por último la disminución de los costos de producción y el correcto engranaje del personal humano, el recurso financiero y físico del cual se dispone para poder llevar a cabo una tarea productiva.

Existen diversas metodologías para el mejoramiento de procesos, a continuación se revisarán al detalle, pero por encima de dichas metodologías hay algunos pasos implícitos que se deben seguir tales como: Importancia de la mejora: En este paso se identifica la existencia de un problema dentro del proceso a mejorar. Descripción de la situación actual: Para este paso se debe recolectar información que permita el análisis de los datos y de la situación actual del proceso, para establecer unos indicadores por encima de los cuales la mejora es evidente. Análisis del problema: Se debe identificar el problema y las posibles causas. La identificación de las soluciones factibles: en este paso se deben revisar las posibles soluciones y decidir cuál será la opción a implementar. Evaluación, implementación y control: Por último se debe confirmar que el problema ha sido eliminado y garantizar que los resultados serán permanentes en el tiempo.

### **3.1 ESTADO DEL ARTE**

Para el tema de mejoramiento continuo existen diversas fuentes de información tales como libros, proyectos de grado, artículos de revistas, bases de datos electrónicas entre otros. Se pueden encontrar formulaciones teóricas y casos prácticos aplicados a la industria, en los cuales se pueden observar mejoras realizadas en los diferentes sectores de la industria tales como el metal-mecánico, textil, alimentos, químico, y demás, mientras que las formulaciones teóricas son conceptos que se pueden aplicar en diferentes procesos de las diferentes empresas manufactureras. La razón de ser de la mejora es la necesidad de realizar los procedimientos de manufactura con mayor eficiencia, lograr mejores rendimientos de las líneas de producción, ahorros en dinero y en tiempo durante todo el proceso productivo; de esta forma lograr productos con unos márgenes mucho más atractivos para las áreas comerciales con posibilidad de mejores precios de venta al público logrando así ganar participación de mercado. La idea del mejoramiento es mostrar un proceso antes y después de aplicar los conceptos conocidos para evidenciar un cambio en la forma de realizar los procedimientos.

En el actual proyecto se está trabajando en el mejoramiento de la eficiencia productiva de una célula operativa en la planta de producción de Coltabaco S.A. con la intención de replicar las mejoras a las demás células de trabajo con el fin de elevar la posición de Coltabaco con respecto a sus filiales a nivel mundial.

### **3.2 METODOLOGÍA GEMBA KAIZEN**

Gemba Kaizen introduce una nueva palabra a la cultura gerencial: Gemba significa lugar de trabajo, y lo que busca es que dicho lugar de trabajo agregue valor a toda la operación, logrando mejoras de bajo costo para la administración del lugar. Todo el personal de una empresa está capacitado para efectuar esta metodología de trabajo, se ejecuta en 3 pasos:

- Cinco “S”
- Eliminación del muda (despilfarros)
- Estandarización

Desde 1986 con la publicación del libro Kaizen: The key to Japan’s Competitive Success, el término Kaizen se ha adoptado uno de los conceptos claves de las gerencias a nivel mundial, en japonés significa mejoramiento continuo e implica mejoramiento de todas las partes involucradas en los procesos desde los gerentes hasta el personal operativo.

Algunos conceptos clave de dicha estrategia son:

- Kaizen y gerencia: En este punto la gerencia tiene dos funciones importantes: mantenimiento y mejoramiento.
- Proceso *versus* resultado: Se fomenta el pensamiento orientado a los procesos ya que al mejorar estos mejoran los resultados.
- Seguir los ciclos PDCA/SDCA: Ciclo *planear-hacer-verificar-actuar* como proceso para garantizar el mantenimiento y la mejora de los estándares. El

ciclo *estandarizar-hacer-verificar-actuar* se utiliza para estabilizar y estandarizar los procesos actuales.

- **Primero la calidad:** De las principales metas (Calidad, costo y entrega) la calidad siempre debe ocupar el primer lugar ya que por mejor costo y tiempos que se tengan si el producto es defectuoso la empresa no podrá competir en el mercado.
- **Hablar con datos:** La recolección de los datos es relevante dentro del proceso, es importante hablar con cifras claras y reales y de esta forma dar posibles soluciones al tema. La obtención de los datos de la situación actual ayuda a tener un panorama de la situación y fija el punto de partida del mejoramiento, ya que contra esas cifras se comparará la mejora realizada.
- **El proceso siguiente es el cliente:** Todos los trabajos son una serie de procesos, y cada uno tiene su respectivo proveedor y cliente. Si en cada proceso se entrega la información adecuada y la calidad total, es más fácil garantizarla al final del proceso. Es necesario que todas las personas de la empresa tengan claro que siempre deben entregar lo mejor al siguiente proceso para garantizar la excelencia del mismo.

### **3.2.1 Principales sistemas Kaizen**

- **Control de calidad total:** El concepto del TQC en Japón abarca actividades tales como despliegue de políticas, construcción de sistemas de aseguramiento de la calidad, estandarización, entrenamiento, educación y administración de costos. Su principal objetivo es mejorar en todos los aspectos del negocio y ayudar a la dirección a ser más competitiva y rentable.
- **El sistema de producción justo a tiempo:** Se orienta a la eliminación de actividades de cualquier tipo que no agreguen valor y al logro de un sistema de producción ágil y flexible. Este sistema reduce el costo, entrega el producto a tiempo y genera mayores utilidades a la compañía.

- **Mantenimiento productivo total (TPM):** Este sistema trata de maximizar la eficiencia de los equipos a través de un sistema total de mantenimiento preventivo. TPM involucra a todas las personas de la planta.
- **Despliegue de políticas:** Kaizen es más eficaz cuando todas las personas involucradas en el proceso trabajan por el logro de un objetivo fijado previamente por la gerencia. Es importante bajar dichos objetivos a estrategias concretas a mediano y corto plazo para que los empleados puedan ver claramente cuál es su función dentro del plan para alcanzar dicho objetivo.
- **El Sistema de sugerencias:** Hace énfasis en los individuos y en los beneficios de elevar su estado de ánimo mediante la participación activa en los procesos. Se busca que por más pequeña que sea la sugerencia logre ser útil a la hora de mejorar el proceso.
- **Actividades de grupos pequeños:** Dicha estrategia considera la formación de grupos pequeños, informales y voluntarios para llevar a cabo tareas específicas dentro de un ambiente de taller. Es importante que la gerencia brinde un total apoyo a dichos grupos para que sea un éxito su labor.

### 3.2.2 La meta final de la estrategia Kaizen

La finalidad del Kaizen es el mejoramiento de los procesos, es por esto que es importante saber qué aspectos de las actividades empresariales necesitan mejorarse más. Calidad no se refiere solamente a los productos y servicios, sino a todos los procesos relacionados con la elaboración y la prestación de estos productos y servicios. El costo se refiere a todos los gastos que implican el desarrollo, diseño, producción y venta del producto o servicio. Y la entrega significa despachar a tiempo el volumen requerido por los clientes. Cuando se tienen estas tres condiciones se da por hecho que los clientes están satisfechos y que la empresa está logrando cumplir su compromiso con el mercado.

### 3.2.3 El Muda

Esta palabra japonesa significa desperdicio o despilfarro. Un trabajo es un proceso que se inicia con la materia prima y culmina con la obtención de un producto final; en cada proceso se puede agregar o no valor al producto o servicio. Muda se refiere a cualquier actividad que no agregue valor al producto o servicio y está clasificada en siete categorías:

- Muda de sobreproducción
- Muda de inventario
- Muda de reparaciones/rechazos de productos
- Muda de movimiento
- Muda de procesamiento
- Muda de espera
- Muda de transporte

### 3.2.4 Gerencia visual en las cinco M (5M)

En el lugar de trabajo se deben administrar correctamente las 5 M: mano de obra, máquinas, materiales, métodos y medidas.

- **Mano de obra:** Es importante saber si el empleado está a gusto con su trabajo, si se encuentra de buen ánimo, saber cuando esté ausente y quien lo puede reemplazar en sus funciones. Debe ser de suprema claridad el nivel de habilidad y capacidad de las personas, como también la forma correcta y estándar de realizar la actividad.
- **Máquinas:** Se deben conocer con claridad las razones de los paros de la maquinaria, si hay una falla que lo está ocasionando o si el paro es para un

mantenimiento preventivo o por alistamiento y cambio de referencia. Los niveles de lubricación y frecuencias deben estar visibles en el puesto de trabajo.

- **Materiales:** Es importante saber que los materiales fluyen correctamente, indicar su ubicación dentro de la zona de producción y conocer su nivel de existencias para evitar agotados y paros en producción
- **Métodos:** Se deben mantener las hojas de trabajo estándar en cada estación de trabajo para que los supervisores puedan identificar que los operarios está realizando las tareas de la forma correcta. Dichas hojas deben contener: secuencia del trabajo, tiempo de ciclo, elementos de seguridad, puntos de verificación de calidad y en caso de variación que hacer.
- **Medidas:** Se deben tener rangos de operación previamente establecidos para una operación segura, se pueden adquirir cintas que varían de color con la temperatura y de esta forma se puede identificar fácilmente donde hay un calentamiento. Es importante verificar la calibración de los equipos.

### 3.3 METODOLOGÍA DE LAS 5'S

**“Organizar, ordenar y limpiar no es pagar a un subcontratista o pedir al personal que limpie; es un planteamiento sistémico de gestión”<sup>1</sup>.**

En la actualidad las grandes compañías se enfrentan a los retos en los mercados altamente competidos por lo cual solo podrán sobrevivir aquellas industrias donde el crecimiento rentable esté basado en competir y diferenciarse de los demás mediante la calidad total de sus productos o servicios, los tiempos de entrega, bajos costos y excelente nivel de servicio al cliente. Para obtener todas estas características es importante que las industrias generen a su interior importantes

---

<sup>1</sup> Profesor Y. Tsuda. 5'S para una sociedad mejor

ahorros en sus procesos para lograr equilibrar los altos costos de las materias primas y empaques entre otros.

Las 5'S son una herramienta de mejoramiento proveniente del modelo de productividad industrial creado en el Japón el cual es muy aplicado hoy en día en las industrias occidentales. Es un principio que intenta mejorar la forma de trabajar y hacer del sitio de trabajo un lugar donde se puedan obtener mejoras en la productividad de la célula de trabajo y de la empresa como tal.

Son cinco palabras japonesas que describen las actividades a realizar, de allí su nombre 5's.

### **3.3.1 SEIRI (Sort - Separar)**

En este paso del housekeeping se deben clasificar y eliminar todos los elementos que no se requieren para la operación del Gemba o que no se usarán en el futuro distante. Los sitios de trabajo están llenos de máquinas, desperdicio, materiales, partes en proceso, escritorios, papelería, formatos internos, y demás. Uno de los criterios es retirar los objetos que no se van a utilizar en los siguientes 30 días. Generalmente las empresas usan la campaña de las tarjetas rojas, seleccionando un área de trabajo y enviando al equipo de las 5'S para que demarque los utensilios que considera no se utilizarán o que son innecesarios para el desarrollo correcto de la labor. En caso de que un empleado encuentre una tarjeta sobre un utensilio que realmente necesita deberá justificar frente al equipo para que lo utilice y argumentar la permanencia de éste en el gemba. En estos procesos se encuentran grandes fallas en la comunicación y en los sistemas como por ejemplo, entre compras y producción; es allí donde se revisa si el departamento de compras realmente conoce las necesidades de producción y está alineado con sus objetivos de inventarios y demás. La eliminación de dichos elementos innecesarios



permite liberar espacio en el gemba incrementando así la flexibilidad en el uso del área de trabajo.

### **3.3.2 SEITON (Straighten - Ordenar)**

Luego de haber retirado los elementos innecesarios del Gemba es necesario ordenarlos de manera sistémica para que tengan un flujo correcto y su utilización sea en el orden correcto y más eficiente. Este paso significa clasificar los elementos por uso y disponerlos en orden para utilizar el menor tiempo posible en su búsqueda. Para que esto sea posible se debe tener un lugar demarcado con su respectivo nombre y volumen designado. En esta etapa se debe considerar el sistema de primero en entrar, primero en salir, el cual garantiza el flujo de un número mínimo de ítems de estación a estación en el gemba. Las herramientas se deben colocar al alcance de la mano, deben ser fáciles de recoger y de regresar a su sitio. Esto facilita saber cuándo se encuentran en uso los utensilios del gemba.

### **3.3.3 SEISO (Scrub - Limpiar)**

Seiso significa limpiar el gemba o lugar de trabajo, incluidas las máquinas, herramientas, el piso, las conexiones eléctricas y demás. Dentro de este pilar se dice que también es importante verificar, ya que hay muchos defectos que se pueden detectar previamente cuando la máquina no está en funcionamiento y está libre de aceite, desperdicios y rebabas del proceso productivo. Mientras la máquina se limpia se pueden detectar partes flojas, fugas de líquidos utilizados, grietas etc. Está comprobado que la mayor parte de las averías de la maquinaria comienza con pequeñas vibraciones, introducción de partículas extrañas y ajenas al proceso, o con lubricaciones inadecuadas; es por esto que cobra importancia que el empleado detecte dichas fallas en las paradas autónomas y de mantenimiento preventivo.

### **3.3.4 SEIKETSU (Systematize - Sistematizar)**

En este paso se debe mantener la limpieza de la persona por medio del uso del uniforme adecuado, los lentes, los protectores auditivos y zapatos de seguridad entre otros, además de mantener un entorno agradable, saludable y limpio. Otra condición de este paso es continuar trabajando en los tres pasos anteriores día a día, ya que es muy fácil recurrir a la situación anterior si no se mantiene una frecuencia en dichos pasos. Realizar el Kaizen día a día es cuestión de cultura y de hábito, la gerencia debe diseñar diferentes mecanismos de control y seguimiento con el fin de que las personas involucradas lleven estos procedimientos a cabo con cierta regularidad. Esto debe ser parte del programa de planeación anual.

### **3.3.5 SHITSUKE (Standardize - Estandarizar)**

Este último paso significa autodisciplina ya que si no se logra un hábito en los pasos anteriores no se evidenciará el resultado y la mejora, para esta etapa la gerencia debe haber establecido los estándares y las frecuencias de revisión de las 5'S. Existen diversas formas de evaluar este nivel de las 5'S tales como:

- Autoevaluación
- Evaluación por parte de un consultor experto
- Evaluación por parte de un superior
- Una combinación de los tres puntos anteriores
- Competencia entre grupos

### **3.3.6 Beneficios de las 5'S**

- Ayuda a los empleados y operarios a adquirir autodisciplina y control sobre sus operaciones, lo cual mejora su desempeño en un ciento por ciento.
- Muestra los diferentes tipos de *muda* que se evidencia en el Gemba, lo cual es el primer paso hacia la mejora, identificar la causa del problema.
- Identifica anomalías en el sitio de trabajo.
- Reduce el movimiento innecesario y agotador.
- Permite una identificación visual de las herramientas del Gemba y de su ubicación en todo momento.
- Evidencia los problemas de calidad.
- Mejora la eficiencia en el trabajo y reduce los costos de operación.
- Reduce los accidentes laborales.
- Resuelve grandes problemas logísticos de una forma simple.

### **3.4 TPM (TOTAL PRODUCTIVITY MAINTENANCE)**

El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria automovilística en industrias como Toyota, Nissan y Mazda. Luego pasó a ser parte de industrias de electrodomésticos, microelectrónica, máquinas y herramientas, plásticos y fotografía entre otros. Inicialmente se enfocaron en los departamentos directamente relacionados con los equipos, pero hoy en día ya se aplica en los departamentos administrativos, de planeación, desarrollo y ventas, con el objetivo de simplificar la producción, mejorar el aseguramiento de la calidad y la eficiencia, y reducir el periodo de arranque de una nueva producción.

Hay varias razones por las cuales el TPM se ha difundido rápidamente ya que garantiza resultados contundentes, transforma los lugares del trabajo y eleva el nivel de conocimiento y capacidad de los trabajadores de producción, mantenimiento y calidad.

Algunos de los resultados de la aplicación del TPM en las industrias es la reducción de avería en los equipos, la minimización de los tiempos y pequeñas paradas, disminución de defectos, incremento de la productividad, reducciones en costos de personal e inventarios, disminución de accidentes e inclusión del personal en todas estas actividades.

A través del TPM las plantas sucias, desordenadas, llenas de desperdicios en sus zonas de producción y con grandes averías en sus equipos pueden transformarse en entornos de trabajos seguros y gratos.

#### **3.4.1 Definición del TPM**

Este fue definido originalmente por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) incluyendo algunas estrategias tales como:

- Crear una organización que maximice la eficiencia de los sistemas productivos.
- Gestionar la planta con una organización que evite las pérdidas, asegurando cero accidentes, cero pérdidas y cero defectos.
- Involucrar a todos los departamentos para que la implementación sea todo un éxito.
- Orientar las acciones hacia las “cero-pérdidas” apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

### **3.4.2 Actividades fundamentales del desarrollo del TPM**

Las organizaciones deben seleccionar y poner en práctica actividades que logren de manera eficiente lograr los objetivos estratégicos trazados por el TPM, a continuación están las nueve actividades fundamentales:

- **Mejoras orientadas:** Son actividades realizadas por pequeños grupos interdisciplinarios compuestos por personal de mantenimiento, producción y planeación, las cuales buscan minimizar las pérdidas relacionadas con el personal, las materias primas y el proceso productivo.
- **Mantenimiento autónomo:** Se busca involucrar a los operarios en el mantenimiento de rutina y en actividades de mejora que evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación y ayudan a mejorar las condiciones del equipo.
- **Mantenimiento planificado:** Este abarca tres formas de mantenimiento: el de averías el preventivo y el predictivo. La finalidad de estos últimos es eliminar las averías, las cuales a pesar de realizar prácticas de mantenimiento sistémico pueden seguir apareciendo.
- **Formación y adiestramiento:** La fuerza laboral de una organización es un activo de gran valor, por lo cual es importante identificar los conocimientos específicos, capacidades y habilidades de los operarios y así poder programar la formación adecuada por medio de cursos y seminarios.
- **Gestión temprana de nuevos equipos y productos:** La finalidad de estas actividades es lograr rápidamente y económicamente productos fáciles de fabricar con equipos de fácil utilización.
- **Mantenimiento de calidad:** Es un método para fabricar con calidad desde el primer paso y así evitar los defectos a través de los procesos y equipos.

- TPM en departamentos administrativos y de apoyo: Estos departamentos juegan un papel fundamental como soporte de la producción, la calidad y oportunidad en la información que estos departamentos aportan tiene un gran efecto sobre las actividades de producción.
- Gestión de seguridad y del entorno: La seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias manufactureras, es importante diseñar mecanismos para que los equipos funcionen con seguridad a pesar de que el operario no lo haga correctamente.
- Sostener la implementación del TPM y elevar sus niveles: Se deben crear fuertes grupos TPM para poder garantizar el éxito en la implementación y para ayudar a convertir el TPM en un trabajo diario.

### **3.5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Dicha metodología es muy útil para la definición de problemas o situaciones a mejorar, para luego identificar y eliminar las causas raíz. Al eliminar la causa raíz se evita que el problema vuelva a presentarse y se pueden presentar mejoras considerables en el proceso. Los cinco pasos se detallan a continuación:

#### **3.5.1 Definir la situación**

Para poder definir la situación claramente se debe describir el problema y planear posibles soluciones. Es importante poner en contexto la situación y analizar todo los aspectos que influyen en ella. Para describir el problema se deben hacer algunas preguntas: ¿Cuál es el problema?, ¿Qué sucedió que no debió haber sucedido?, ¿Qué requisitos se están incumpliendo?, ¿Con que frecuencia se incumplen?, por otro lado se deben concentrar en los datos y en la medición de los indicadores en los cuales se debe evidenciar claramente el problema.

Una vez se tenga descrito el problema se procede a generar posibles soluciones, teniendo en cuenta los recursos disponibles y fijando una objetivos a alcanzar. Para este paso es importante definir el ¿Quién?, ¿Qué? y ¿Cuándo?

En el *Quién* se determina que personas conocen el proceso detalladamente, quien tiene autoridad para llevar a cabo dicho proceso, revisar si alguien fuera de la compañía debe participar y quien tiene la principal responsabilidad de resolver el problema.

En el *Qué* se definen las metas, es decir en qué punto el problema quedará solucionado para que sea claro para todos.

En el *Cuándo* se define una posible fecha para la resolución del problema en la cual las acciones correctivas ya deben estar implementadas, dicha fecha puede modificarse según se vaya observando la dificultad del problema y su solución.

### **3.5.2 Acciones contenedoras inmediatas**

En este paso se deben proponer acciones temporales que ayuden a reducir el efecto del problema y así determinar que tan rápido se requiere una solución. Una acción contenedora es un paso para mantener el proceso funcionando y para minimizar las consecuencias del problema, pero no se detiene a revisar las causas de fondo. El problema de estas acciones contenedoras es que si no se llega a una solución pronta seguirá costando más y más, ya que no es una solución permanente del problema.

### **3.5.3 Identificar la causa raíz**

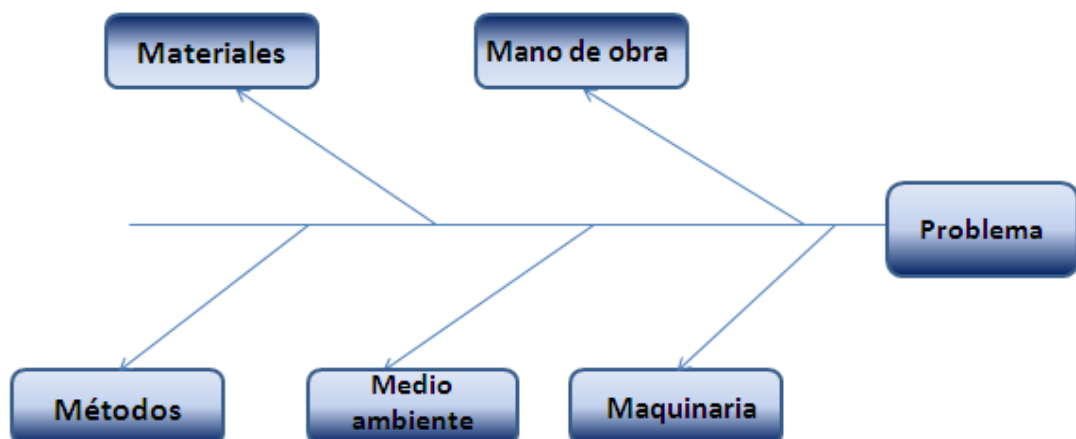
Este es el paso más retador de esta metodología y para garantizar el éxito se debe tener pleno conocimiento del proceso involucrado. Este a su vez se divide en tres pasos: recolección de datos, organización de la información y su respectivo

análisis. Hay diversas técnicas para recolectar datos sobre la causa raíz algunas de ellas son:

- Posibilidad de error: En este análisis se revisan los aspectos que de pronto pueden llegar a fallar durante el proceso, se evalúan los requisitos del input y el output del proceso, duplicidad en actividades u operaciones no estandarizadas.
- Hojas de verificación: Facilita la recolección de los datos proporcionando un método organizado para reunir las observaciones y analizarlas de forma más sencilla.
- Patrones de similitud: Ayuda a identificar similitudes en condiciones de los procesos lo cual conlleva a detectar diferencias sutiles entre dos situaciones, obteniendo posibles pistas para la solución del problema.

Diagrama causa-efecto: Es una técnica muy acertada, la cual es usada para representar gráficamente las posibles causas, por medio de lluvia de ideas o información obtenida previamente. En la figura 4 se muestra el esquema del diagrama causa efecto.

Figura 4. Diagrama causa-efecto.



Fuente: Elaboración propia.



- Tormenta de ideas: Esta metodología se utiliza para incentivar a los miembros del equipo a dar ideas y a formular posibles soluciones para el problema, no se debe ignorar ninguna idea ya que todas son importantes y pueden conducir a soluciones factibles.

La mayoría de las situaciones problemáticas que se presentan en las organizaciones tienen diversas formas de ser tratadas, cada una de las cuales representa algún costo o esfuerzo por parte de un equipo interdisciplinario, la tendencia casi siempre es optar por la solución que resuelva más rápidamente el problema.

#### **3.5.4 Acciones correctivas**

Este paso puede ser similar al paso dos, ya que la idea es generar una acción correctiva, la gran diferencia es que esta vez debe ser definitiva y eliminar el problema de raíz. Primero que todo se debe reunir a las personas involucradas que tengan la potestad para decidir acerca de las mejoras propuestas. Por otro lado es importante revisar a la luz de las acciones correctivas si el *quién* que se revisó en la definición del problema si es el adecuado, si posee el conocimiento requerido y si no se necesita más capital humano y/o recursos para el desarrollo de la acción. En ocasiones la medición de la causa raíz puede arrojar una o más causas, por lo cual es importante decidir si se trabajaran todas las causas o se enfocaran en una sola causa. Generalmente lo mas recomendado es atacar una sola causa a la vez ya que se pueden concentrar mejor los esfuerzos para dar mejor evaluación y seguimiento. Es importante intentar que las acciones correctivas estén a prueba de errores para garantizar el éxito de la misma.

Luego se procede a elegir la acción correctiva, para este caso cada una de las acciones debe estar afectada por diversos factores tales como, el costo de la acción correctiva, la complejidad de hacer el cambio y el tiempo requerido para implementarla. Por último se desarrolla un plan para la implementación de la acción elegida, los responsables de llevarlo a cabo, las fechas estipuladas para culminar la implementación y los costos asociados, y su respectiva comunicación a las personas involucradas.

### **3.5.5 Evaluación y seguimiento**

En este paso se procede a evaluar y realizar seguimiento a las acciones implementadas previamente, con el fin de asegurar que el problema sea eliminado definitivamente. Generalmente luego de implementar las acciones correctivas se tiende a pensar que el problema ya fue solucionado por completo pero es muy importante garantizar que su cumplimiento perdure en el tiempo y que los indicadores de gestión revelen las mejoras obtenidas.

Para la correcta recolección de los datos se debe comenzar con la evaluación de las acciones contenedoras inmediatas para proceder a eliminarlas y así garantizar la veracidad de los datos en la medición final. Luego se procede a evaluar los procesos por medio de encuestas, auditorias y revisiones informales, de esta forma se pueden detectar posibles efectos secundarios de las acciones implementadas. Es importante realizar sinergias con los clientes y proveedores para poder compartir experiencias aprendidas en los diferentes procesos, lo cual puede llevar a mejores sustanciales.

## **3.6 HERRAMIENTAS DE ESTADÍSTICA BÁSICA**

En los últimos tiempos el concepto de calidad ha evolucionado a pasos agigantados, ya que anteriormente la calidad se aplicaba a los últimos pasos de los procesos productivos, mientras que ahora es aplicada a todos los procesos dentro de la organización. Se aplica desde el diseño hasta que se obtiene el producto final y/o servicio requerido, se trata de hacer las cosas bien desde el comienzo, es por esto que las herramientas de estadística básica cobran vital importancia en el desarrollo de dichas políticas, ya que es necesario el análisis de los datos para poder corregir los posibles errores dentro de los diferentes procesos. Es importante basarse en hechos reales y fijar objetivos alcanzables, aplicando herramientas de solución de problemas adecuadas y de fácil comprensión, algunas de las herramientas utilizadas se muestran a continuación.

### **3.6.1 Recolección de los datos**

Consiste en reunir los datos necesarios para el análisis de la situación y de las causas de algún proceso que se requiera estudiar. Luego de recolectar la información se procede a clasificarla según las categorías previamente establecidas. Es importante definir las siguientes preguntas:

- La información es cuantitativa o cualitativa
- Cómo se utilizará la información recopilada
- Cómo se analizará
- Quién se encargará de recoger los datos
- Con qué frecuencia se va a analizar
- Dónde se va a efectuar

Otros nombres que se le dan son: Hoja de recogida de datos, hoja de registro, verificación o chequeo.

### **3.6.2 Tormenta de ideas**

La lluvia de ideas o el brain storming es una técnica que consiste en dar oportunidad a todos los miembros de un grupo para opinar o sugerir sobre un determinado tema o problema que se está estudiando, ya sea un problema o un plan de mejoramiento, de esta forma se aprovecha la experiencia de los operarios y su capacidad creativa.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Nombrar a un moderador del ejercicio
- Cada participante debe emitir una sola idea por cada ronda de emisión de ideas.
- No se deben repetir las ideas
- No se critican las ideas expresadas
- El ejercicio termina cuando ya no existen nuevas ideas
- Cuando se termina la recepción de ideas, se agrupan y se clasifican conforme a los criterios definidos por el mismo grupo

### **3.6.3 Diagrama de Pareto**

Es un gráfico cuyas barras verticales están ordenadas de mayor a menor importancia, dichas barras representan los datos asociados a un problema determinado. Es de suma importancia para dirigir mayor atención y esfuerzo a las principales causas que contribuyen a un problema determinado. Este principio es aplicable en cualquier campo, en la investigación y eliminación de causas de un

problema, organización de tiempo y tareas, visualización del antes y el después de un problema resuelto, entre otros.

Para comenzar, se debe decidir qué problemas se van a investigar y como se recogerán los datos y luego se debe proceder a elaborar una tabla de conteo de datos, a continuación se muestra un ejemplo en la tabla 1.

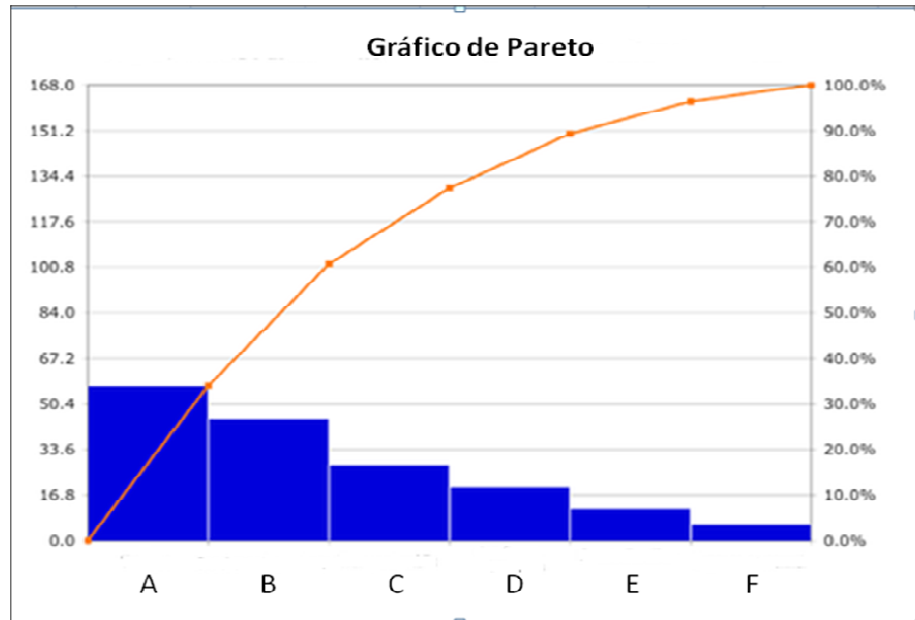
Tabla 1. Datos para gráfico de Pareto

Producto	Cantidad	Cantidad acumulada	%	% acumulado
A	16	16	7%	7%
B	21	37	9%	16%
C	38	75	16%	32%
D	45	120	19%	51%
E	53	173	23%	74%
F	62	235	26%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Luego se deben organizar los ítems de mayor a menor y graficar, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Esquema gráfico pareto.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.4 Diagrama de Ishikawa

Es una técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas, ya que relacionan un efecto con las posibles causas que lo producen. Se utiliza cuando se requiere encontrar las causas raíces de un problema.

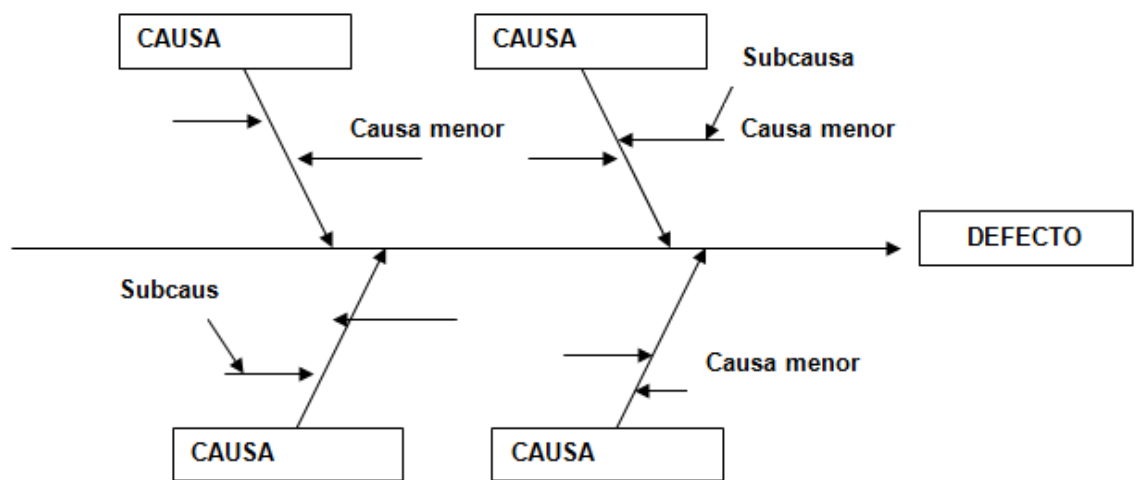
Esta técnica simplifica el análisis y mejora la solución de cada problema, ayudando a visualizarlos y a entenderlos mucho mejor. Otros nombres que adquiere son: Diagrama de espina de pescado o diagrama causa-efecto.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Definir el problema
- Trazar una flecha y escribir el "Efecto" en el lado derecho, como lo muestra a continuación la figura 6.

- Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.
- Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Diagrama elaboración causa efecto.



Fuente: Elaboración propia

- Asignar la importancia de cada causa
- Por medio del método de las 5 M's determinar los principales causantes de dichos problemas
- Registrar toda la información que pueda ser útil en el análisis

### 3.6.5 Matriz de relación

Una matriz de relación es un gráfico de filas y columnas que permite priorizar diferentes alternativas para definir una solución a un problema, basado en la ponderación de los criterios que afectan las respectivas alternativas de solución.

Se utiliza cuando se requiere tomar decisiones objetivas y/o con base en criterios múltiples.

- Primero se deben definir las alternativas que van a ser ponderadas
- Luego se procede a definir los criterios de evaluación y a definir el peso de cada uno de los criterios para proceder a construir la matriz. A continuación en la tabla 2 se muestra un ejemplo de una matriz de relación.

Tabla 2. Matriz de relación.

		CRITERIOS				
Alternativas de solución	1	2	3	4	Total	
<b>A</b>	3	1	1	1		
<b>B</b>	2	2	3	2		
<b>C</b>	3	2	2	1		

Fuente: Elaboración propia

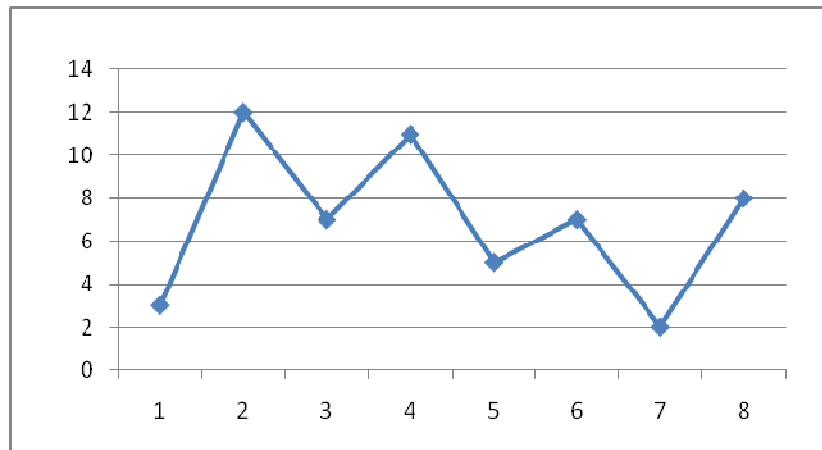
- Luego se debe definir la escala de cada criterio
- Se valora cada alternativa con cada criterio
- Multiplicar el valor obtenido en el lado izquierdo de las casillas por el peso de cada criterio y anotar en el lado derecho
- Sumar todas las casillas al lado derecho y anotar el resultado total
- Por último ordenar las alternativas de mayor a menor



### 3.6.6 Diagrama de comportamiento

Es una herramienta que permite graficar los puntos de comportamiento de una variable, de acuerdo a como se van obteniendo los datos. Es utilizado para representar visualmente el comportamiento de una variable que se desea medir y evaluar su cambio en un periodo determinado de tiempo. También llamado diagrama de tendencias, en el gráfico N°1 se muestra un ejemplo:

Gráfico 1. Ejemplo diagrama de comportamiento.

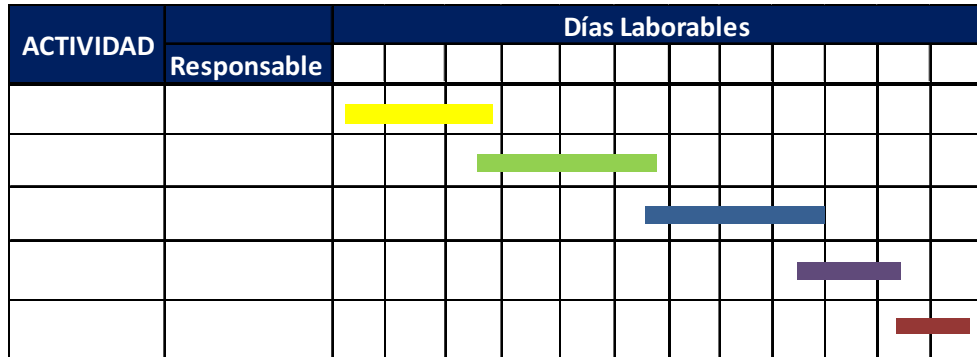


Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.7 Diagrama de Gantt

Es un gráfico también llamado cronograma de actividades, que establece el orden y el lapso de tiempo dentro del cual deben ejecutarse las acciones que constituyen determinado proyecto. Este permite vigilar el cumplimiento de un proyecto y sus respectivos avances en el tiempo destinado para el mismo. En la figura 7 se muestra un ejemplo del diagrama.

Figura 7. Ejemplo diagrama de Gantt.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.8 Listas chequeables

Se utilizan para registrar todos los detalles de un proyecto y/o estrategia a desarrollar, donde toda la información es de fácil análisis y verificación. Existen varios tipos:

- Guías para la realización secuencial de operaciones, observaciones o verificación.
- Tablas o formatos para facilitar la recolección de datos.
- Dibujos o esquemas para señalar la localización de puntos de interés

Dentro de sus ventajas está la facilidad para la recolección de datos, proporciona secuencias sistémicas para hacer las diferentes actividades y proporciona un medio de seguimiento y control del avance de un proyecto. En la tabla 3, se muestra un ejemplo.

Tabla 3. Ejemplo lista de chequeo.

N°	Actividad	Listo	Pendiente
1	Limpiar	x	
2	Sacudir	x	
3	Reparar		x
4	Verificar		x
5	Calibrar	x	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7 ACTIVIDADES INTERNAS Y EXTERNAS

El análisis de las actividades internas y externas hace parte de la metodología SMED (Single minute Exchange die), la cual busca reducir los tiempos de alistamientos, cambios de marca y arranques de maquinaria en producción.

Dichas actividades hacen parte de las operaciones productivas, las cuales deben ser separadas y analizadas independientemente, con el fin de determinar un posible mejoramiento en sus tiempos de operación, definiendo que actividades internas pueden ser convertidas en actividades externas.

- Actividades internas: Son aquellas operaciones de montaje, desmontaje, calibración, entre otras, las cuales solo se pueden realizar cuando la máquina está parada.
- Actividades externas: Son aquellas operaciones de transporte de elementos al sitio de trabajo, consumibles, repuestos entre otros, las cuales pueden ser desarrolladas mientras la máquina está en operación sin interrumpir el proceso normal de la operación.

#### **4. ALCANCE**

Mejorar la eficiencia de la célula operativa N° 2<sup>2</sup> del proceso secundario en la planta de Coltabaco.

---

<sup>2</sup> Célula operativa N° 2: Unidad de trabajo conformada por una máquina elaboradora, una empaquetadora y una encartonadora de cigarrillos en formato LS Box 20's (presentación de 20 cigarrillos de 79 Mm en cajetilla dura)

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la eficiencia de la célula operativa N° 2 del proceso de producción en Coltabaco.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el análisis de la situación actual, con el fin de identificar las debilidades y fortalezas de los elementos que están involucrados en el proceso de producción tales como: Máquinas, mano de obra, materia prima, métodos de trabajo, medio ambiente.
- Detectar oportunidades de mejora en las máquinas que componen la célula operativa, con el fin de incrementar la eficiencia de la unidad de trabajo.
- Diseñar e implementar mejoras en la célula operativa, que permitan incrementar la eficiencia de la misma.
- Reducir al máximo los tiempos muertos presentados durante el proceso de fabricación.
- Mejorar el flujo de información y conformar equipos de mejoramiento con el fin de contribuir a la mejora del proceso.
- Evaluar el mejoramiento obtenido en la célula operativa N° 2 comparando los resultados obtenidos con relación a la situación inicial.

## **6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL**

El área de manufactura se encuentra dentro del departamento de operaciones de la empresa Coltabaco, Philip Morris International y está compuesta por dos procesos, el Primario y el Secundario.

En el anexo G. se muestra el flujograma que describe el proceso de producción para elaboración y empaque de cigarrillos.

### **6.1 PROCESO PRIMARIO**

Este proceso comienza con el almacenamiento de las cajas o bultos de tabaco en las bodegas, donde se clasifican de acuerdo a los tabacos de similares características. Posteriormente, el tabaco es llevado al proceso primario clasificado por blend, para el procesamiento de acuerdo a los requerimientos del plan de producción.

El tabaco es procesado en una línea de acondicionado directo, en la cual se separan y humectan las hojas mediante vapor, agua y aire caliente para tomar mayor flexibilidad incrementando su temperatura y humedad para obtener una buena absorción de los humectantes y saborizantes.

Estos humectantes y saborizantes específicos para cada marca, son diseñados para balancear y mejorar las características físico-químicas propias del tabaco.

Después de la zona de humectación, el tabaco es pasado por un proceso adicional llamado resecado, donde la temperatura de procesamiento, fija los ingredientes adicionados y se generan cambios químicos que mejoran el sabor y aroma del tabaco.

Dicho proceso es muy similar tanto para la hoja de tabaco como para la vena, pero cada tipo de tabaco debe ser procesado independientemente y reposado en silos de almacenamiento con el fin de homogenizar el contenido de humedad y la absorción de los diferentes ingredientes adicionados. Una vez se tiene la mezcla con el debido reposo, se pasa al proceso de picado, el cual consiste en pasar las hojas de tabaco por una máquina picadora que convierte las hojas en pequeñas hebras de picadura. Posteriormente la picadura es pasada a través de un cilindro rotativo secador, donde se reduce la humedad de la picadura y se enfría retirando el polvo generado en este proceso. Finalmente la picadura de la hoja y vena es pasada por un cilindro que mezcla y adiciona aromatizantes para ser reposada en silos de almacenamiento o cajones que son alimentados al proceso secundario para la elaboración de cigarrillos.

## **6.2 PROCESO SECUNDARIO**

En el proceso secundario, se realiza la elaboración y empaquetado de cigarrillos, y es en éste en donde se delimita el presente proyecto.

El proceso secundario está compuesto de:

**Producción de Filtros:** En este sector, son producidas las diferentes referencias de filtros en las máquinas filtreras, que posteriormente serán distribuidos a las máquinas elaboradoras de cigarrillos.

**Elaboración de Cigarrillos:** Máquinas en las cuales es producido el cigarrillo al ser armada la columna de tabaco y ensamblada con su respectivo filtro.

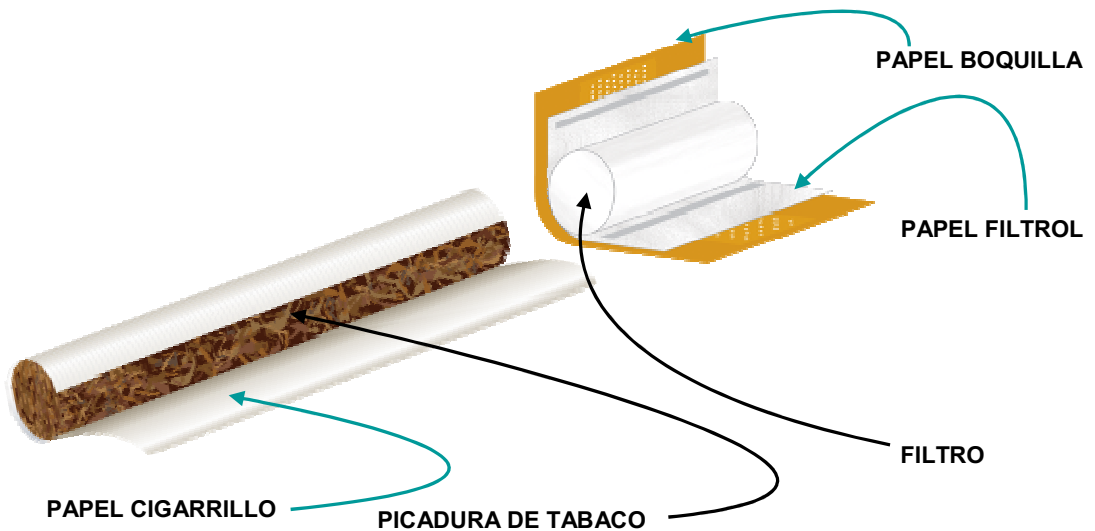
**Empaquetado de Cigarrillos:** Máquinas empaquetadoras que reciben los cigarrillos de las elaboradoras, los empacan en cajetillas y las protegen por una

cubierta de polipropileno. Luego estas cajetillas son empacadas en cajas y llevadas al área de despachos para su almacenaje y posterior distribución.

### 6.2.1 Elaboración del Cigarrillo

En la figura 8 se relacionan los diferentes materiales necesarios para la elaboración de cigarrillo.

Figura 8. Materiales que conforman un cigarrillo.

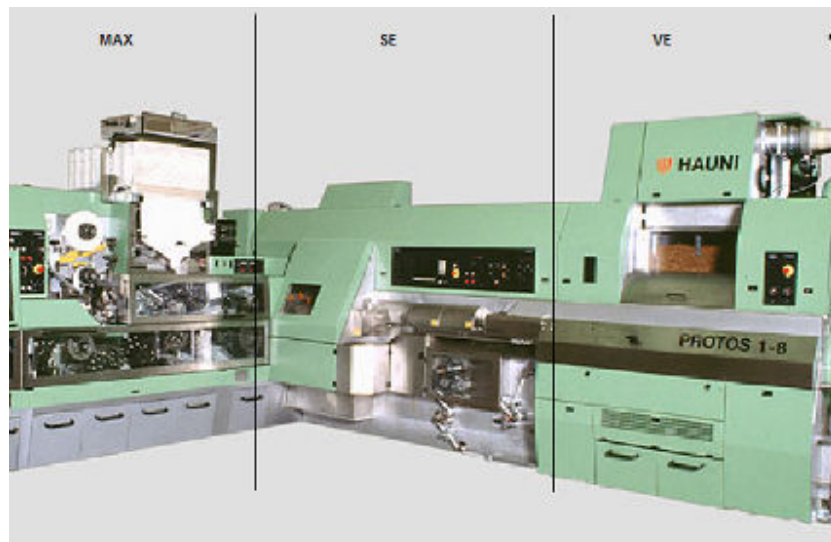


Fuente: "Modulo Capacitación Elaboración" Coltabaco.

Las máquinas elaboradoras están conformadas principalmente por tres módulos, tal como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Máquina Elaboradora de cigarrillos



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

- Tolva de Tabaco.(VE)
- Productora de mecha (SE)
- Ensambladora de filtro (MAX)

La picadura es alimentada por medio de una tubería desde el proceso primario hasta las máquinas elaboradoras en el área de producción del proceso secundario, entra a la tolva de tabaco (VE) que remueve suciedades, objetos metálicos, partículas pesadas y otros materiales no deseados y prepara el tabaco para la siguiente sección. Después, la picadura es llevada por medio de una cinta transportadora a la productora de mecha, o modulo SE, que forma la varilla de tabaco, la envuelve en papel cigarrillo, la pega y después la corta en secciones de doble longitud (varilla que tiene el doble de largo de la columna de tabaco de un cigarrillo). Una cinta de formación (cinta de tela) guía el papel cigarrillo y el tabaco a través del formador y soporta la formación de la varilla acorde con el diámetro previsto como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Formación de columna de tabaco en elaboración de cigarrillo.

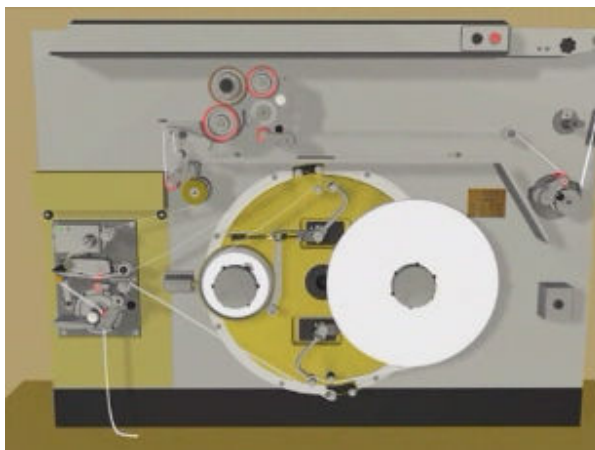


Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

En la unidad formadora de mecha SE, la bobina es puesta en el porta-bobinas, en donde se va consumiendo y la tira de papel pasa por el cambiador automático de bobinas. Al acabarse la bobina, la máquina realiza el empate automáticamente para garantizar continuidad en el proceso. El papel recorre la imprenta aplicándose el sello característico de cada marca.

Dos bobinas de papel vergé son cargadas en el porta bobinas giratorio, y desenvueltas por medio de rodillos de tracción. El porta bobinas rota 180° cada vez que una de las bobinas llega a un diámetro específico como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Porta bobinas y sistema de cambio de bobina en elaboradora.



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

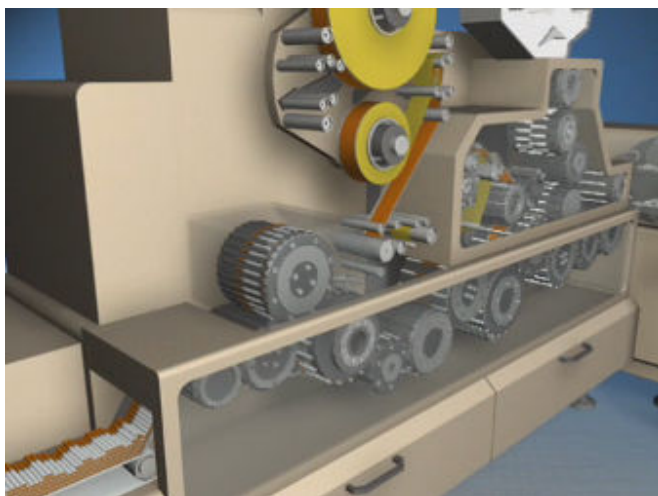
La anulación del papel vergé se acelera y la unidad inferior de empalme entra en acción para cortar la bobina que recién se termina. Un pedazo de cinta autoadhesiva es utilizado para unir ambas puntas del papel (de la bobina que termina con la bobina que comienza). La continuidad de la máquina no se ve afectada por esta acción, tan solo hay una pequeña desaceleración. A favor de obtener un producto de calidad, algunos cigarrillos son rechazados en la MAX con el fin de no dejar pasar la cinta autoadhesiva.

La costura del cigarrillo es realizada por medio de aplicación de goma, que luego es secada a través de los calentadores.

En el cortador, que cuenta con un cabezal rotativo dotado de 2 cuchillas, se corta la mecha en secciones de tabaco de doble largo. Luego, las secciones de tabaco pasan a la unidad de traspaso que se suele llamar araña, o pulpo, que se encarga de traspasar las columnas de tabaco al primer tambor.

La sección MAX o ensambladora de filtros, es donde el filtro es ensamblado a la varilla de tabaco por medio de un juego de tambores, los cuales realizan una breve inspección de calidad. En la figura 12 se puede observar la sección de la MAX en la elaboradora.

Figura 12. Vista de la sección MAX en Elaboradora.



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

Poco antes de producirse el traspaso de los cigarrillos a la MAX, el mando de la máquina SE da una señal al mando de la máquina MAX y se conecta el programa de arranque que abarca la alimentación automática de los materiales (filtros, papel boquilla, adhesivo). Al producirse una parada de la máquina, la alimentación de los materiales es desconectada.

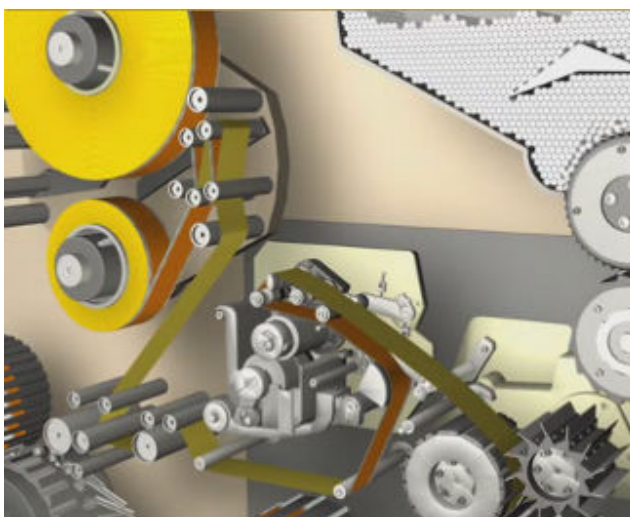
El abastecimiento de varillas de filtro se efectúa automáticamente mediante un mecanismo alimentador neumático, que transporta los filtros fabricados por las filtreras a las máquinas elaboradoras. Además, también se puede alimentar manualmente por medio de bateas.

Las varillas de filtro son cortadas por medio de un dispositivo separador y colocado separadamente por el tambor alimentador entre las varillas de tabaco.

El papel boquilla para envolver los filtros y anclarlos a la columna de tabaco se encuentra enrollado sobre bobinas. Cuando una bobina se acaba, el operario debe reponer una nueva, mientras la máquina consume la segunda bobina. El proceso de cambio y empate de bobinas se realiza automáticamente de la misma manera que sucede con el papel cigarrillo.

El papel boquilla es desenrollado y guiado hacia el gomero, el cual se encarga de aplicar el adhesivo que permitirá la unión del papel, el filtro y la columna de tabaco tal como se muestra en la figura 13. Una vez engomado, el papel es cortado en hojas individuales y enrolladas sobre los filtros y varillas de tabaco que fueron alineados previamente.

Figura 13. Sistema de gomero en elaboración.



Fuente: "Modulo Capacitación Elaboración" Coltabaco.

Ahora, los cigarrillos de doble largo son cortados por cuchillas separadoras en cigarrillos individuales. Un tambor volteador se encarga de alinear todos los cigarrillos en una misma dirección.

En el tambor de inspección, cada cigarrillo es examinado (densidad, ventilación, puntas flojas, hermeticidad y presencia de filtro). Todos los cigarrillos que se encuentran por fuera de los parámetros son separados del flujo continuo de la producción y expulsados en el tambor de rechazo.

Por medio del tambor de muestreo, es posible tomar cigarrillos de la corriente de producción con el objeto de someterlos a un control de la calidad. Los cigarrillos buenos son traspasados a la máquina empaquetadora a través de una banda transportadora, en una máquina conocida como Magomat.

### **6.2.2 Empaquetado de cigarrillos**

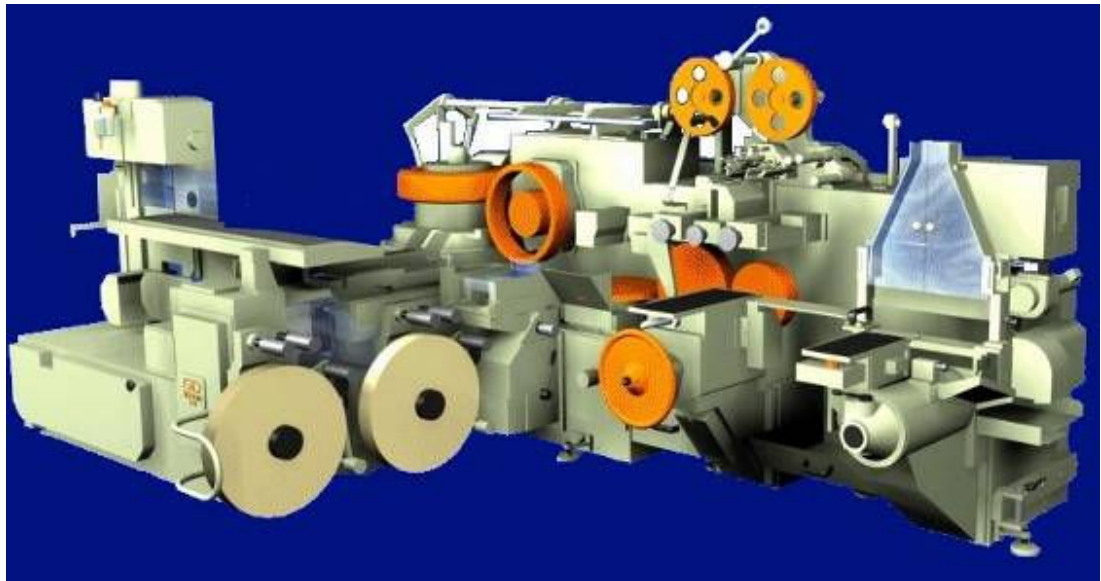
Un paquete de cigarrillos está compuesto por:

- Un grupo de cigarrillos (usualmente 20 o 10).
- Papel aluminio
- Refuerzo
- Cartulina o marquilla
- Película de polipropileno.
- Tirilla

La función de la máquina empaquetadora es producir los paquetes de cigarrillos envolviéndolos en aluminio, refuerzo y marquilla por medio de tambores o ruedas que se encargan de transportar, doblar, pegar y secar las cajetillas a medida que

se van armando. En la figura 14 se puede observar una vista frontal de la máquina empaquetadora.

Figura 14. Máquina Empaquetadora GD.

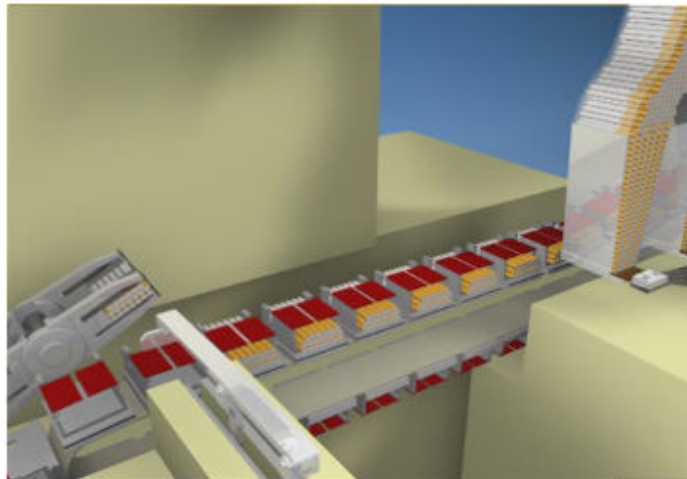


Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

Los cigarrillos que salen de la máquina elaboradora son alimentados en la empaquetadora por medio de bandas transportadoras.

Los cigarrillos introducidos a la tolva de empaquetado, formando tres hileras que viajan por la banda de cajuelas hasta que llegan al empujador que las pasa a la primera rueda, la cual gira 180° y los entrega a la segunda rueda, tal como se muestra en la figura 15.

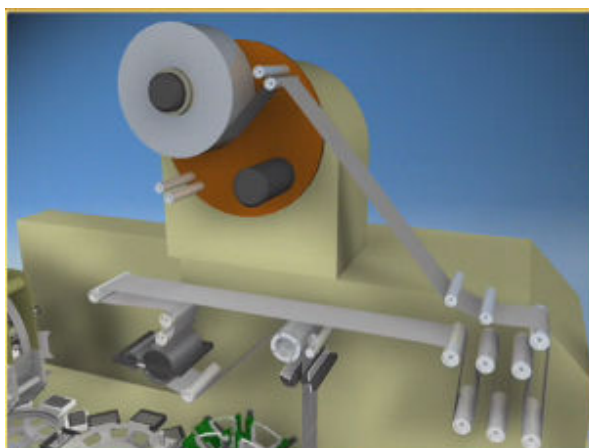
Figura 15. Ingreso de cigarrillos al sistema de empaque.



Fuente: "Modulo Capacitación Elaboración" Coltabaco.

Mientras tanto, el siguiente grupo prepara el aluminio para cada paquete de cigarrillos. En este grupo hay dos bobinas de aluminio, dos rodillos y cuchillas que lo cortan. Además, se encuentran dos rodillos especiales que hacen la marcación de la palabra "PULL" en el papel aluminio, lo cual se puede observar en la figura 16.

Figura 16. Grupo del aluminio.

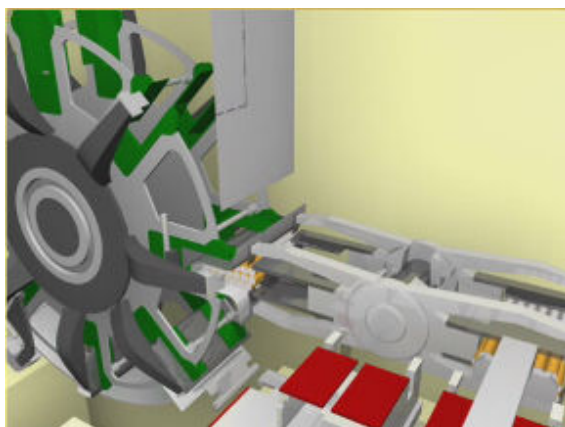


Fuente: "Modulo Capacitación Elaboración" Coltabaco.



Luego, los cigarrillos que entran a la segunda rueda son envueltos en el aluminio y el paquete comienza a tomar forma como se muestra en la figura 17.

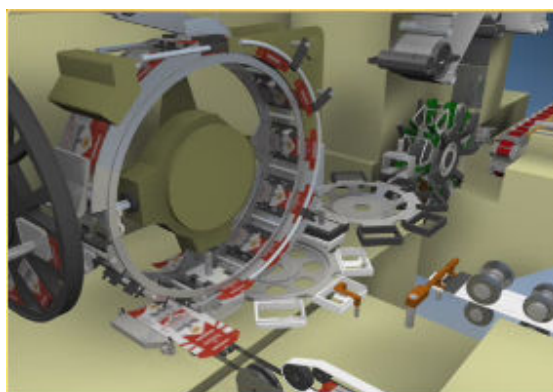
Figura 17. Traspaso de primera rueda a segunda rueda.



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

Simultáneamente, en el grupo del refuerzo, cuchillas especiales hacen las perforaciones y dividen la bobina de cartulina en piezas separadas. El paquete de cigarrillos pasa de la segunda rueda a la tercera y luego a la cuarta, en donde entra el refuerzo y se encuentra con el paquete. Luego se unirán a la marquilla en la quinta rueda como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Tercera, cuarta y quinta rueda.



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

Por medio de succión, la marquilla es entregada de la caja de marquillas a la banda de transporte donde se hace el doblado de la solapa usando perilladores y el sistema de traspaso, conformado por rodillos que trasportan la marquilla, la hacen pasar por encima del gomero, que le pone varios puntos de adhesivo, para luego ser entregada a la quinta rueda.

En la quinta rueda se forma el paquete completamente y posee sensores que controlan la existencia y calidad de todos los materiales. Después, los paquetes terminados pasan a la sexta, en donde la goma es precurada y se controla que el material de la marquilla conserve su forma actual.

El paquete es entregado a la séptima rueda por medio de un elevador y un acompañador y por temperatura, la goma termina de secar completamente y el paquete es entregado a las correas de salida como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Sexta y séptima rueda.



Fuente: “Modulo Capacitación Elaboración” Coltabaco.

Los paquetes son trasportados de la empaquetadora a la celofanadora, por medio de bandas. La función de las máquinas celofanadoras es envolver los paquetes en una película de polipropileno y luego formar grupos de diez cajetillas y envolverlos

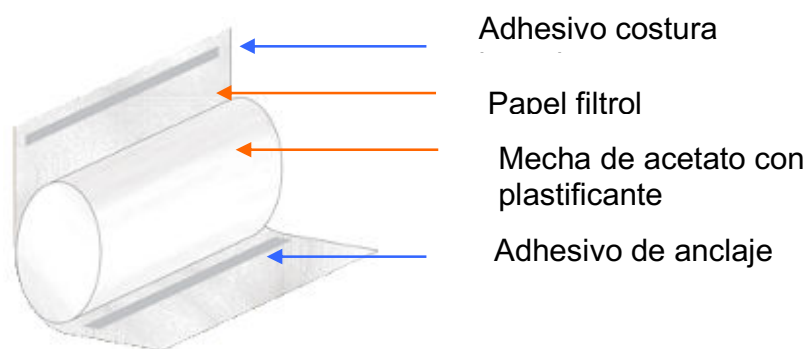
de nuevo, en otra película de polipropileno con una tirilla que permite una fácil apertura.

Las decenas son enviadas a otra máquina que las empaqueta en cajas y las dirige en una banda transportadora hacia la bodega para su respectiva distribución.

### 6.2.3 Elaboración de Filtros

En la figura 20 se relacionan los diferentes materiales necesarios para la elaboración del filtro.

Figura 20. Materiales que conforman el filtro.



Fuente: "Modulo Capacitación Elaboración" Coltabaco.

La mecha de acetato de celulosa dentro de un filtro, es una red de fibras hechas de pulpa de madera. El material de filtro llega en forma de una única tira de más de 10,000 fibras comprimidas en pacas de más de 550 Kg. Dentro de una máquina para fabricar filtros, esta tira de fibras compactadas se estira mecánicamente para abrir las fibras, se rocía con un plastificante para unir las y darles rigidez, se envuelve con papel delgado, se corta y se alimenta dentro de la máquina de hacer cigarrillos.

En la figura 21 se muestra una vista frontal de la máquina empleada para la elaboración del filtro.

Figura 21. Máquina filtrera.



Fuente: Elaboración propia.

La mecha de acetato es tomada de una paca y transportada a través de unas toberas de aire (con aire a presión). Pasando por unos rodillos de pretensión, alimentación, estiraje y entrega.

Una porta bobina en la parte frontal de la máquina, sujeta una bobina que desenvuelve el papel de filtro. Guiado por unos rodillos guías, el papel entra a la mesa formadora y un cinturón transportador. Cuando una bobina se acaba, el empate se realiza igual que en las máquinas elaboradoras.

El papel se sella con adhesivo fundido en caliente a través de las toberas para el encolado de la costura en el borde del papel. La línea de adhesivo de anclaje se adhiere inmediatamente a la mecha de acetato, para evitar que se desprenda del papel ni se contraiga. La cámara de sellado sella los bordes y determina el

diámetro de la varilla. Cuando la varilla se rompe, esta detiene automáticamente la máquina. Luego, un tubo soporta la mecha y la guía a un aparato cortador, donde un cabezal de doble cuchilla lo corta en varios segmentos.

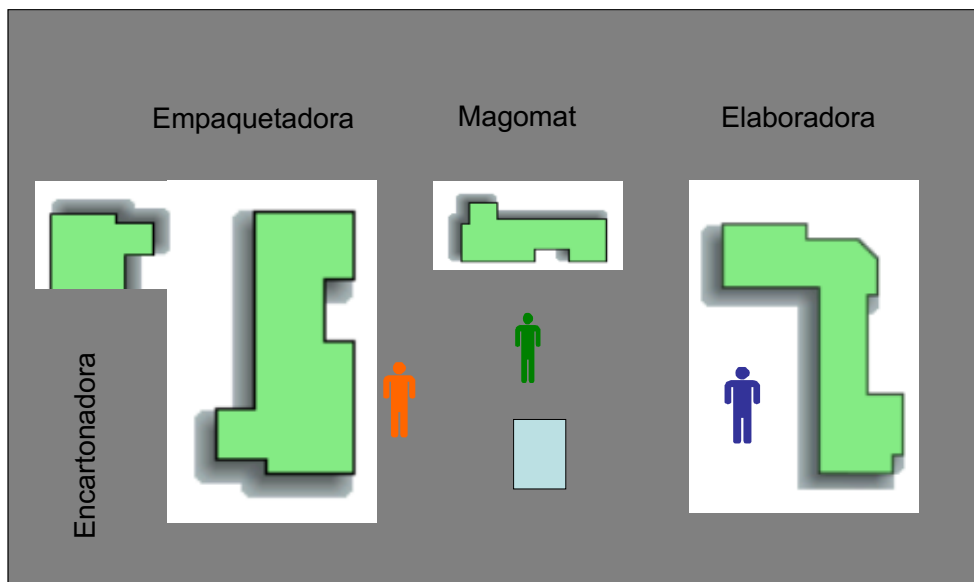
Una vez las varillas de filtro son cortadas, aceleradas, espaciadas, y colocadas dentro de un tambor introductor y luego pasadas a las bateas para su posterior distribución a las máquinas elaboradoras.

El proceso de producción de cigarrillos, parte de las necesidades o requerimientos de ventas, los cuales se bajan a un plan detallado por máquina/marca, a través del área de planeación de cadena de suministros.

Para cada uno de los procesos descritos anteriormente (Elaboración, empaque y filtros) se realiza un control de calidad y verificación del cumplimiento de especificaciones, con el fin de garantizar la integridad del producto y la consistencia de cada una de las marcas fabricadas.

Coltabaco cuenta con 12 células operativas en las cuales se fabrican diferentes formatos y marcas de cigarrillo, cada una de estas células está compuesta por 4 máquinas: elaboradora, magomat, empaquetadora y encartonadora, y sus respectivos operadores para el proceso de elaboración y empaque de cigarrillos en el proceso secundario, tal como se muestra en el esquema de la célula en la figura 22. Este equipo de trabajo es responsable de obtener un buen desempeño en sus diferentes funciones y a su vez obtener unos buenos resultados de los indicadores clave de desempeño, que permitan que la empresa sea sostenible en el tiempo, que genere rentabilidad y agregue valor a través de su cadena productiva.

Figura 22. Esquema de célula operativa



Fuente: Elaboración propia

Las diferentes células, son medidas a través de los indicadores clave de desempeño en términos de calidad, oportunidad, eficiencia y productividad. El obtener mejores resultados en dichos indicadores, permiten disminuir los costos de operación, mejorar la eficiencia de la célula, obtener productos de mejor calidad que puedan ser más competitivos en el mercado y finalmente que los resultados se vean reflejados en toda la planta de operaciones de Colombia y así poder obtener nuevos mercados que permitan lograr un crecimiento del negocio.

Para el año 2009 los indicadores de Coltabaco no muestran los mejores resultados comparados con sus 44 filiales a nivel mundial, por lo cual se requieren diferentes estrategias de mejoramiento en cada uno de los indicadores para ser replicados en las células de trabajo con el fin de posicionar a Coltabaco en un mejor nivel con respecto a sus filiales.

## **7. METODO DE ANALISIS Y SOLUCION DE PROBLEMAS**

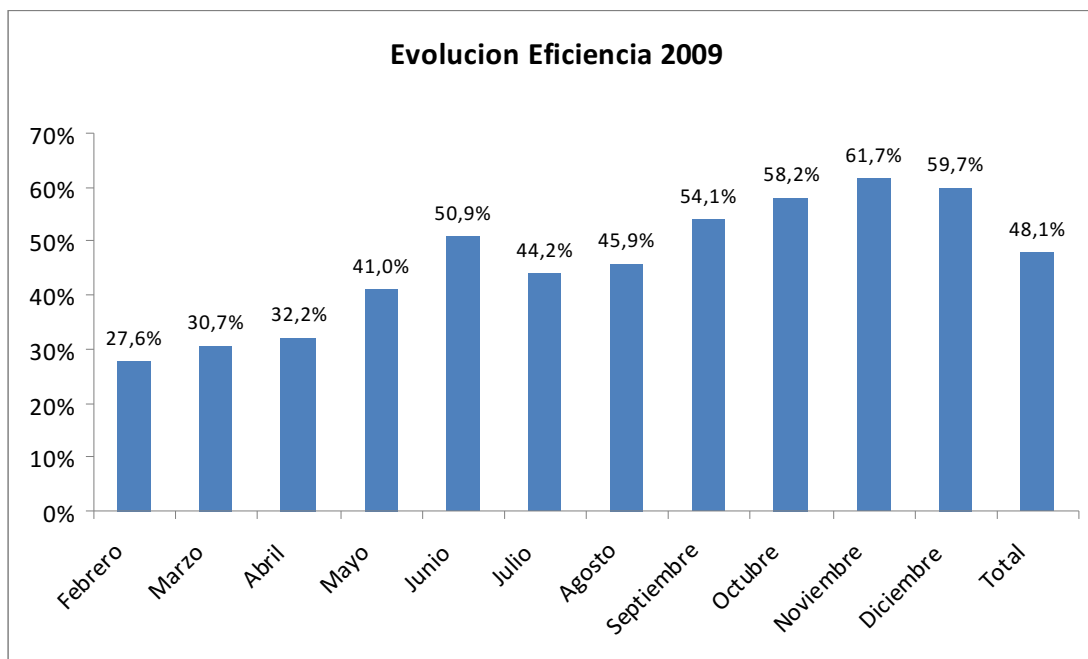
La metodología llevada a cabo para la mejora de la eficiencia en la célula operativa N° 2, fue el método de análisis y solución de problemas, también llamado “cinco pasos” el cual consistió desarrollar los pasos que se describen a continuación:

### **7.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Tal como se observa en el Anexo A (Posicionamiento de eficiencia de Coltabaco en PMI año 2009), Coltabaco no ocupa una buena posición a nivel mundial en cuanto a eficiencia de maquinaria se refiere. Motivo por el cual se tomó como referencia la célula operativa N° 2 con el fin de llevar a cabo algunas oportunidades de mejora replicables a las demás células o equipos de trabajo del proceso secundario para la fabricación de cigarrillos.

En el gráfico 2 se observa la evolución de la eficiencia de la célula operativa N°2 en el año 2009.

Gráfico 2. Evolución de eficiencia de célula operativa N° 2 año 2009



Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las células operativas está conformada por las siguientes máquinas:

- Máquina elaboradora de cigarrillos
- Sistema de almacenamiento y transporte de cigarrillos (Magomat)
- Máquina Empaquetadora
- Máquina Encartonadora

Para realizar el cálculo de la eficiencia de la célula operativa, solo se tiene en cuenta el volumen de producción de la máquina encartonadora, ya que es el volumen de producto terminado que es entregado al área de logística para su posterior despacho, cumpliendo con los requerimientos y la demanda del área de ventas, dicho dato es suministrado por el área de control producción.



## **7.2 ACCIONES CONTENEDORAS INMEDIATAS**

Una vez identificado el problema, se procedió a realizar un análisis de la situación actual, en el cual se identificaron e implementaron algunas acciones contenedoras inmediatas que permitieron obtener una mejora en la eficiencia de la célula tales como:

### **7.2.1 Reducción de velocidad**

Dentro de la célula operativa, las principales máquinas son la elaboradora y empaquetadora de cigarrillos, las cuales poseen una capacidad instalada de 9000 y 7200 cigarrillos por minuto respectivamente. El proceso de fabricación de cigarrillos en cada célula se realiza en línea, con lo cual existe un exceso de capacidad en la máquina elaboradora de cigarrillos de 1.800 cigarrillos. Debido a esto, la máquina elaboradora presenta paros constantemente, por lo cual se generan mayores desperdicios y poca continuidad de la línea, debido a los ajustes realizados durante cada paro.

Como acción contenedora, se tomo la decisión de hacer una reducción de velocidad a la máquina elaboradora a 7500 cigarrillos por minuto, 300 más que la máquina empaquetadora, ya que existe un pulmón o zona de almacenamiento de cigarrillos en el medio de las dos máquinas (Magomat) con el cual se cubren los posibles paros de la máquina elaboradora que son inferiores a 12 minutos.

Con esta decisión, se genera una mayor continuidad de la línea de fabricación de cigarrillos, evitando tantos paros y mejorando la continuidad y estabilidad de la maquinaria.

### **7.2.2 Soporte técnico**

Con el fin de tener una mejor disponibilidad de soporte técnico y velocidad de respuesta en la atención de maquinaria, se realizó una mejor distribución de técnicos mecánicos y eléctricos en toda la planta, ya que estaban distribuidos por atención de maquinaria de acuerdo al formato de cigarrillos y no existía un buen balance en cuanto a cantidad de maquinaria se refiere, teniendo en cuenta que la tecnología es muy similar para toda el proceso de fabricación de cigarrillos, se realizó una distribución en la cual cada mecánico y eléctrico asignado, atiende el mismo número de máquinas en cada turno de trabajo para los mantenimientos correctivos de las diferentes líneas.

### **7.3 IDENTIFICAR LA CAUSA RAÍZ**

Mediante el método de las 5 M's, se realizó el análisis de la causa raíz junto con el equipo que conforma la célula operativa N°2, el cual consistió en desarrollar el problema desde los cinco puntos de vista que abarca dicho método tales como: máquinas, mano de obra, métodos, materiales y medio ambiente.

Para realizar esta actividad, se invitaron algunos integrantes claves de la célula operativa como operarios, ayudantes, mecánicos, eléctricos y el supervisor del equipo de trabajo, con el fin de tener diferentes puntos de vista y así obtener información confiable basada en la experiencia vivencial de varios años de trabajo.

La recolección de la información, se llevó a cabo mediante el diagrama causa – Efecto, donde se presentó una lluvia de ideas por todos los integrantes, buscando las posibles causas por las cuales no se obtiene una mejor eficiencia de la célula operativa.

Las principales causas encontradas en cada una de las 5 M fueron:

**Método de trabajo:**

- Cambios de referencia demorados
- Poca retroalimentación en evolución de indicadores
- Diferentes métodos de calibración de componentes de maquinaria
- Puesta a punto de maquinaria después de mantenimientos preventivos
- Rutinas de limpieza no efectivas

**Maquinaria:**

- Falta de repuestos
- Desgastes de piezas
- Gran cantidad de mantenimientos correctivos y poco preventivos

**Medio Ambiente:**

- Condiciones ambientales como humedad y temperatura afectan la maquinabilidad de la materia prima

**Materiales:**

- Variabilidad en lotes de materiales como marquilla y aluminio

**Mano de obra:**

- Falta de entrenamiento en conocimientos técnicos
- Poco conocimiento en cálculo de indicadores
- Fallas en comunicación entre el equipo de trabajo, como entregas de turno y mantenimientos o novedades de maquinaria durante el turno laboral
- Falta de estandarización en acciones correctivas

- Velocidad de respuesta en atención mecánica y eléctrica

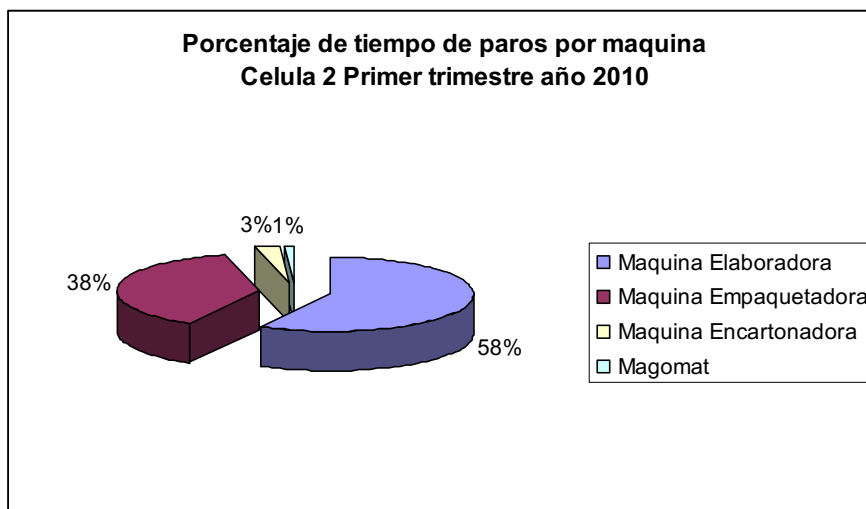
### **Análisis de paros de maquinaria**

La compañía actualmente, cuenta con un software disponible en el centro de cada célula operativa, en el cual los operadores registran información relacionada con la inspección rutinaria de la calidad física y visual del producto, cambios de referencia, volumen de producción, causas y tiempos de paro de cada una de las máquinas etc.

Adicional a la lluvia de ideas recolectada mediante el método de las 5 M's, para identificar las posibles causas de paro de las máquinas que componen la célula operativa, se realizó una recolección de información tomada del software antes mencionado, en el cual se evaluó el primer trimestre del año 2010 con el fin de identificar con datos reales las causas de paro y generar los planes de acción a partir de estas dos entradas de información.

Tal como se observa en el gráfico 3, la mayor cantidad de tiempo de paros de las máquinas que conforman la célula operativa, corresponden a la máquina elaboradora y la máquina empaquetadora con 58% y 38% respectivamente.

Gráfico 3. Porcentaje de tiempo de paros por máquina en célula N°2



Fuente: Elaboración propia.

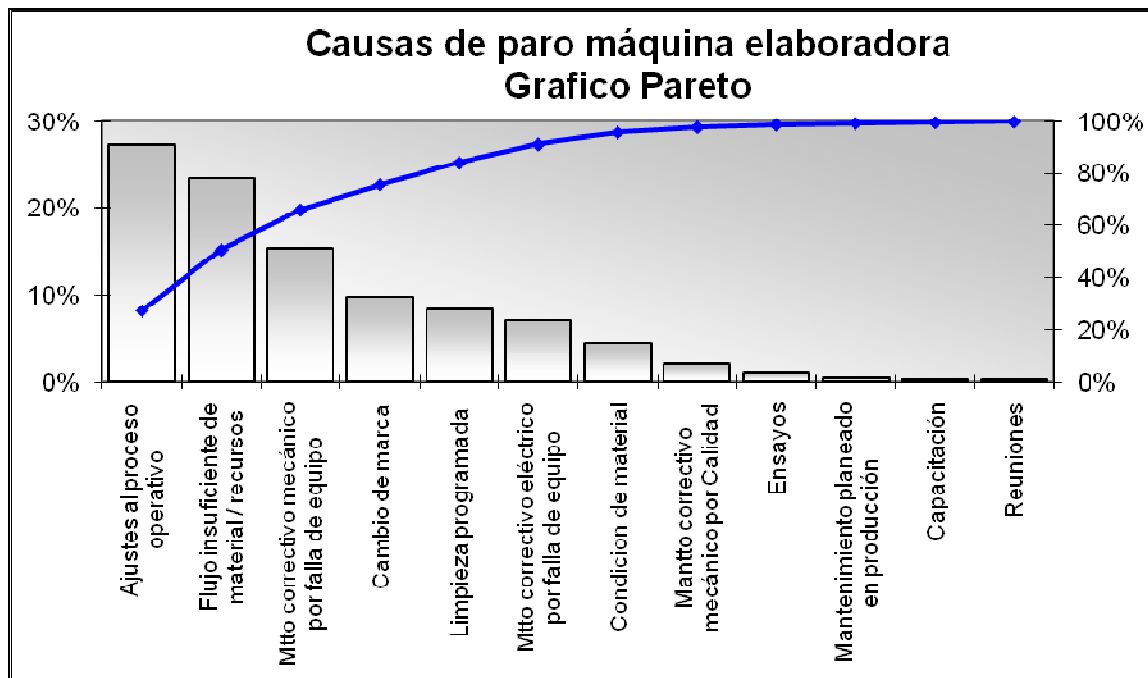
Realizando un análisis de las causas de paro de la máquina elaboradora en este periodo de tiempo, se muestra que la mayor cantidad de paros corresponden a ajustes al proceso operativo, flujo insuficiente de material y/o recursos y mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo, tal como se muestra en la tabla 4 y el gráfico de Pareto 4. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina elaboradora.

Tabla 4. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina elaboradora.

Causa	Porcentaje
Ajustes al proceso operativo	27%
Flujo insuficiente de material / recursos	23%
Mtto correctivo mecánico por falla de equipo	15%
Cambio de marca	10%
Limpieza programada	8%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina elaboradora.



Fuente: Elaboración propia.

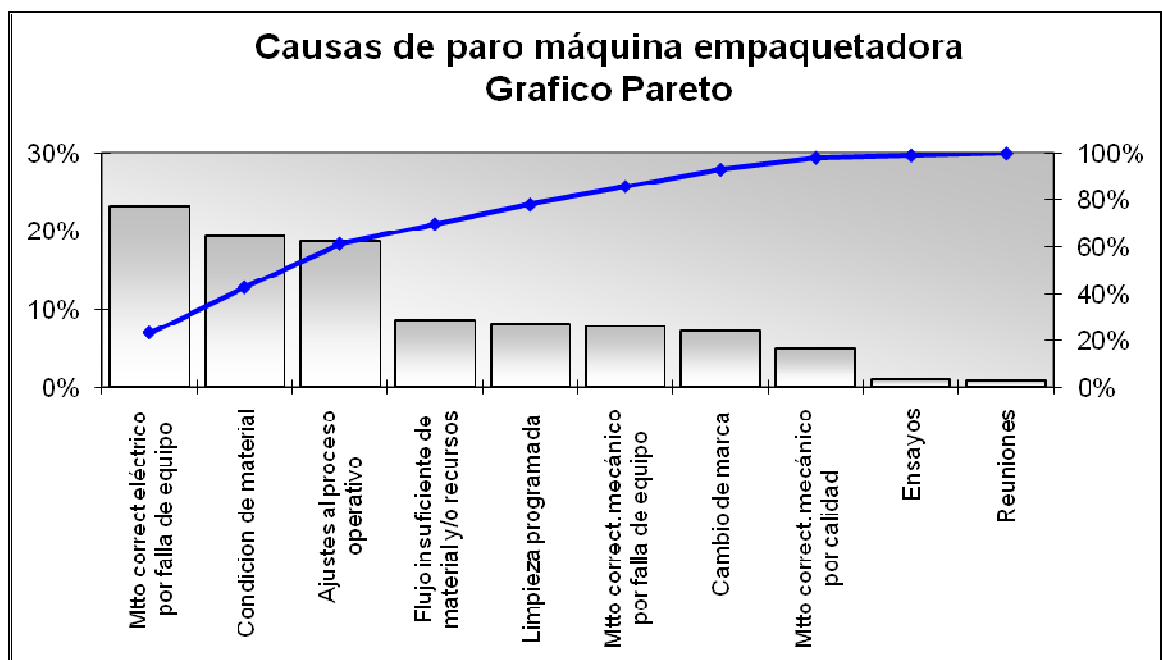
Al igual que en la máquina elaboradora, también se realizó el análisis de las causas de paro de la máquina empaquetadora, donde se muestra que las principales causas de paro, corresponden a mantenimiento correctivo eléctrico por falla de equipo, condiciones del material, ajustes al proceso operativo, flujo insuficiente de material y/o recursos, limpieza programada y mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo, tal como se muestra en la tabla 5 y el gráfico de Pareto 5. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina empaquetadora.

Tabla 5. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina empaquetadora.

Causa	Porcentaje
Mtto. correctivo eléctrico por falla de equipo	23%
Condición de material	19%
Ajustes al proceso operativo	19%
Flujo insuficiente de material / recursos	9%
Limpieza programada	8%
Mtto correctivo mecánico por falla de equipo	8%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Porcentaje de tiempo de paros asociados por causa en máquina empaquetadora.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizadas las causas de paro de las máquinas más representativas en cuanto tiempo de paros se refiere, se realizó una agrupación de los tiempos de paros de estas dos máquinas, con el fin de enfocar esfuerzos y poder determinar planes de acción similares, que fueran aplicables a la célula en general.

Los resultados de dicha agrupación, se pueden observar claramente en la tabla 6. Porcentaje de tiempo de paros, agrupados por célula.

Tabla 6. Porcentaje de tiempo de paros, agrupados por célula.

<b>Causa</b>	<b>Porcentaje</b>
Ajustes al proceso operativo	23%
Flujo insuficiente de material / recursos	16%
Mtto correctivo eléctrico por falla de equipo	15%
Condición de material	12%
Mtto correctivo mecánico por falla de equipo	12%
Cambio de marca	8,5%
Limpieza programada	8,3%
Mtto correctivo mecánico por Calidad	3,6%
Ensayos	1,0%
Reuniones	0,5%
Mantenimiento planeado en producción	0,3%
Capacitación	0,2%

Fuente: Elaboración propia.

#### **7.4 ACCIONES CORRECTIVAS**

Después de identificar las principales causas de paro, se procedió a generar algunas acciones correctivas, que contribuyeron con el mejoramiento o disminución de los tiempos de paro en cada uno de los principales rubros encontrados en el análisis de causa raíz.







#### 7.4.1 Ajustes al proceso operativo

Esta causa de paro, hace referencia a todas aquellas paradas de máquina en las cuales el operador realiza pequeños ajustes como calibraciones mínimas, limpiezas rápidas no programadas, retirar atascos de producto, realizar lavado de gómeros continuamente etc.

Dentro de la identificación de la causa raíz y en el trabajo de campo realizado con el equipo que conforma la célula, se identificó una falencia en algunos temas técnicos y operativos los cuales son indispensables para un buen desempeño de la persona y por ende para disminuir los tiempos de paro de las máquinas. Motivo por el cual, se presentó una propuesta a la Compañía acerca de los temas de entrenamiento requeridos por cada una de las personas que integran el equipo de trabajo y para ello se diseñó una matriz de entrenamiento y polivalencia en la cual se definieron cada una de las actividades requeridas para cada persona.

En dicha matriz, se definieron algunos niveles en los cuales se encontraba cada persona para cada una de las actividades tales como:

-  No entrenado
-  En proceso de entrenamiento
-  Entrenado
-  Experto

Para definir el estatus de cada persona en cada una de las actividades, se realizó una prueba escrita en compañía con el jefe directo (supervisor), en donde se determinó el nivel de cada uno de los integrantes y se estructuró la matriz de entrenamiento, tal como se muestra en el anexo N°2 Matriz de entrenamiento situación inicial.

Adicional a la matriz de entrenamiento, se coordinó con el supervisor de dicha célula, para realizar una reunión quincenal, en la cual se revisan las causas de los paros que presentan las máquinas de la célula operativa N° 2, con el fin de generar planes de acción que permitan disminuir los tiempos de paro y crear un escenario propicio para comunicar las novedades e intercambiar experiencias y prácticas utilizadas por cada uno de los operarios, buscando unificar criterios y estandarizar actividades que permitan aumentar la eficiencia operativa.

Dentro de dichas reuniones, surgió una iniciativa del equipo de trabajo, la cual consiste en mantener una bitácora en la célula, para plasmar novedades detectadas durante el turno laborado y poder registrar todos los inconvenientes o actividades que pueden ser útiles para las demás personas que integran el equipo, ya sea para hacer un seguimiento o para especificar mantenimientos correctivos realizados, con el fin de evitar reprocesos de trabajos.

#### **7.4.2 Flujo insuficiente de material / recursos**

Esta causa de paro corresponde al 16% del tiempo, en el cual alguna de las máquinas que conforman la célula, requiere algún tipo de material como picadura, papel cigarrillo, filtros, adhesivos, marquillas, aluminio etc. Adicional a los materiales, también es incluido en este rubro, todos los requerimientos de recursos para atención de la maquinaria tales como: Soporte de técnicos mecánicos, auxiliares de calidad y técnicos eléctricos o electrónicos.

Con el fin de dar solución o disminuir esta causa de paro, se desarrolló una propuesta visual, la cual consistió en un sistema de llamado desde la célula, a los diferentes grupos de apoyo como mecánicos, electricistas y materias primas, mediante una botonera y una baliza de tres colores que indica localmente que una máquina del grupo necesita atención, tal como se muestra en la figura 23.

Figura 23. Sistema visual de respuesta rápida

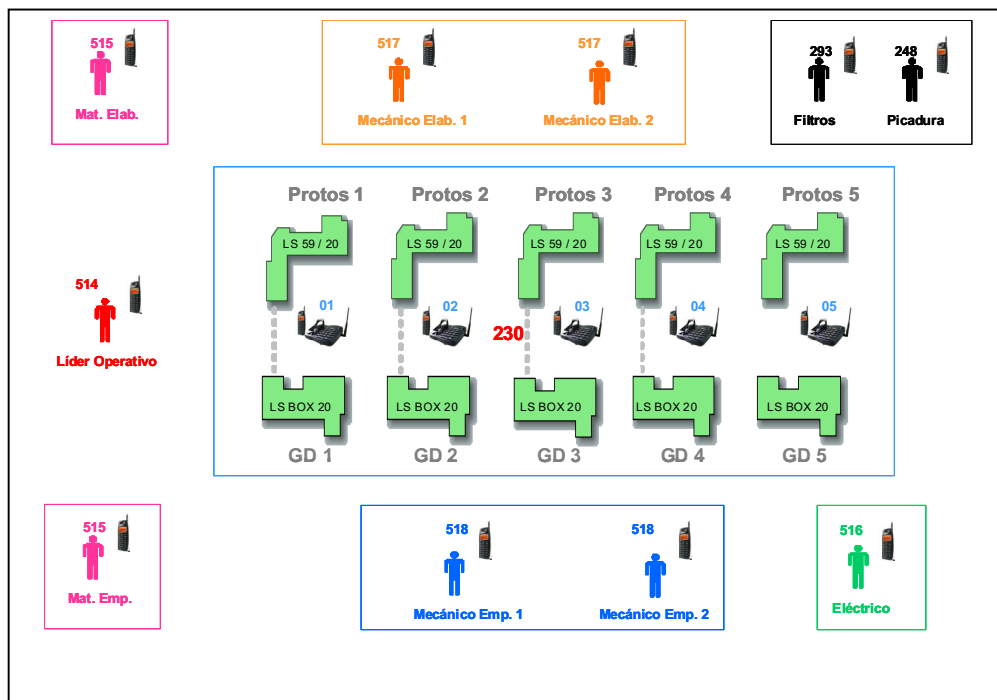


Fuente: Elaboración propia.

Este sistema fue implementado como piloto en la célula operativa N° 2, con el fin de evaluar su funcionalidad. Para esto, se realizaron pruebas durante un mes y el resultado esperado no fue el mejor, debido a que muchas veces no era identificado el sistema visual de balizas por la persona requerida de soporte, ya que el área de operación de las personas es bastante grande y no siempre se está cerca del sistema visual.

En vista de este resultado y consultando con otras afiliadas de PMI en cuanto a sistemas implementados para tener una respuesta rápida y atención del personal de soporte para las máquinas, se planteó al área de ingeniería adoptar un sistema de telefonía inalámbrica similar al que se tiene en la afiliada de Argentina, el cual fue aceptado e implementado para 5 células operativas con las diferentes áreas y personas de soporte tal como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Sistema de telefonía y respuesta rápida.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la tabla 7 se muestran los costos asociados a los equipos de telefonía inalámbrica implementados en las células operativas, los cuales recuperan la inversión en el corto plazo; teniendo en cuenta que el alcance de los mismos es para cinco células operativas. El análisis costo beneficio no se adjunta por temas de confidencialidad de información de la compañía.

Tabla 7. Costos implementación de sistema de telefonía inalámbrica.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Telefono inalámbrico largo alcance	15	\$ 948.276	\$ 14.224.140
		<b>IVA</b>	\$ 2.275.862
		<b>Total</b>	\$ 16.500.002

Fuente: Elaboración propia.

### **7.4.3 Mantenimiento correctivo eléctrico por falla de equipo**

Realizando una revisión de las posibles causas por las cuales se presenta atención de técnicos eléctricos por falla de equipo, se pudo identificar que aproximadamente el 80% de las atenciones, corresponde a problemas asociados con la configuración y puesta a punto del sistema de impresión de códigos con tinta en las cajetillas, para promociones o códigos de trazabilidad que lleva el producto terminado.

Debido a la magnitud del problema, se realizó una investigación de las posibles causas de fallo en el sistema de impresión para disminuir los paros de máquina asociados a este concepto, utilizando la metodología de análisis de causa raíz con el equipo involucrado en dicho sistema, donde se encontraron algunas oportunidades de mejora con sus respectivos planes de acción tal como se muestra a continuación:

- Estandarización física de todas las impresoras de la planta, esto con el fin de poder tener impresoras de backup que puedan servir en cualquier línea y en el momento que se presente algún fallo de las mismas, pueda ser reemplazada por otra sin mayores inconvenientes y sin requerir grandes ajustes que vayan en contra de la eficiencia de la máquina.
- Establecer un procedimiento que incluye el instructivo de instalación y las actividades a realizar en los cambio de marca, que permita mejorar los conceptos sobre la impresora y defina un estándar para todas las operaciones que se deban realizar y que al mismo tiempo sean conocidas por todo el personal técnico electrónico tales como :
  - Instalación Eléctrica
  - Instalación Mecánica
  - Calibraciones
  - Set Up

- Parámetros de Máquina
    - Selección de mensaje
  - Verificación de condiciones de operación
  - Manejo de Residuos
  - Fallas Comunes
- Instalación conectores aéreos y foto celda con el fin de que al realizar un cambio por la impresora de backup, se pueda realizar rápidamente sin pérdidas de tiempos en la máquina.
  - Incluir en las rutinas actuales de mantenimiento de SAP, las impresoras existentes, con el fin de tener un control sobre los mantenimientos preventivos de las impresoras y poder prevenir fallas posteriores en la operación.
  - Capacitación al personal técnico en los aspectos más relevantes como instructivos y todo lo relacionado con el manejo del sistema de las impresoras Domino tales como:
    - Seguridad e higiene.
    - Principios de operación
    - Operación general.
    - Teclado del usuario.
    - Programación de mensajes.
    - Configuración de impresión
    - Cambio de depósito de tinta
    - Sistema general de tinta.
    - Sistema electrónico.
    - Principales fallas y sus soluciones.
    - Ejercicio en el manejo de los equipos

#### **7.4.4 Condición de material**

De acuerdo a la agrupación de las causas de paro en la célula operativa, la condición de los diferentes materiales utilizados en el proceso de fabricación del producto terminado, corresponde al 12% de los paros de la célula.

Dentro de la compañía, existe una área llamada MQA (Material Quality assurance), la cual pertenece al Departamento de Aseguramiento de Calidad y está encargada de realizar las diferentes inspecciones de calidad de las materias primas al ingreso a fábrica, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento en el proceso de producción.

Para esta causa de paro específicamente, se dio la instrucción de la Gerencia de Manufactura no trabajar en la misma, ya que existían planes de acción previamente identificados, como el mejoramiento en el proceso de inspección en el área de soporte (MQA) y la instalación de aire acondicionado para el salón de producción, basados en la experiencia de otras fábricas y los requerimientos de Philip Morris a nivel mundial para tener una mejor maquinabilidad de los materiales.

#### **7.4.5 Mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo**

Conjuntamente con las áreas de ingeniería y producción, se analizaron las diferentes causas de paro asociadas al mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo, las cuales correspondían al 12 % del total de los paros de la célula. Dicho análisis, permitió identificar oportunidades de mejora en la estrategia de mantenimiento preventivo, ya que las máquinas son tomadas para mantenimiento cada 1000 horas de trabajo (4 meses aproximadamente) por un periodo de 5 días, generando grandes inconvenientes en los inicios de producción después de mantenimientos; ya que son intervenidos muchos componentes de las diferentes máquinas, requiriendo atención mecánica para realizar ajustes o

calibraciones para poner la máquina a punto en cada uno de los componentes, generando tiempos improductivos en la célula operativa.

Basados en este precedente, se tomó la decisión con el área de ingeniería de cambiar la estrategia del mantenimiento preventivo y pasar a un esquema de cada 300 horas, una limpieza rápida en 4 horas y cada 600 horas el mantenimiento preventivo correspondiente. Con este esquema se pretende tener intervenciones más frecuentes en las máquinas con el fin de no dejar acumular suciedad en las mismas y al momento de realizar el mantenimiento, no mover tantos componentes que son bastante sensibles y requieren calibraciones y ajustes posteriores con los cuales se pierde gran cantidad de tiempo productivo de las máquinas.

#### **7.4.6 Cambio de marca**

Luego de analizar las principales causas de paro en la célula operativa se logró identificar que el 8,5% de los paros corresponden a los diferentes tiempos perdidos en los cambios de marca que se realizan de acuerdo a la programación mensual de producción.

Para minimizar los tiempos muertos debido a los cambios de marca, se realizaron diferentes actividades entre las cuales se encuentran:

- Se realizó una sesión de lluvia de ideas junto con el equipo que integra la célula operativa mediante el diagrama causa efecto para identificar las posibles causas o tiempos perdidos que podían ser mejorados durante el cambio de marca, tal como se muestra en la anexo N°3 Diagrama causa efecto de cambio de marca.
- Luego de realizar esta lluvia de ideas, se presenciaron varios cambios de marca en la célula operativa en el cual se identificaron cada una de las



actividades que la componen, el tiempo promedio para cada una de ellas, el responsable y el tipo de actividad ya sea interna o externa.

Se realizó el cambio de algunas actividades internas a externas con el fin de garantizar la continuidad del proceso y disminuir los tiempos en los cuales la máquina empaquetadora está parada, al igual que se analizaron todas las actividades internas con el fin de realizar mejoras que disminuyeran los tiempos en cada una de estas.

En el anexo D se relacionan cada una de las actividades con sus respectivos planes de acción detallados para el proceso de elaboración y empaque.

- En el proceso de montaje del cigarrillo en la tolva de alimentación de la empaquetadora, se sugirió la implementación de unas bandas para facilitar el llenado de la tolva hacia la entrada de la empaquetadora tal como se muestra en la figura 25. Esto con el fin de reducir los tiempos durante el cambio de marca.

Figura 25. Bandas de llenado de tolva de empaquetado.

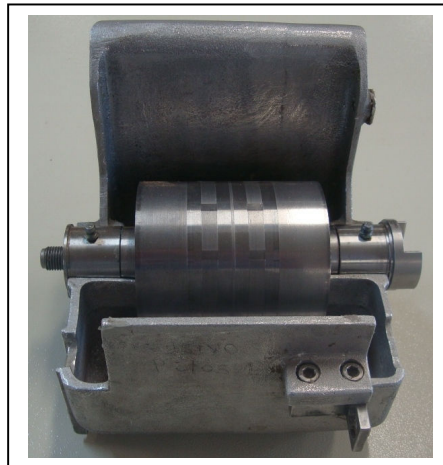


Fuente: Elaboración propia.

- En el proceso de elaboración intervienen algunos dispositivos los cuales no se encontraban cerca a las máquinas cuando se requerían, utilizando así tiempos improductivos mientras eran localizados, por lo cual se hicieron algunas sugerencias para disminuir los tiempos, entre las cuales están:

Gomero: Se acondicionó un gomero adicional para mantener disponible en la máquina elaboradora, ya que constantemente se debe realizar un lavado del mismo perdiendo así tiempos productivos. Anteriormente el operario se desplazaba hasta la zona de lavado para proceder con la limpieza del gomero, actividad en la cual se perdían acerca de 10 minutos, con el cambio, el operario realiza el cambio del gomero inmediatamente sin interrumpir el flujo productivo y luego se desplaza a realizar el lavado. En la figura 26 se muestra una imagen del gomero.

Figura 26. Gomero adicional de elaboración.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la tabla 8 se muestran los costos de los diferentes componentes del gomero adicional, el cual logra recuperar rápidamente su inversión, según análisis costo beneficio realizado; dicho análisis no se adjunta por temas de confidencialidad de información de la compañía.

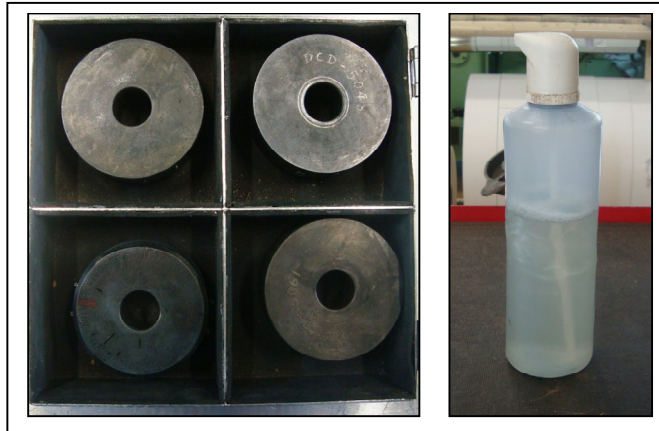
Tabla 8. Costos gomero adicional

<b>KIT GOMERO ELABORACIÓN</b>				
<b>Cod</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Total</b>
11002305	RECIPIENTE DE COLA	1	\$ 1.074.578	\$ 1.074.578
11002339	ENCHUFE HEMBRA	2	\$ 51.968	\$ 103.937
11002434	ANILLO DISTANCIADOR	4	\$ 22.990	\$ 91.960
12039697	RODILLO ENCOLADOR	1	\$ 3.841.997	\$ 3.841.997
12039739	ALMA	1	\$ 60.625	\$ 60.625
12066892	ÁRBOL, EJE	1	\$ 1.530.308	\$ 1.530.308
12098624	ANILLO OBTURADOR	4	\$ 3.819	\$ 15.275
20079403	ANILLO SEGURIDAD I 28X1.20	4	\$ 240	\$ 960
20079862	AGUJA F202626W2	2	\$ 37.105	\$ 74.211
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 6.793.851</b>

Fuente: Elaboración propia

- Sellos y líquido para limpieza de imprenta: Anteriormente eran almacenados en un cuarto apartado de la zona de producción, por lo cual cuando se iba a realizar un cambio de marca el operario perdía acerca de 15 minutos mientras iba a recoger el nuevo sello y el líquido para realizar la limpieza; para mejorar dicha situación se tomó la decisión de almacenar todos los sellos utilizados en la célula de trabajo N°2 en un dispositivo especial donde se protegen y a su vez se pueden encontrar cerca de la máquina, al igual que el líquido para su respectiva limpieza, tal como se observa en la figura 27.

Figura 27. Sellos de sistema de imprenta y líquido para limpieza.



Fuente: Elaboración propia.

- Con el personal de la célula de trabajo se acordó que antes de realizar un cambio de marca se llene el pulmón de cigarrillos establecido para la máquina magomat, con el fin de que en la máquina empaquetadora se pierda el menor tiempo posible ya que es acá donde se mide la eficiencia de la célula.

#### **7.4.7 Limpieza e inspección programada**

La limpieza realizada a las diferentes máquinas, es una de las actividades claves para un buen desempeño durante el turno, así mismo el proceso de inspección permanente a los diferentes componentes de la máquina se convierte en parte fundamental para evitar futuros paros ya que se informa oportunamente al área de mantenimiento para realizar los correctivos necesarios.

El proceso de limpieza e inspección se venía realizando por parte del personal operativo sin ningún tipo de estándar previamente establecido, por lo cual se generaban duplicidades en las actividades realizadas turno a turno. El tiempo de limpieza aproximado en cada uno de los turnos es de 35-40 minutos, representando el 8,3 % de las causas de paro de la célula operativa.

Se detectó una falencia en la forma de realizar este procedimiento, para lo cual se decidió incluir como uno de los temas de entrenamiento en la matriz de polivalencia. Adicional al proceso de entrenamiento anteriormente mencionado, se diseñó una lista de chequeo estándar para cada una de las máquinas que componen la célula con el fin de garantizar que todas las actividades sean realizadas según la periodicidad requerida y siguiendo unos lineamientos previamente establecidos.

En el anexo E, Lista de chequeo proceso limpieza e inspección, se puede encontrar el detalle de la lista de chequeo diseñada para dicho proceso con su respectiva periodicidad.

## **7.5 EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO**

Luego de aplicar las diferentes herramientas de mejoramiento y planes de acción planteados inicialmente, para mejorar la eficiencia operativa en la célula de trabajo N° 2 en Coltabaco filial de PMI; se puede observar una mejora sustancial en cada una de las variables previamente analizadas, las cuales se ven reflejadas en el aumento de la eficiencia global de la célula, tal como se muestra a continuación:

### **7.5.1 Ajustes al proceso operativo**

En este punto se diseñó una matriz de entrenamiento y polivalencia, la cual le permitió a la administración de planta identificar las falencias de su equipo de trabajo y estructurar un cronograma de entrenamiento, para las personas en las diferentes actividades del proceso requeridas en el proceso de producción. En el anexo N°6 se encuentra la matriz de entrenamiento y polivalencia a Diciembre de 2010 que muestra la situación actual de cada una de las personas, con los respectivos entrenamientos realizados.

A continuación se muestra la tabla 9 con el resumen de la evolución del programa de capacitaciones a Diciembre de 2010, el cual evidencia notablemente un incremento en el nivel de entrenamiento de las personas involucradas.

Tabla 9. Evolución del programa de capacitaciones a Diciembre 2010.

ESTATUS	ANTES	DESPUÉS	% MEJORA
No entrenado	36	9	75%
En proceso	64	24	63%
Entrenado	75	139	85%
Experto	10	13	30%

Fuente: Elaboración propia.

### 7.5.2 Flujo insuficiente de materiales

Inicialmente se implementó un sistema visual de botoneras y balizas para realizar un llamado al personal de provisión de materiales y de soporte de técnicos, el cual no funcionó ya que muchas veces las personas requeridas no estaban atentas a dicho llamado; por lo cual se implementó un sistema de telefonía inalámbrica para que la comunicación fuera inmediata con las diferentes personas de soporte a la célula. A continuación se muestran los resultados obtenidos en la tabla 10, luego de evaluar la mejora con el sistema Andón mediante la medición de tiempos de respuesta y atención a la célula de trabajo.

Tabla 10. Resultados implementación sistema de respuesta rápida.

Tiempo promedio día/evento sin sistema (min)	Tiempo promedio día/evento con sistema(min)	Diferencia	Cigarrillos que se dejan de producir por día
6	1,68	4,32	18.662
36	4,68	31,32	135.302
84	5,18	78,82	340.502
7,5	1,14	6,36	27.475
4	0,64	3,36	14.515
34	1,4	32,6	140.832
<b>171,5</b>	<b>14,72</b>	<b>156,78</b>	<b>677.290</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis de tiempos realizado sin la implementación del sistema de comunicación, se detectó que por búsqueda de soporte se pierden acerca de 171,5 minutos promedio por día, tal como se detalla en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis de tiempos improductivos sin sistema de respuesta rápida.

Célula N° 2 sin sistema de comunicación			
Soporte requerido	N° atenciones promedio/día	Tiempo de respuesta promedio (min)	Tiempo promedio día/evento
Calidad	6	1	6
Eléctrico	9	4	36
Mecánico	14	6	84
Picadura	3	2,5	7,5
Filtros	2	2	4
Materiales	4	8,5	34
<b>Total</b>			<b>171,5</b>

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación del sistema de comunicación de telefonía inalámbrica se reduce el tiempo a 14,72 minutos como lo muestra la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de tiempos improductivos con sistema de respuesta rápida

<b>Célula N° 2 con sistema de comunicación</b>			
<b>Soporte requerido</b>	<b>N° atenciones promedio/día</b>	<b>Tiempo de respuesta promedio (min)</b>	<b>Tiempo promedio día/evento</b>
Calidad	6	0,28	1,68
Eléctrico	9	0,52	4,68
Mecánico	14	0,37	5,18
Picadura	3	0,38	1,14
Filtros	2	0,32	0,64
Materiales	4	0,35	1,4
<b>Total</b>			<b>14,72</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 7.5.3 Mantenimiento correctivo eléctrico por falla de equipo

Para la compañía, el sistema de impresión por inkjet era completamente nuevo, por lo cual se requería un proceso previo de estandarización y entrenamiento del personal, para garantizar que el sistema fuera exitoso y confiable. Para esto se llevaron a cabo diversas actividades que permitieron obtener excelentes resultados y disminuir los tiempos de paro de la célula operativa asociada a esta causa, los cuales se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Análisis de las mejoras obtenidas en el sistema de impresión Inkjet.

<b>Sistema impresión Inkjet</b>	<b>N° atenciones promedio día</b>	<b>Tiempo promedio reparación (min)</b>	<b>Total tiempo</b>
Antes	7	22	154
Después	4	14	56
<b>% reducción</b>	<b>43%</b>	<b>36%</b>	<b>64%</b>

Fuente: Elaboración propia.



#### 7.5.4 Condición de material

Tal como se relaciona en el paso N°4, para dicha causa ya se estaba gestionando un plan de acción por parte del área de ingeniería y calidad, el cual consistió en la implementación del aire acondicionado en el salón de producción, con el fin de obtener una mejor maquinabilidad de los materiales y mejores condiciones ambientales para el trabajador. Adicional a esto, el área de calidad (MQA) viene desarrollando mejoras en su proceso con el fin de garantizar que los materiales no conformes provenientes de proveedores, no lleguen hasta el proceso productivo y a su vez están desarrollando procesos colaborativos con los proveedores, para lograr una sinergia que permita disminuir los materiales no conformes.

Se han revisado los causales de paro asociados a las condiciones de material en el último trimestre de 2011 y a continuación se muestra en la tabla 14 los resultados obtenidos.

Tabla 14. Resultados obtenidos con respecto a los paros asociados a condiciones de material.

Proceso	Antes	Después	% MEJORA
Elaboración	5%	3.3%	27%
Empaque	19%	12.6%	35%

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se ha consultado con el personal de producción y muestran un alto grado de satisfacción con la implementación del aire acondicionado, ya que se vio reflejado en el cambio de las condiciones ambientales, las cuales permiten obtener una mejor maquinabilidad del material y un ambiente de trabajo agradable para el operario.

### 7.5.5 Mantenimiento correctivo mecánico por falla de equipo

Junto con el área de ingeniería, se realizó el cambio en la estrategia de mantenimiento preventivo el cual consistió en cambiar la frecuencia y la cantidad de componentes a intervenir, logrando así una disminución en el tiempo invertido en mantenimiento correctivo luego de realizar el mantenimiento preventivo. El tiempo de validación que tiene establecido la compañía después de un mantenimiento preventivo es de cinco turnos, tiempo en el cual se evaluó dicha mejora con el cambio en la estrategia de mantenimiento, la cual corresponde a un 64% tal como se observa en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados obtenidos con respecto al mantenimiento correctivo.

Tiempo perdido en mantenimiento correctivo después de preventivo (min)	Antes	Después	% Mejora
	3.960	1.440	64%

Fuente: Elaboración propia.

Con el cambio de dicha estrategia también se pudieron evidenciar algunas fallas y desgastes de componentes, los cuales no eran identificados en el día a día sino hasta el momento del mantenimiento correctivo. Esto permite detectar futuras fallas y pérdidas de tiempo por mantenimiento correctivo debido a que hay una mayor frecuencia en las revisiones.

### 7.5.6 Cambio de marca

Con el cambio de algunas actividades internas a externas y el mejoramiento en los tiempos para realizar algunas actividades durante el cambio de marca, se obtuvo una mejora del 60% en la máquina empaquetadora y un 55% en la máquina elaboradora, tal como se muestra en la tabla 16 y en la tabla 17 respectivamente.

Tabla 16. Evolución cambios de marca máquina empaquetadora.

Empaquetadora	Antes		Después		% Mejora
	N° actividades	Duración (min)	N° actividades	Duración (min)	
Actividades Internas	6	33,3	4	12,7	62%
Actividades Externas	1	3	3	2	33%
<b>Total</b>	<b>36,3</b>		<b>14,7</b>		<b>60%</b>

Fuente: Elaboración propia.

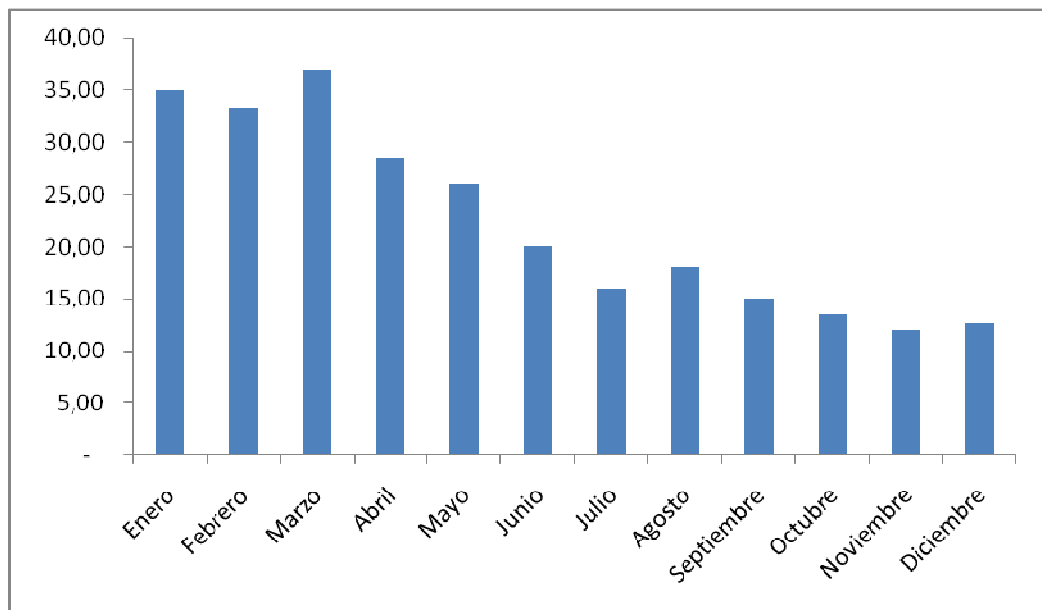
Tabla 17. Evolución mejora en cambios de marca en máquina elaboradora

Elaboradora	Antes		Después		% Mejora
	N° actividades	Duración (min)	N° actividades	Duración (min)	
Actividades Internas	8	38,0	7	17,5	54%
Actividades Externas	4	10,8	5	4,66	57%
<b>Total</b>	<b>48,8</b>		<b>22,2</b>		<b>55%</b>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra el gráfico 6 que corresponde a la evolución de los tiempos empleados en los cambios de marca durante el año 2010 en el cual se observa una reducción de 20,6 minutos desde Febrero hasta Diciembre de 2010.

Gráfico 6. Evolución de los tiempos empleados en cambios de marca en 2010.



Fuente: Elaboración propia

### 7.5.7 Limpieza e inspección programada

Con el fin de evitar la duplicidad de actividades, garantizar el proceso de inspección de los diferentes componentes de la máquina y buscar continuidad en el proceso productivo, se estandarizó el proceso de limpieza e inspección mediante una lista de chequeo, en la cual se definieron las diferentes actividades a realizar con su respectiva periodicidad, apoyándonos en un equipo de técnicos y operarios y en las recomendaciones de los manuales de los equipos.

Durante el entrenamiento surgió una idea innovadora de un operario que hace parte de la célula operativa N°2, la cual consistió en desarrollar un manual interactivo en el cual se pudiera visualizar paso por paso el proceso de limpieza y los diferentes requerimientos para realizar esta actividad. Dicho manual se encuentra disponible en el computador de cada célula de trabajo para consulta constante por parte de los operarios.

Luego de estandarizar el proceso se evidenció una mejora del 41% en los tiempos de limpieza e inspección, ya que el operario se concentra en la lista de chequeo siguiendo un procedimiento establecido, cumpliendo con la periodicidad sin realizar actividades repetitivas que no agregan valor a la operación, a continuación en la tabla 18 se encuentran los resultados obtenidos.

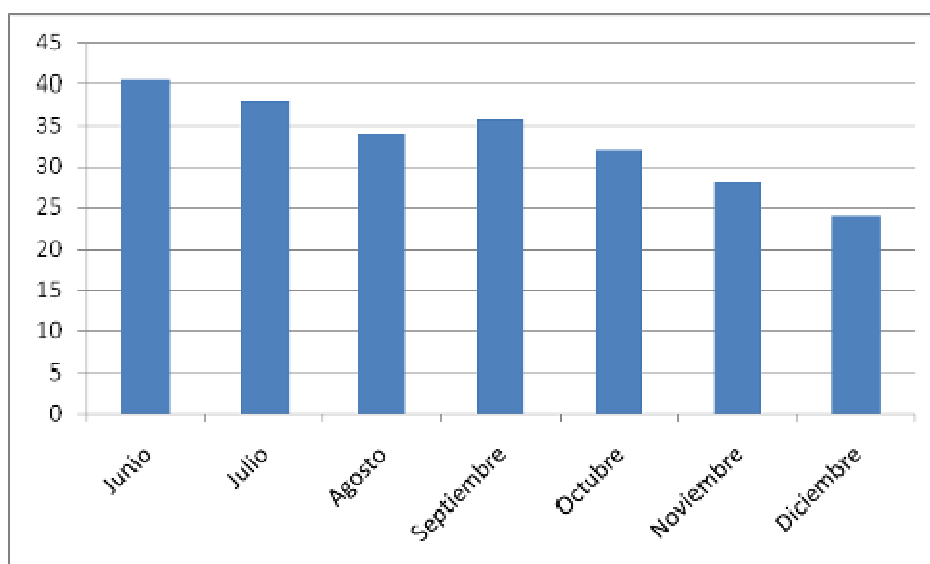
Tabla 18. Resultados en mejoras de limpieza e inspección programada.

Limpieza e inspección programada	Tiempo promedio (min)
Antes	40,5
Después	24
% reducción	41%

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 7 se observa la disminución de los tiempos empleados en las limpiezas programadas para las máquinas que componen la célula operativa durante el segundo semestre del 2010.

Gráfico 7. Evolución en los tiempos empleados en limpieza e inspección programada.

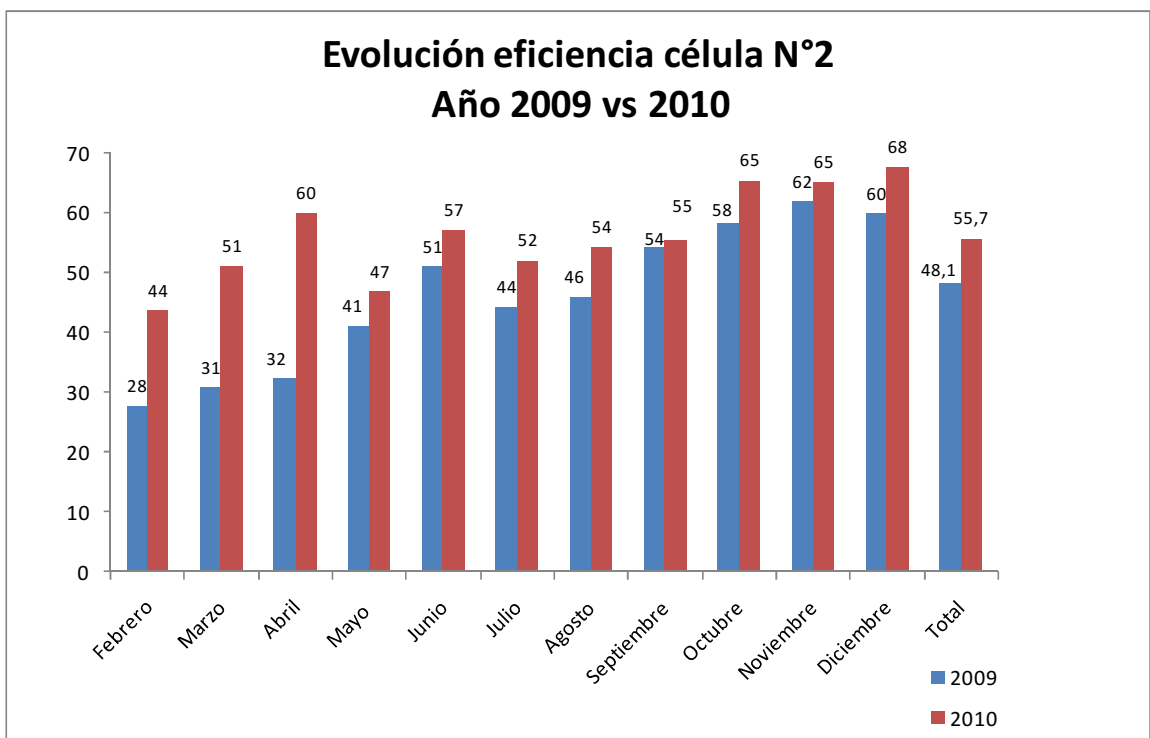


Fuente: Elaboración propia.

## 7.6 DIAGNÓSTICO GENERAL DESPUÉS DEL MEJORAMIENTO

Luego de realizar la evaluación y seguimiento a todos los planes de acción planteados inicialmente para mejorar la eficiencia de la célula operativa N° 2 en Coltabaco, se logra evidenciar una mejora significativa en dicha célula, con una tendencia positiva a lo largo del año, tal como se observa en el gráfico 8.

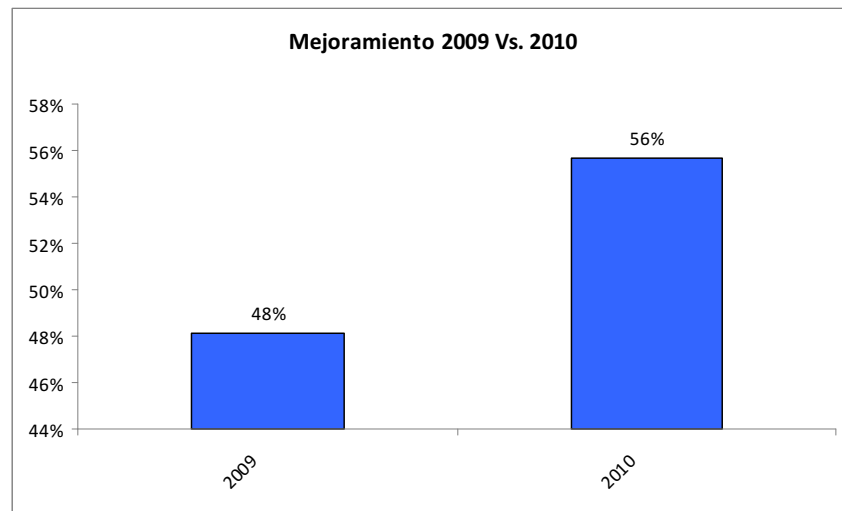
Gráfico 8. Evolución eficiencia célula operativa N°2 año 2009 vs 2010.



Fuente: Elaboración propia.

Durante el año 2009 se tenía una eficiencia total del 48,1% y en el 2010 se obtuvo una eficiencia total de 55,7%, logrando una mejora de 7,5 puntos, tal como se observa en el gráfico 9.

Gráfico 9. Comparativo eficiencia célula operativa N°2 año 2009 vs 2010.



Fuente: Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

- Se lograron identificar las principales causas de paro asociadas a la célula operativa N°2 por medio de un diagnóstico de la situación actual, el cual se realizó mediante el análisis de los datos de la célula operativa, tales como: indicadores de gestión, causas de paro de cada máquina y software de registro de información entre otros. Para el análisis de los datos se utilizó el método de análisis y solución de problemas.
- Se obtuvo un progreso del 75% en los niveles de capacitación de las personas no entrenadas en los procesos productivos y de un 63% en personas en proceso de entrenamiento, gracias al diseño de una matriz de entrenamiento que sirvió para identificar los conocimientos y falencias de los integrantes de la célula operativa N°2. Consolidando así los procesos de capacitación y entrenamiento de la célula.
- Con la implementación del sistema de respuesta rápida (telefonía inalámbrica llamada Andón) se logró una reducción de tiempos muertos de 156,78 minutos por día en la célula operativa N°2, lo cual representa un aumento de la capacidad en el volumen de producción en 677.000 cigarrillos por día.
- La estandarización y entrenamiento en el sistema de impresión inkjet permitió obtener una mejora del 64%, entre el número de atenciones promedio por día y el tiempo requerido para la atención de las mismas, logrando así aumentar el tiempo productivo de la máquina.
- Tras la implementación del aire acondicionado en el proceso secundario de producción en Coltabaco y el trabajo realizado por el área de calidad en cuanto a desarrollo de proveedores, representa una mejora del 27% en



elaboración y del 35% en empaque con respecto a las causas de paro asociadas a la condición de material, las cuales representan el 12% del total de los paros de la célula operativa.

- Debido a los buenos resultados obtenidos con la generación de espacios de mejoramiento con el personal operativo de la célula N°2, se establecieron reuniones periódicas con el fin de propiciar espacios adecuados para mejorar la comunicación, incentivar la generación de ideas innovadoras, desarrollar estrategias de mejoramiento basados en la experiencia y conocimiento de los mismos y de esta forma estar alineados para alcanzar los diferentes objetivos establecidos por la compañía.
- Se evidenció una mejora del 64% en los tiempos perdidos por mantenimiento correctivo, con el cambio en la estrategia de mantenimiento preventivo; ya que se incrementa la frecuencia de inspección y corrección de las máquinas y se disminuyen los componentes que son intervenidos en dichos mantenimientos. Logrando así que los trabajos realizados en los mantenimientos preventivos, se vean reflejados en la reducción de tiempos utilizados en mantenimiento correctivo.
- Se obtuvo una mejora del 60% en la reducción de tiempos empleados para los cambios de referencia, pasando de 36,3 minutos a 14,7 minutos en la máquina empaquetadora, esto se logró a través de un análisis en conjunto con el personal de la célula operativa, acerca de las diferentes actividades internas y externas que componen el cambio de marca; para las cuales se llevaron a cabo una serie de cambios los cuales condujeron a dicho resultado.
- Se implementaron algunas mejoras en máquinas, que permitieron reducir los tiempos muertos en las mismas tales como: Bandas para proceso de llenado de máquina empaquetadora, gomero de repuesto disponible en

máquina, sellos y liquido para limpieza de imprenta. Logrando así disminuir los tiempos improductivos de la maquinaria.

- La estandarización y definición de una lista de chequeo para el proceso de inspección y limpieza en cada una de las máquinas, permitió evitar la duplicidad de actividades y garantizar la realización de las mismas con la periodicidad requerida para la correcta operación de las máquinas. Adicionalmente se logró una reducción de tiempos promedios por cada limpieza e inspección de 16,5 minutos.
- Gracias a la ejecución de los diferentes planes y propuestas mencionados anteriormente, se logro obtener una mejora en la eficiencia de la célula operativa de 7,5 puntos con respecto al año 2009, alcanzando una eficiencia del 55,7% durante el año 2010; mostrando una mejora consolidada a través del último trimestre del año.
- Por último se concluye que en la era de la competitividad, el reto para las diferentes compañías manufactureras, es responder a los cambios drásticos y rápidos en la demanda de los clientes, sin dejar de tener excelente calidad en sus productos. Es allí donde cobra vital importancia el mejoramiento continuo, ya que por medio de este se mejoran procesos internos en producción, se gana flexibilidad en manufactura y se disminuyen los costos de producción, haciendo mucho más eficiente el proceso productivo.

## 9. RECOMENDACIONES

- Dar continuidad al proceso de entrenamiento que se realizó para la célula de trabajo N°2 mediante el diseño de una matriz de entrenamiento, con el fin de fortalecer el nivel de conocimiento de las diferentes personas involucradas en el proceso productivo y a su vez tener un panorama claro de las habilidades y necesidades de entrenamiento del personal. Esto con el fin de mejorar el desempeño de los operadores lo cual se reflejará en la mejora de los indicadores.
- Generar espacios propicios para incentivar la comunicación, el trabajo en equipo y la retroalimentación constante de la evolución de los diferentes indicadores con el personal involucrado en el proceso productivo. Esto con el fin de generar una cultura de mejora continua en donde los principales actores del proceso comparten sucesos, proponen ideas, que contribuyan al mejoramiento de los procesos internos de las diferentes células de trabajo.
- Continuar con el trabajo que se viene realizando con los diferentes proveedores de materia prima, convirtiéndolos en socios estratégicos de negocio y desarrollándolos en los diferentes sistemas de control y requerimientos de la compañía; con el fin de garantizar la confiabilidad de las materias primas suministradas.
- Replicar los planes de acción implementados en la célula de trabajo N°2 a las demás células operativas del proceso, con el fin de contribuir al mejoramiento del indicador de eficiencia de la planta de Coltabaco.

- Fortalecer el programa de sugerencias que posee la compañía, mediante el cual el personal recibe un reconocimiento, frente a una idea innovadora propuesta para la mejora de algunos de los procesos productivos. Dicho programa puede ser utilizado para incentivar a los operarios de las diferentes células a contribuir con ideas que mejoren la eficiencia de las células operativas.
- Se recomienda que los diferentes indicadores sean registrados por el personal de cada una de las células, con el fin de que el operario pueda identificar los resultados obtenidos, realizando un control o seguimiento versus la meta definida previamente.
- La implementación de sistemas para la administración visual, permite a los diferentes equipos de trabajo estar actualizados y tener un mejor panorama de la operación y los resultados de las diferentes células de trabajo y a su vez de la compañía en general.
- Continuar con el programa de 5 “s” que se viene desarrollando en la compañía con el fin de mantener las diferentes áreas de trabajo limpias, organizadas y un ambiente de trabajo propicio para el mejoramiento y la generación de nuevas ideas innovadoras.

## BIBLIOGRAFÍA

Banks, J. (2008). *Control de calidad*. México : Limusa.

Barnes, T. (1997). *Cómo lograr un liderazgo exitoso*. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México: Mc Graw Hill.

Coltabaco. (s.f.). Bases de datos de indicadores clave de desempeño. Medellín, Colombia.

Coltabaco. (2008). Programa de control estadístico de procesos "CEP Online". Medellín, Colombia.

Crosby, P. B. (1987). *La calidad no cuesta* . México: Mc Graw Hill .

De Gerencia.com. (15 de Mayo de 2008). Recuperado el Marzo de 2010, de [http://www.degerencia.com/articulo/smed\\_single\\_minute\\_exchange\\_die](http://www.degerencia.com/articulo/smed_single_minute_exchange_die)

Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Santa Fé de Bogotá: Mc Graw Hill Interamericana.

Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de operaciones*. México: Pearson, Prentice Hall.

Imai, M. (1998). *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. Bogotá: Mc Graw Hill.

Ochoa Saldarriaga, C. M. (2010). Módulo de capacitación Proceso de Elaboración de cigarrillo. Medellín, Colombia.

Ochoa Saldarriaga, C. M. (2010). Módulo de Capacitación proceso de Elaboración de filtros. Medellín, Colombia.

Ochoa Saldarriaga, C. M. (2010). Módulo de Capacitación proceso de Empaquetado. Medellín, Colombia.

Rey Sacristán, F. (2001). *Mantenimiento total de la producción*. Madrid: Fundación Confemetal.

Rey Sacristán, F. (2008). *Técnicas de resolución de problemas*. Madrid: Fundación Confemetal.

Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. United States of America: Halliday Lithograph.

Suzuki, T. (1994). *TPM en industrias de proceso* .