

**METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA APLICADA A UN PROCESO DE  
MANUFACTURA**

**NILSON OLMEDO ALBA  
ELIANA MARCELA CASTELBLANCO CANO**

**UNIVERSIDAD EAN  
FACULTAD DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROCESOS Y CALIDAD  
BOGOTÁ D.C.  
2012**

**METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA APLICADA A UN PROCESO DE  
MANUFACTURA**

**Informe Final de Investigación presentado como requisito parcial para optar al  
título de especialistas en Gerencia de Procesos y Calidad**

**Tutor:  
MARIO ALEJANDRO QUINTERO**

**UNIVERSIDAD EAN  
FACULTAD DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROCESOS Y CALIDAD  
BOGOTÁ D.C.  
2012**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	17
1. JUSTIFICACIÓN	18
2. GENERALIDADES	19
2.1. ANTECEDENTES	19
3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE PROBLEMA	21
4. OBJETIVOS	22
4.1. Objetivo General	22
4.2. Objetivos Específicos	22
5. MARCO REFERENCIAL O TEÓRICO	23
5.1. Marco Teórico	23
5.1.1. Lean Manufacturing	23
5.1.1.1. Principios de Lean Manufacturing	23
5.1.1.2. Beneficios de la aplicación del Lean Manufacturing	23
5.1.2. Seis Sigma	24
5.1.2.1. Historia	24
5.1.2.2. Principios de Seis Sigma	24
5.1.2.3. Objetivos de la Metodología Seis Sigma	25
5.1.2.4. Proceso	25
5.1.2.4.1. Definir	26
5.1.2.4.2. Medir	26
5.1.2.4.3. Analizar	26
5.1.2.4.4. Mejorar	26
5.1.2.4.5. Controlar	26
6. DISEÑO METODOLOGICO	27
6.1. Fase de definición	27
6.2. Fase de Medición	27
6.3. Fase de Análisis	28
6.4. Fase de Mejora	28

6.5. Fase de Control	28
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
7.1. FASE DE DEFINICIÓN	29
7.1.1. Resultados	29
7.1.2. Discusión	33
7.2. FASE DE MEDICIÓN	34
7.2.1. Resultados	34
7.2.2. Discusión	40
7.3. FASE DE ANÁLISIS	41
7.3.1. Resultados	41
7.4. Discusión	44
7.5. FASE DE MEJORA	44
7.5.1. Resultados	45
7.5.2. Discusión	54
7.6. FASE DE CONTROL	56
7.6.1. Resultados	56
7.6.2. Discusión	61
8. ANÁLISIS FINANCIERO	62
9. CONCLUSIONES	64
10. RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	67

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 2.1 Perfil Corporativo Organización Corona S.A	20
Figura 6.1 Metodología DMAMC	27
Figura 7.1 Fase de Definición	29
Figura 7.2 Costos llave individual	30
Figura 7.3 Mapa de Proceso Ensamble 1er Nivel Llave Individual y Empaque Desagüe	30
Figura 7.4 Diagrama de Flujo Ensamble Llave Individual	31
Figura 7.5 Resumen Sipoc Ensamble Llave Individual	32
Figura 7.6 Resumen Sipoc Inyección y Ensamble Llave Individual	32
Figura 7.7 Fase de Medición	34
Figura 7.8 Mapa de Proceso General Ensamble Llave Individual y Empaque Desagüe	34
Figura 7.9 Componentes llave individual	35
Figura 7.10 Componentes desagüe lavamanos	35
Figura 7.11 Distribución Física de la Planta de Producción	36
Figura 7.12 Distribución Física de la Célula de Ensamble Llave Individual	36
Figura 7.13 Célula de Ensamble de Llave Individual	37
Figura 7.14 Matriz C&E Ensamble Llave Individual	37
Figura 7.15 Resultados Matriz C&E Ensamble Llave Individual	38
Figura 7.16 Resumen AMFE del Proceso	38
Figura 7.17 Evolución Métrica del Inventario	40
Figura 7.18 Métrica proyecto – Tiempo de Ciclo	40
Figura 7.19 Fase de Análisis	41
Figura 7.20 Célula de ensamble	42
Figura 7.21 Vsm (Mapeo de la Cadena de Valor) Anterior	42
Figura 7.22 Pared de Balanceo Actual Ensamble Llave Individual	43
Figura 7.23 Fase de Mejora	44
Figura 7.24 Distribución Física anterior del Célula de Ensamble Llave Individual	45
Figura 7.25 Distribución Física Actual de la Célula de Ensamble Llave Individual	46
Figura 7.26 Sistema Kanban	46
Figura 7.27 Lay Out estación de ensamble actual	47
Figura 7.28 Ensamble Unidad de Cierre	47
Figura 7.29 Vsm (Mapeo de la Cadena de Valor) Actual	48
Figura 7.30 Pared de Balanceo Actual Ensamble Llave Individual	49
Figura 7.31 Resumen Mejora Proceso de Ensamble Llave Individual	50
Figura 7.32 Diseño de Experimento Pegue Cuerpo Llave Individual	50

Figura 7.33 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual	51
Figura 7.34 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Ajuste Factorial	51
Figura 7.35 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Grafica de Efectos Principales para Respuesta	52
Figura 7.36 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual - Grafica de Interacción para Respuesta	53
Figura 7.37 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual - Grafica de Cubos (Medias de los datos) para Respuesta	53
Figura 7.38 Optimización de Respuesta	54
Figura 7.39 Grafica de Optimización	54
Figura 7.40 Fase de control	56
Figura 7.41 Rediseño Célula de Ensamble	57
Figura 7.42 Proceso de Pegue Chasis Llave Individual Plástica	57
Figura 7.43 Proceso de Prueba Llave Individual Plástica	58
Figura 7.44 Proceso de Ensamble Llave Individual Plástica	58
Figura 7.45 Proceso de Empaque Llave Individual Plástica	59
Figura 7.46 Proceso de Empaque Llave Individual Plástica	59
Figura 7.47 Andon Control Ritmo Producción	60
Figura 7.48 Métrica Proyecto (Costo Ensamble Llave)	60
Figura 7.49 Resumen de Mejoras en las Células de Ensamble Llave Individual	61
Figura 8.1 Cuadro Resumen de Mejoras	62

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Matriz AMFE del Proceso	67
Anexo 2. Ficha Bibliográfica	69

## GLOSARIO

**Eficacia:** Grado en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

**Eficiencia:** Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

**Lean Manufacturing:** es una metodología que se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas, temporal, material, eficiencia, o procesos

**Proceso:** Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**Productividad:** es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción

**Seis Sigma:** es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente.

## RESUMEN

La competitividad de una empresa y la satisfacción del cliente están determinadas por la calidad del producto, precio y la calidad de servicio. Se es más competitivo si se puede ofrecer mejor calidad, a bajo precio y en menor tiempo. Uno de los componentes más importantes de la calidad en el servicio es el tiempo de entrega de los productos. El tiempo de entrega está bastante relacionado con el tiempo del ciclo. De esta forma el tiempo del ciclo refleja en gran medida la eficacia y coordinación que se da a lo largo del proceso, por lo que es un factor que influye en los costos de operación y en los plazos de entrega que la empresa puede soportar.

En este proyecto de mejora Seis Sigma define cuales son las variables críticas de la calidad que se pretenden mejorar y con ello disminuir las fallas por reprocesos, fallos en el proceso, costos por devoluciones y clientes insatisfechos.

La metodología Seis Sigma busca que los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (cantidad o volumen, calidad, tiempo y costo) y que los niveles de desempeño a lo largo de la empresa tiendan a un nivel Seis Sigma, es decir que se busca que el proceso cometa tan solo 3,4 errores por cada millón de veces que se ejecuta el mismo.

En este trabajo se analiza los problemas en el proceso de ensamble llave individual que son el tiempo de ciclo y los costos. Por esto se ha dividido su análisis en las cinco etapas contempladas en la metodología de Seis Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Control.

Los resultados de este análisis muestran que la metodología Seis Sigma es una herramienta útil para formular y desplegar estrategias para lograr un cambio significativo en el proceso logrando eficacia y mejora de la productividad de la empresa.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha dado un cambio radical en las reglas del juego en los diferentes sectores empresariales y en donde ha sido preciso recorrer un largo camino en la calidad, la innovación y la mejora siempre han estado presentes. Cualquier empresa, ya sea implícita o explícitamente, dispone de sistemas que le permiten la detección e implementación de mejoras. La correcta elección de la metodología de mejora, es fundamental.

La variedad de tecnologías para implementar programas de mejora es verdaderamente amplia. Mejora continua, control de calidad, calidad total. Entre las metodologías con excelentes resultados es Seis Sigma.

Al implementar el seis sigma se buscan metas agresivas para la empresa, habilitar y facilitar la cadena de valor, mejorar la satisfacción del cliente, generar crecimiento del negocio y rentabilidad

Para seis sigma existen diversas herramientas que son utilizadas buscando optimizar los recursos.

La Organización Corona S.A está conformada por diversas empresas dedicadas a la manufactura y comercialización de productos para el mejoramiento del hogar y la construcción.

A través del presente proyecto se pretende estudiar el proceso de ensamble de llave individual, y aplicar las herramientas de Seis Sigma, que en criterio del equipo de trabajo se consideran necesarias teniendo como meta disminuir el tiempo de ciclo, los costos y optimizar los recursos.

## **1. JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo está enfocado en implementar la metodología de lean seis sigma en el mejoramiento de un proceso de manufactura el ensamble de la llave individual, Determinando los diferentes factores que inciden en el proceso, implementando estrategias de mejora, que nos permita disminuir el tiempo de ciclo de ensamble de la llave individual, disminuir costos, optimizar el proceso e incrementar la satisfacción de los clientes.

La utilidad metodológica de este proyecto consiste en la aportación que brinda la metodología seis sigma, la cual puede ser de utilidad para la toma de decisiones e incrementar la productividad.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 ANTECEDENTES**

La Organización CORONA S.A está conformada por diversas empresas dedicadas a la manufactura y comercialización de productos para el mejoramiento del hogar y la construcción.

Cuentan con más de 10.500 colaboradores de los cuales el 90% son colombianos. Todas las compañías manufactureras cuentan con las certificaciones de calidad ISO-9000.

La expresión del compromiso social de los accionistas se desarrolla en cada una de las empresas como parte de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y a través de la Fundación CORONA.

Cuenta con siete unidades de negocio que son:

- Almacenes corona
- Sanitarios y lavamanos corona
- Pisos y paredes corona
- Grifería y complementos corona
- Vajillas corona
- Aisladores corona
- Materiales e insumos corona

En el perfil corporativo de la organización Corona S.A., involucran los sectores en que operan, las unidades de negocio y los productos y formatos de retail, que se representa de la siguiente manera:

**Figura 2.1 Perfil Corporativo Organización Corona S.A**

Perfil Corporativo		
Sectores en los que operamos	Unidades de Negocio	Productos y formatos de Retail
 Mejoramiento del Hogar	<b>Almacenes</b>	Hipercentro Corona Tienda Cerámica Homecenter
	<b>Grifería y complementos</b>	Corona Grival
	<b>Pisos y Paredes</b>	Corona Decora Orchid Ceramics
	<b>Sanitarios y lavamanos</b>	Corona Mancesa Mansfield Plumbing
	<b>Vajillas</b>	Corona
 Construcción	<b>Materiales de Construcción</b>	Corona Pegacor Estucor Concolor
	<b>Insumos Industriales</b>	Materias Primas Esmaltes y Moldes Metálicos
 Distribución de Energía	<b>Aisladores</b>	Gamma

Fuente. Organización Corona S.A

### **3. METODOLOGÍA LEAN SEIS SIGMA APLICADA A UN PROCESO DE MANUFACTURA**

#### **3.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En el proceso de manufactura, de la mini fabrica de llaves para lavamanos de 8 pulgadas y llave individual, encontramos el proceso de ensamble, el cual es uno de los procesos primordiales en el costo de producción de este producto.

En este proceso se han detectado sobre costos, dados por tiempos de ciclo de ensamble muy altos (este tiempo se calcula con el estándar de producción por turno de esta línea vs el tiempo efectivo operacional. Actualmente el costo de ensamble está entre 5000 y 6400 pesos.

El objetivo de tiempo de ciclo para este proceso es de reducirlo en un 50%, actualmente está en 86 seg. Como vemos en la grafica el costo ha venido en aumento, lo que nos indica que debemos intervenirlo.

El impacto económico negativo en el ebitda proyectado si no se interviene el proceso sería de 180 MM. El cliente no tendría impacto, económico puesto que esto se traduce en menor rentabilidad de este producto, el impacto para el cliente está dado por el incumplimiento en el servicio, ya que la productividad se ve disminuida.

En la Organización Corona S.A de acuerdo al análisis de una de las líneas de ensamble de una de las áreas de manufactura donde se ensambla un producto de grifería, se encontró que existen tiempos largos de ensamble de la llave individual de 86 segundos a comparación con otros procesos.

Incrementando los costos de operación en el ensamble de llave individual ocasionando una disminución en la rentabilidad del proceso además afecta la productividad de la empresa.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Reducir en un 50% el ciclo de ensamble de la llave individual.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Revisar y analizar el proceso actual de ensamble de la llave individual
- Implementar herramientas estadísticas para la identificación de falencias en el proceso
- Balancear todas las actividades que componen el proceso
- Diseñar e implementar herramientas y dispositivos que ayuden a mejorar el tiempo de ciclo de ensamble.
- Mejorar el estado ergonómico de las personas que laboran en la célula de ensamble llave individual.

## 5. MARCO REFERENCIAL O TEÓRICO

### 5.1. Marco Teórico.

**5.1.1. Lean Manufacturing.** (manufactura esbelta o producción esbelta) es una metodología que se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas, temporal, material, eficiencia, o procesos. Es eliminar lo inútil con el objetivo de aumentar la productividad y la capacidad de la empresa para competir con éxito en el mercado. El objetivo del lean manufacturing es proponer mejoras en los procesos a través del análisis de la cadena de valor, y la implementación de herramientas de calidad e indicadores macro.

#### 5.1.1.1. Principios del lean manufacturing

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del desperdicio: eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y redes de seguridad, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información<sup>1</sup>.

#### 5.1.1.2. Beneficios de la aplicación del Lean Manufacturing

Algunos de los beneficios que genera la aplicación de la metodología Lean Manufacturing son<sup>2</sup>:

- Reducción hasta de un 50% o más del espacio utilizado para manufactura.
- Reducción de la distancia entre los procesos.
- Mejora de las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.
- Reducción de tiempos de entregas.
- Reducción hasta de un 50% en promedio del tiempo de ciclo de manufactura.
- Reducción de costos del producto en promedio 30%.

---

1 WIKIPEDIA. Lean Manufacturing [en línea]. Bogotá: [citado 21 junio, 2012]. Disponible en internet <URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)>

2 Reyes, Primitivo, "Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas; experiencias y reflexiones". Revista Contaduría y Administración, No. 205, Abril – Junio 2002, Pág. 53.

- Reducción de rechazos y desperdicios.
- Reducción de costos por inventario.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Mayor tiempo de vida media de la maquinaria y equipos.
- Sistemas de producción más robustos.

**5.1.2. Seis Sigma.** Es una metodología de *mejora de procesos*, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de 6 Sigma es llegar a un máximo de 3,4 *defectos* por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como *defecto* cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.<sup>3</sup>

Seis sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología seis sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

Dentro de los beneficios que se obtienen del Seis Sigma están: mejora de la rentabilidad y la productividad. Una diferencia importante con relación a otras metodologías es la *orientación al cliente*.

#### 5.1.2.1. Historia

Seis sigma fue iniciado en Motorola en el año 1987 por el ingeniero Bill Smith<sup>4</sup>, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, pero posteriormente mejorado y popularizado por General Electric, Allied Signal, Bombardier, Sony, American Express, FeDex, Dupont, NASA, Toshiba, Jonhson & Jonhson, Ford, Black & Decker, entre otras.

#### 5.1.2.2. Principios de Seis Sigma<sup>5</sup>

1. *Enfoque en el Cliente*: La voz del cliente (VOC) es el fundamento de la metodología. Se tiene que poner especial atención en lo que el cliente solicita.
2. *Administración basada en datos y hechos*: Durante la aplicación de la Metodología se identifican los métricos claves, después se realizan mediciones claras y se utilizan datos que son analizados para probar que las soluciones funcionan y mantienen las ganancias.

3 Gutiérrez Pulido, H. ; Dela Vara Salazar, R. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Editorial Mc Graw Hill, México

4 Gutiérrez Garza, Gustavo, "Aterrizando seis sigma", Regiomontanas, 2 edición, México, 2004, Pág. 11-13

5 Pande, P et all, "The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Others Top Companies are Honing Their Performance", USA 2000, Mc Graw Hill, Pág. 24 – 36

3. *Los procesos están donde está la acción:* Seis sigma se enfoca en el proceso, administración y mejora; Al mejorar los procesos asegura ventajas competitivas, entregando un valor agregado a los clientes.
4. *Administración proactiva:* Es necesario que la dirección sea dinámica, receptiva, preactiva, establezca y de seguimiento a las metas fijadas de manera ambiciosa, a las prioridades claramente implantadas y se enfoque en la prevención de problemas.
5. *Colaboración sin límites:* Debe ponerse atención en derribar las barreras que limitan el trabajo en equipo entre los miembros de la organización; siempre enfocados en las necesidades del cliente, los procesos trascienden mas alla de las barreras interdepartamentales.
6. *Enfoque a la perfección – tolerancia al fracaso:* Las nuevas ideas y propuestas tienen un riesgo, vencer el miedo a cometer errores es necesario para lograr los objetivos que se han propuesto.

#### 5.1.2.3. Objetivos de la Metodología Seis Sigma

- Reducir la variabilidad
- Optimizar productos y procesos
- Mejora global del servicio al cliente
- Crecimiento de la productividad y valor agregado
- Mejora de la capacidad y rendimiento de los procesos
- Reducción de los defectos totales y duración del ciclo
- Aumento de la confianza del producto
- Mejora en el flujo de procesos para hacerlos más predecibles
- Mejora en el retorno de la inversión

#### 5.1.2.4. Proceso

**DMAIC.** El proceso **Seis Sigma** (six sigma) se caracteriza por 5 etapas bien concretas:

- **Definir** el problema o el defecto
- **Medir** y recopilar datos
- **Analizar** datos
- **Mejorar**
- **Controlar**

Otras metodologías derivadas de ésta son : DMADV y PDCA-SDCA

- DMADV = (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar)
- PDCA-SDVA = (Planificar, Ejecutar, Verificar y Actuar)-(Estandarizar, Ejecutar, Verificar y Actuar)

#### **5.1.2.4.1. D (Definir)**

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, deben ser evaluados por la dirección para evitar la inadecuada utilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto, se prepara y se selecciona el equipo más adecuado para ejecutarlo, asignándole la prioridad necesaria.

#### **5.1.2.4.2. M (Medir)**

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

#### **5.1.2.4.3. A (Analizar)**

En la fase de análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "focos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

#### **5.1.2.4.4. I (Mejorar)**

En la fase de mejora (*Improve* en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

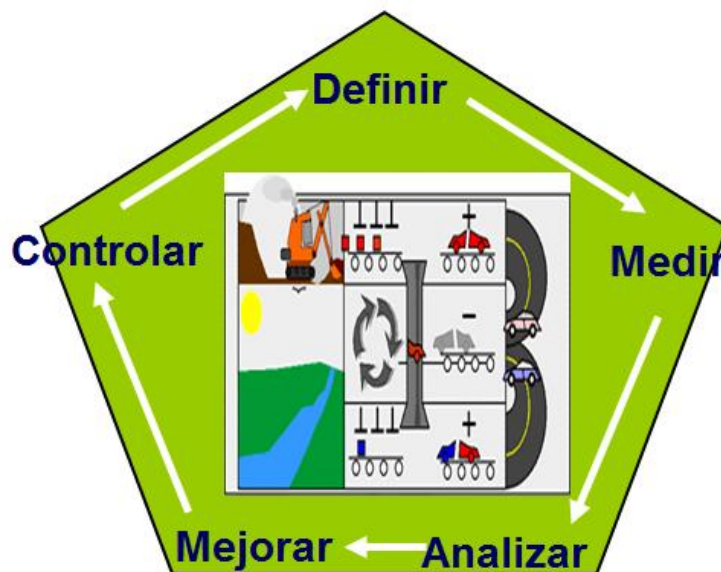
#### **5.1.2.4.5. C (Controlar)**

Fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios. Cuando se han logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que se utilizó para lograr reducir y mejorar el ciclo de ensamble de la llave individual en la organización Corona S.A., fue DMAMC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Esta metodología tiene un enfoque específico contando con unas fases definidas para el desarrollo del proyecto de Seis Sigma son:

Figura 6.1 Metodología DMAMC



Fuente. Elaboración Propia

**6.1. Fase de Definición:** En esta fase se identificarán:

1. Los costos de ensamble de la llave individual en lo corrido de los años 2011-2012
2. Las métricas primarias y secundarias del proyecto.

**6.2. Fase de Medición:** En esta fase se identificarán:

1. El mapa de proceso de ensamble de la llave individual y el empaque desagüe
2. Los insumos de la llave individual y el empaque desagüe para su ensamble.
3. La distribución de la planta de producción
4. La distribución del área de ensamble de la llave individual
5. El diagrama SIPOC
6. El resumen AMFE del proceso de ensamble

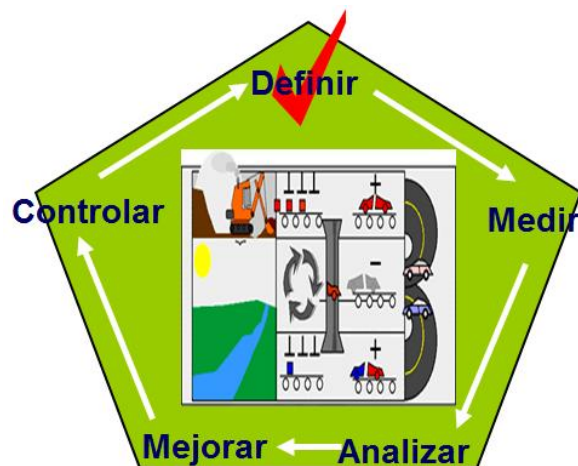
- 6.3. Fase de Análisis:** En esta fase se identificarán:
1. Vsm (Mapeo de la Cadena de Valor)
  2. La pared de balanceo actual de ensamble de la llave individual
  3. La matriz AMFE del proceso de ensamble
- 6.4. Fase de Mejora:** En esta fase se identificarán las mejoras a la distribución del área de ensamble, proceso, tiempos y costos del ensamble de la llave individual.
- 6.5. Fase de Control:** Esta fase abarca los controles para un seguimiento continuo y metódico a las mejoras implementadas en el proyecto Seis Sigma.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de cada una de las fases de acuerdo a la metodología de Seis Sigma al proceso de ensamble de la llave individual por la Organización Corona S.A, son:

### 7.1. FASE DE DEFINICIÓN:

Figura 7.1 Fase de Definición



Fuente. Elaboración Propia

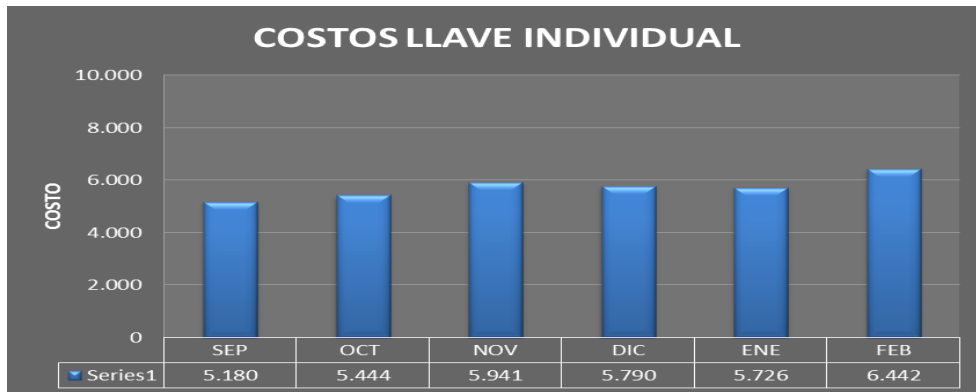
#### 7.1.1. Resultados:

En esta fase se definió el objetivo del proyecto, que consiste en reducir en un 50 % el ciclo de ensamble de la llave individual.

Las metas que se quieren obtener en el proyecto son disminuir el tiempo promedio de ensamble de 86 segundos a 43 segundos por unidad, cumplir las normas de calidad en los componentes de la llave individual.

Se quiere obtener un beneficio económico para el año 2012 EBITDA de 144 MM. Los costos de ensamble de la llave individual se reflejan en el siguiente grafico:

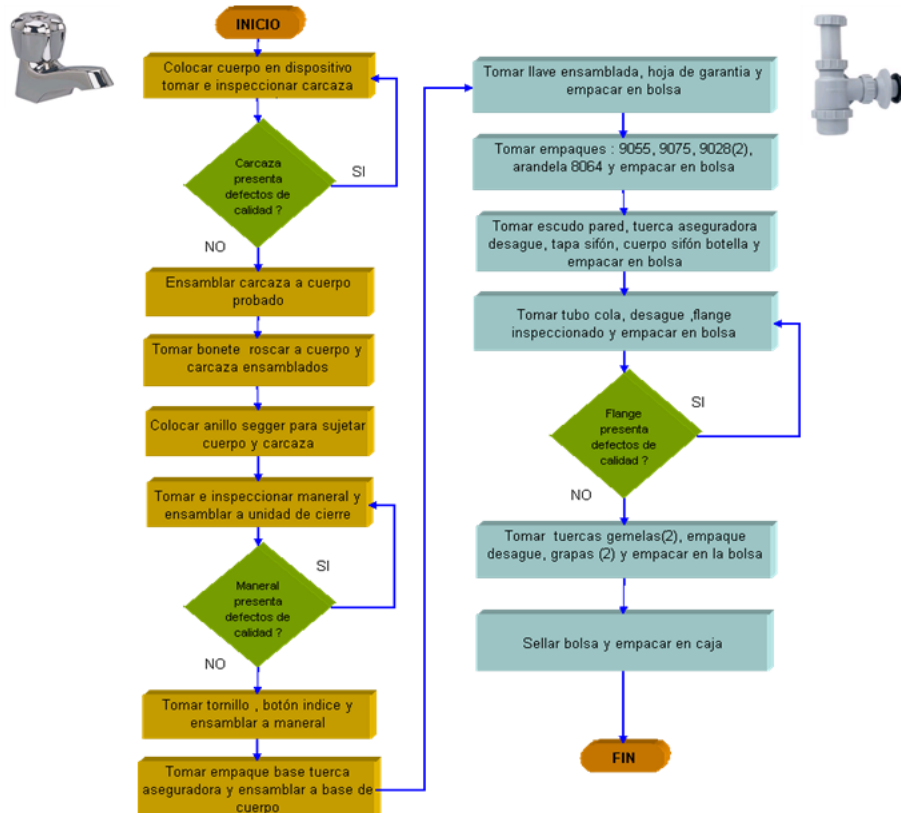
**Figura 7.2 Costos llave individual**



**Fuente. Elaboración Propia**

De acuerdo a la grafica, el costo de ensamble de la llave individual en lo corrido del año 2011-2012 se puede ver un aumento del 21% entre los meses de septiembre y febrero.

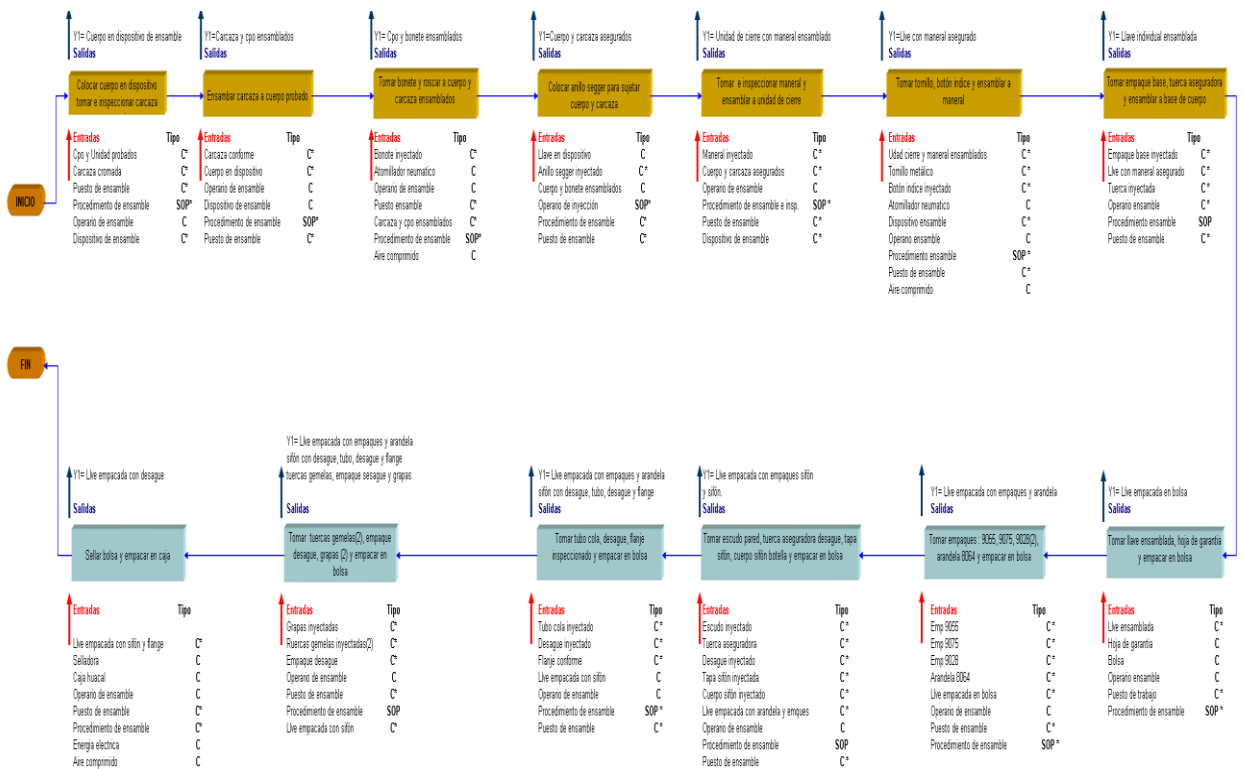
**Figura 7.3 Mapa de Proceso Ensamble 1er Nivel Llave Individual y Empaque Desagüe**



**Fuente. Elaboración Propia**

Según el mapa de proceso se diagrama un flujo en forma detallada de cada actividad involucrada en el proceso, teniendo en cuenta las entradas y salidas para la transformación cada actividad para llegar al proceso final de ensamble. En las entradas al proceso se determinaron variables que inciden en el ensamble de la llave individual y empaque desagüe, las cuales se clasificaron de la siguiente manera: críticas (C\*), controlables (C), estándar de operación (SOP) y ruido.

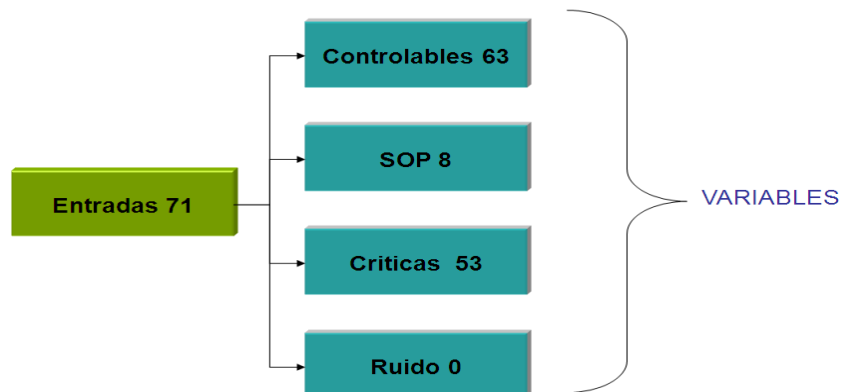
**Figura 7.4 Diagrama de Flujo Ensamble Llave Individual**



**Fuente. Elaboración Propia**

En el diagrama de flujo se puede reflejar que para el proceso de ensamble de la llave individual y empaque desagüe se requieren de 13 actividades.

**Figura 7.5 Resumen Sipoc Ensamble Llave Individual**

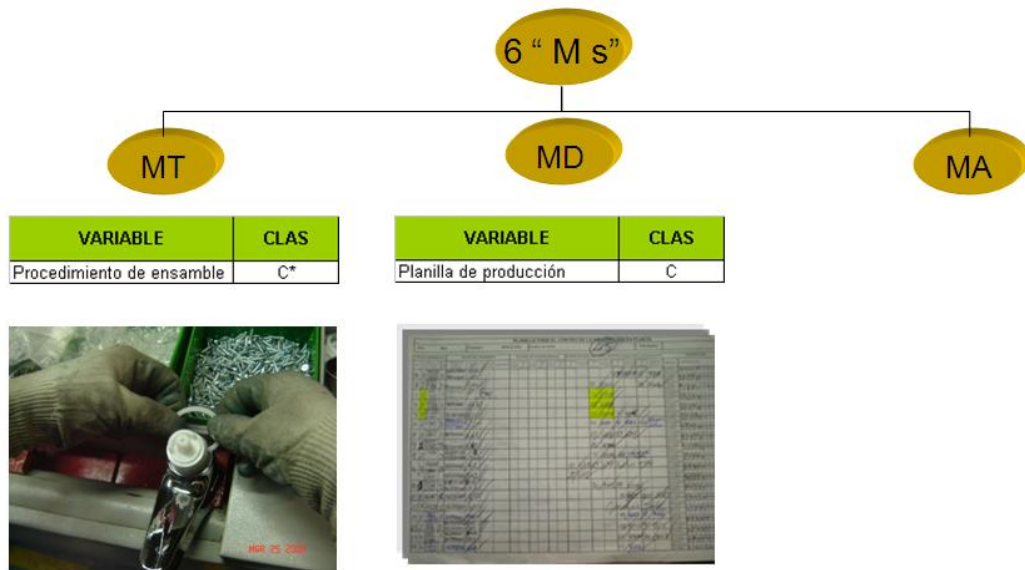


**Fuente. Elaboración Propia**

Para el proceso de ensamble se requieren de 71 entradas, la cuales se clasificaron de acuerdo a las variables, dichos resultados se pueden visualizar en el grafico.

**Figura 7.6 Resumen Sipoc Inyección y Ensamble Llave Individual**





**Fuente. Elaboración Propia**

Se elaboró un resumen Sipoc de acuerdo al método de las 6'M para la inyección y de ensamble, clasificando las variables de la mano de obra, materia prima, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente de acuerdo a la prioridad si son controlables o críticas para el desarrollo de este proceso.

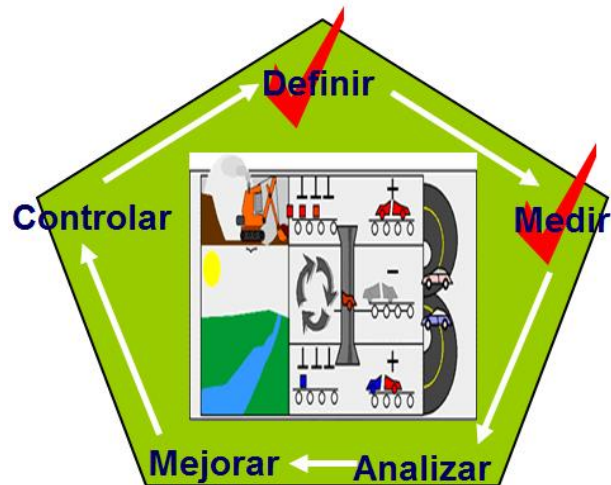
### 7.1.2. Discusión:

En esta fase se detectaron los problemas en el proceso que los tiempos de ensamble y los costos que influyen en la eficacia del proceso. Partiendo de esta fase de definición se realizará mejoras para disminuir los tiempos de ensamble como también disminuir los costos todo el fin de aumentar la productividad.

Para esta fase se utilizaron varias metodologías, para detectar las entradas y salidas del proceso se elaboró un diagrama de flujo detallado, además identificando cada una de las variables que intervienen en dichas entradas clasificando cada una, si son controlables, críticas o estándar de la operación para el ensamble de la llave individual. De acuerdo a la medición existen a las 71 entradas en el proceso, la cuales 63 son controlables, 8 son estándar de operación y 53 son críticas.

## 7.2. FASE DE MEDICIÓN:

Figura 7.7 Fase de Medición

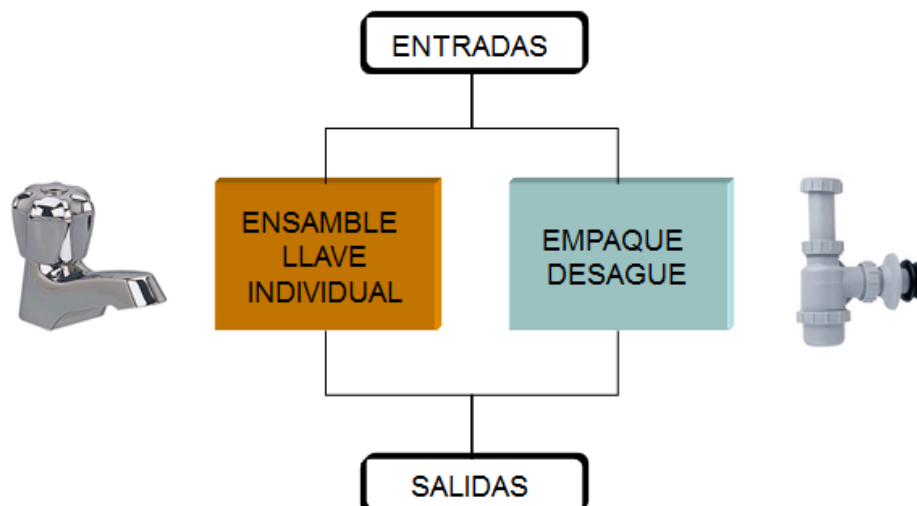


Fuente. Elaboración Propia

### 7.2.1. Resultados:

Para esta fase se midió el proceso de ensamble de la llave individual teniendo en cuenta los factores que intervienen en dicho proceso, para la medición se elaboro el mapa de procesos general del ensamble:

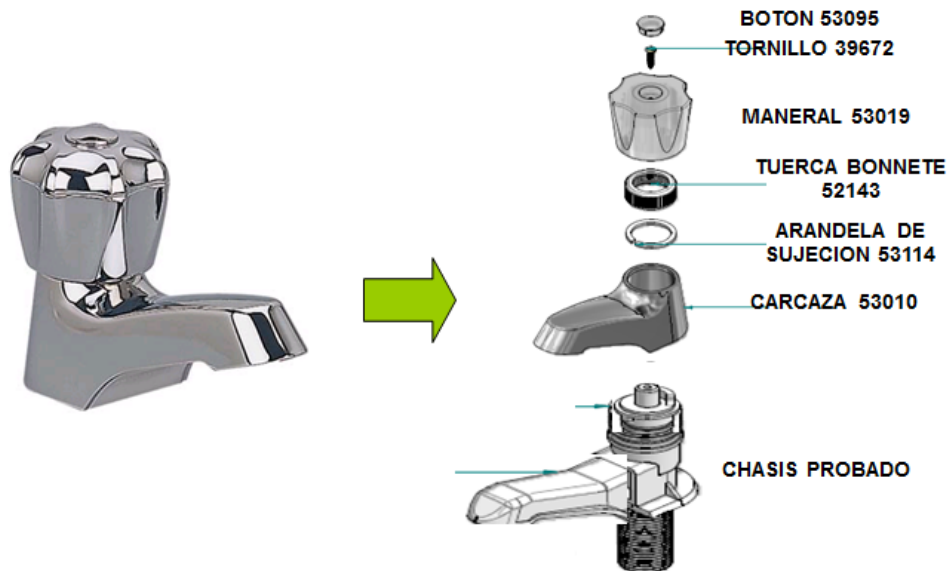
Figura 7.8 Mapa de Proceso General Ensamble Llave Individual y Empaque Desagüe



Fuente. Elaboración Propia

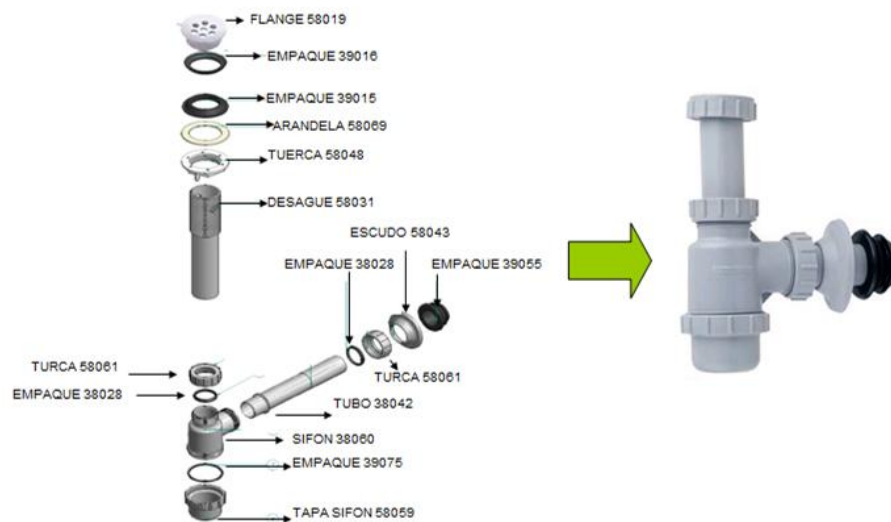
Para el ensamble de la llave individual también se vincula el ensamble del desagüe, cuyos componentes necesarios para el proceso son:

**Figura 7.9 Componentes llave individual**



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.10 Componentes desagüe lavamanos**



Fuente. Elaboración Propia

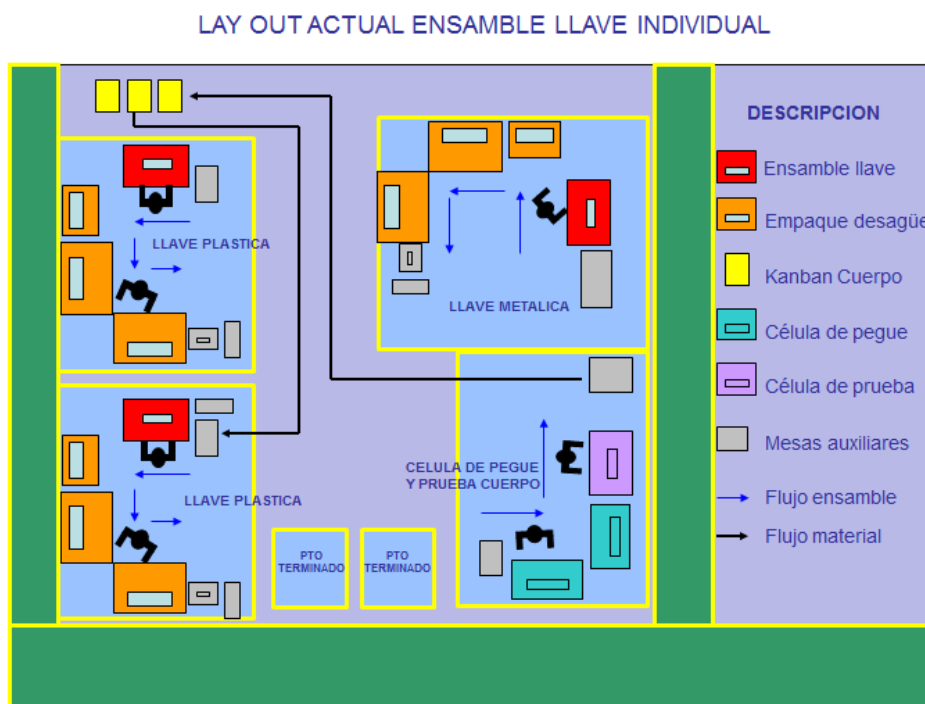
Otro análisis que interviene en el proceso de ensamble de la llave individual es la distribución de la planta de producción y la distribución del área de ensamble de la organización Corona S.A:

**Figura 7.11 Distribución Física de la Planta de Producción**



Fuente. Organización Corona S.A

**Figura 7.12 Distribución Física de la Célula de Ensamble Llave Individual**



Fuente. Elaboración Propia

La distribución del área de ensamble es un factor determinante y de gran influencia en los tiempos de duración para ensamblar la llave individual como también los costos que acarrea este proceso. Ya que la ubicación de cada célula actualmente se divide en dos estaciones de la llave individual y el desagüe existiendo grandes distancias en cada célula, lo cual genera tiempos ociosos de desplazamiento de los trabajadores tanto para recoger los componentes como para llevar el producto terminado.

**Figura 7.13 Célula de Ensamble de Llave Individual**



Fuente. Elaboración Propia

Dentro de la fase de medición es importante conocer de forma detallada el proceso de ensamble del primer nivel de la llave individual y el empaque desagüe, para posteriormente conocer las variables involucradas y que impactan en el proceso, Se elaboró el mapa de proceso de ensamble de primer nivel de la siguiente manera:

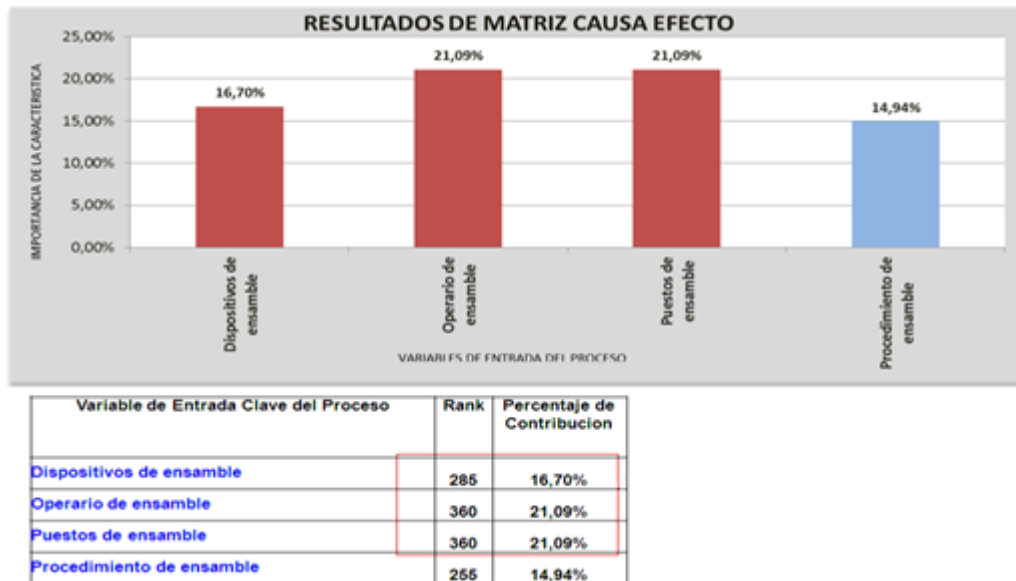
**Figura 7.14 Matriz C&E Ensamble Llave Individual**

Matriz C&E  
Proyecto: Disminución en el ciclo de ensamble llave individual

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Característica Clave para el Cliente																
Ranking de Prioridad del Cliente		9	10	8	6	7										
Variable de Entrada del Proceso															Rank	% Rank
1	Puestos de ensamble	9	9	9	9	9								360	21,1%	
2	Dispositivos de ensamble	9	9	4	9	4								285	16,7%	
3	Procedimiento de ensamble	9	9	4	4	4								255	14,9%	
4	Operario de ensamble	9	9	9	9	9								360	21,1%	
5	Selladora	4	9	4	9	0								212	12,4%	
6	Pegadora de Cuerpo	9	4	4	9	4								235	13,8%	
7																

Fuente. Elaboración Propia

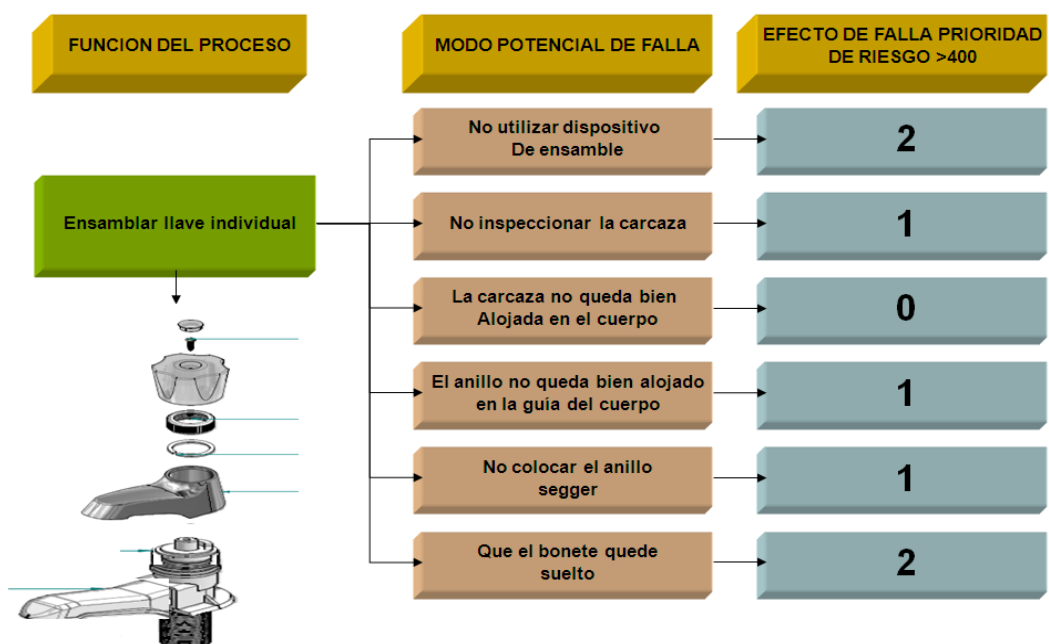
**Figura 7.15 Resultados Matriz C&E Ensamble Llave Individual**

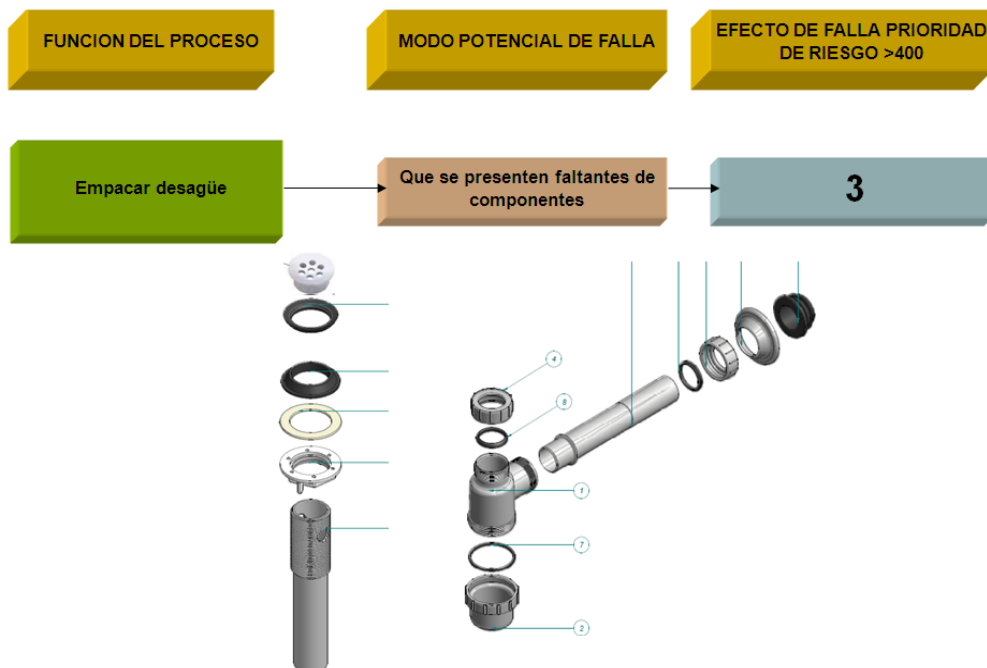
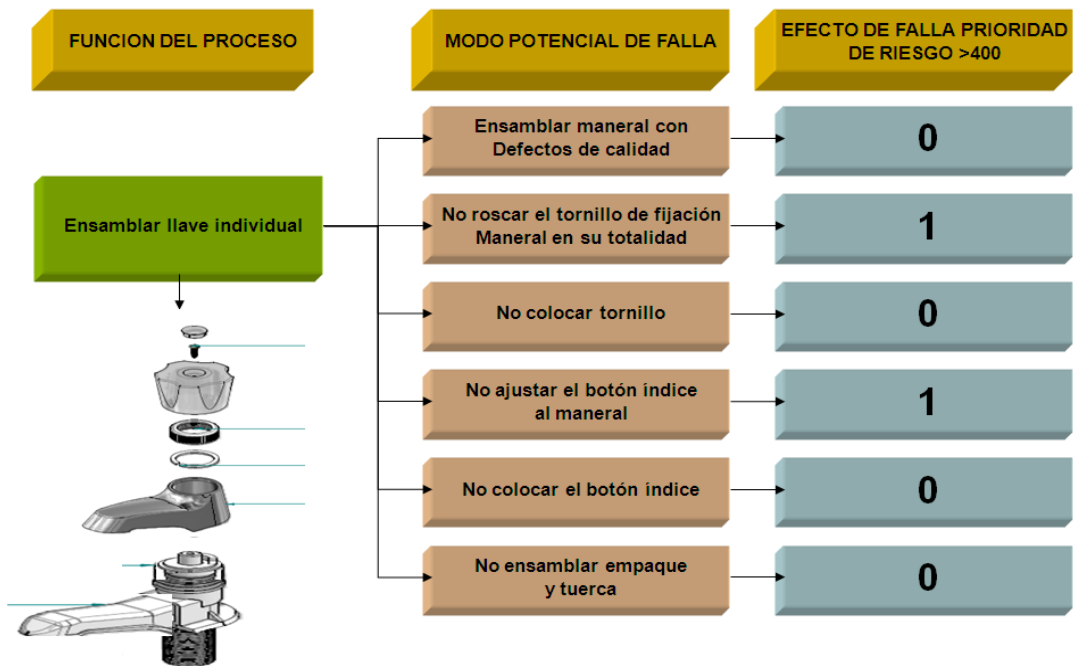


**Fuente. Elaboración Propia**

Para la medición del ensamble se utilizó la matriz Causa-Efecto tomando las variables de entrada del proceso y las características claves para el cliente, cruzando estos datos se asignó un porcentaje de acuerdo a la contribución para el proceso. Con esta matriz se determinó que los porcentajes de mayor influencia para el proceso de ensamble son las variables de: puestos de ensamble, dispositivos de ensamble y operario de ensamble.

**Figura 7.16 Resumen AMFE del Proceso**

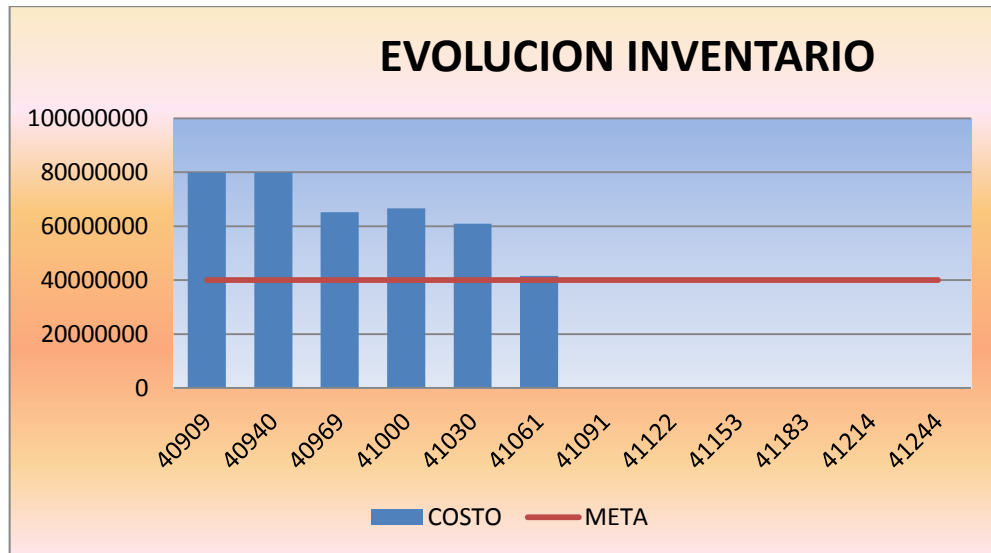




**Fuente. Elaboración Propia**

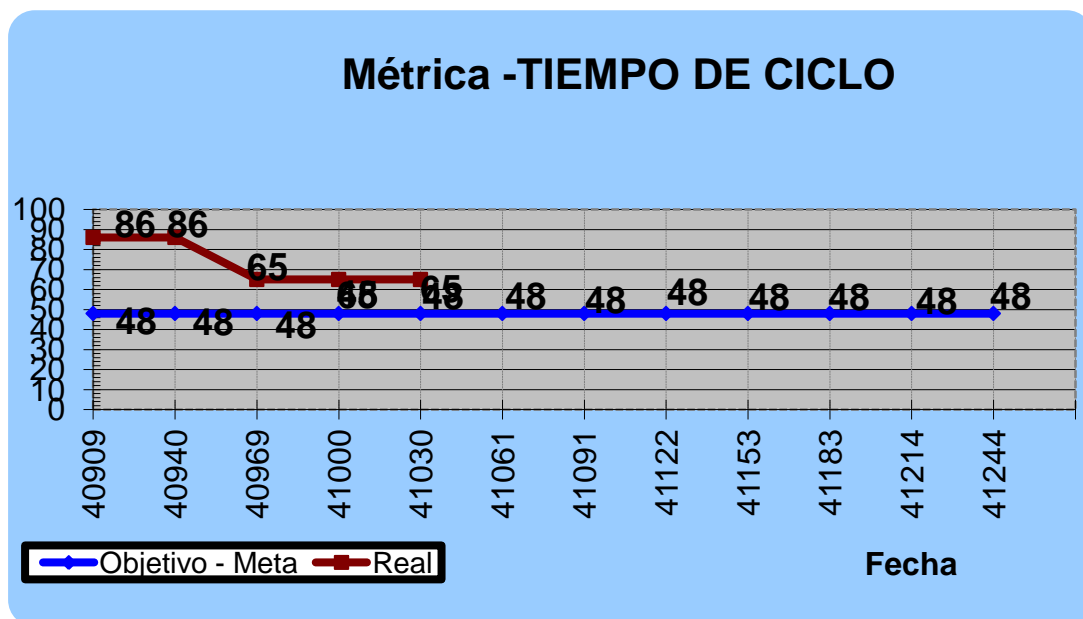
Otro método utilizado para la medición del proceso fue el AMFE, en donde se determinaron las funciones del proceso para ensamblar la llave individual y el empaque desagüe, para cada función se detectó un modo potencial de falla que pueda ocurrir en el desarrollo del proceso, indicando un valor de prioridad de riesgo 0 a 3 para el efecto de las fallas detectadas.

Figura 7.17 Evolución Métrica del Inventario



Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.18 Métrica del Proyecto-Tiempo del Ciclo



Fuente. Elaboración Propia

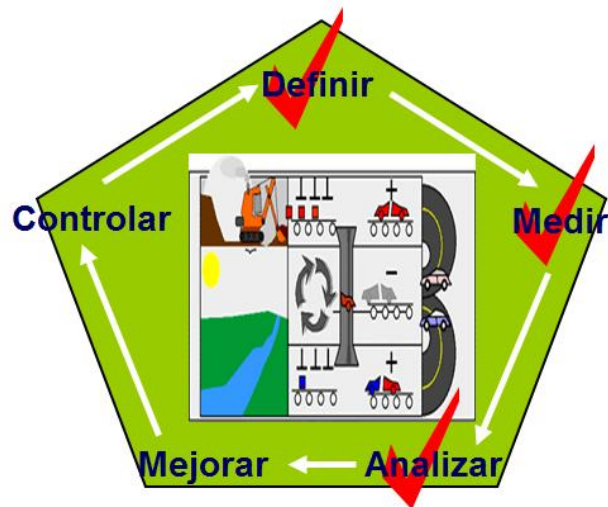
### 7.2.2. Discusión:

En la medición se concluye que existen tres variables que inciden en el ensamble de la llave individual como: puestos de ensamble, dispositivos de ensamble y operario

de ensamble. Además se conocen las posibles fallas que pueden ocurrir en el proceso del ensamble. Según la evolución del inventario los costos son desde \$ 40.000.000 en adelante. Los resultados que arrojo esta fase son esenciales para el proceso, es decir, se implementaran mejoras a los hallazgos encontrados con el fin de poder incrementar la productividad optimizando tiempos y costos.

### 7.3. FASE DE ANÁLISIS:

Figura 7.19 Fase de Análisis



Fuente. Elaboración Propia

#### 7.3.1. Resultados:

Para el análisis del proceso de ensamble de la llave individual se tuvo en cuenta los métodos de VSM, pared de balanceo y el AMFE para conocer los tiempos del ciclo en el ensamble además identificar las fallas potenciales del proceso, los efectos, causas y las acciones correctivas a tomar para efectuar mejoras.

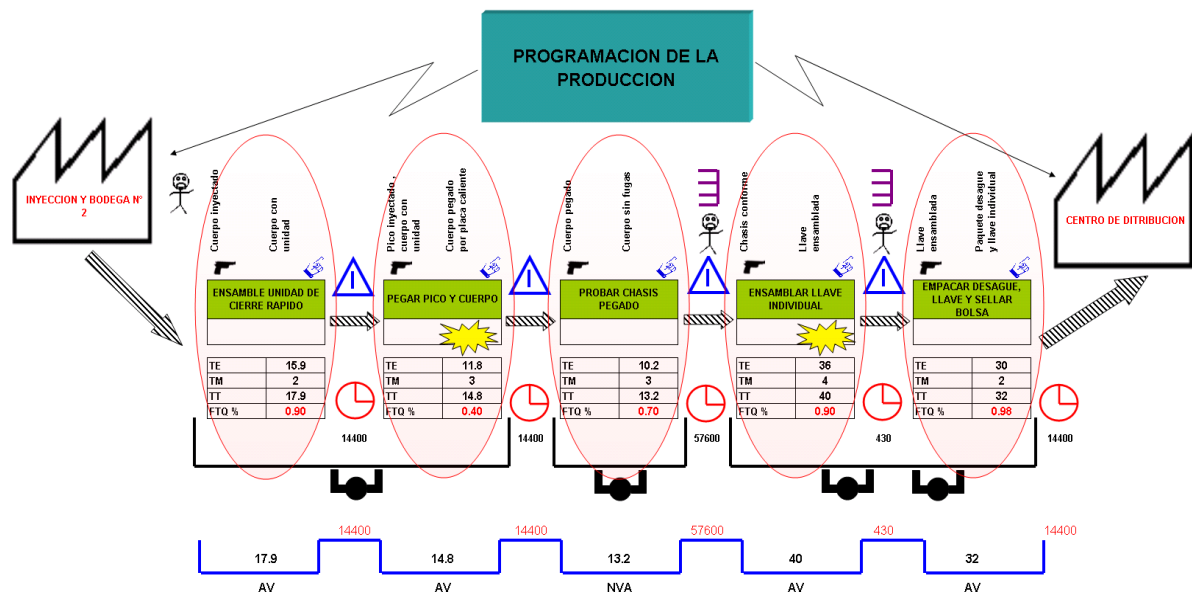
Figura 7.20 Célula de ensamble



Fuente. Elaboración Propia

Célula de ensamble compuesta por el ensamble de la llave individual y el empaque del desagüe.

Figura 7.21 Vsm (Mapeo de la Cadena de Valor) Anterior



TE	103.9
TM	14
TT	117.9
FTQ%	0.22
AV	4
NAV	1

**Fuente. Elaboración Propia**

**TE:** Tiempo Efectivo

**TM:** Tiempo Muerto

**TT:** Tiempo Total

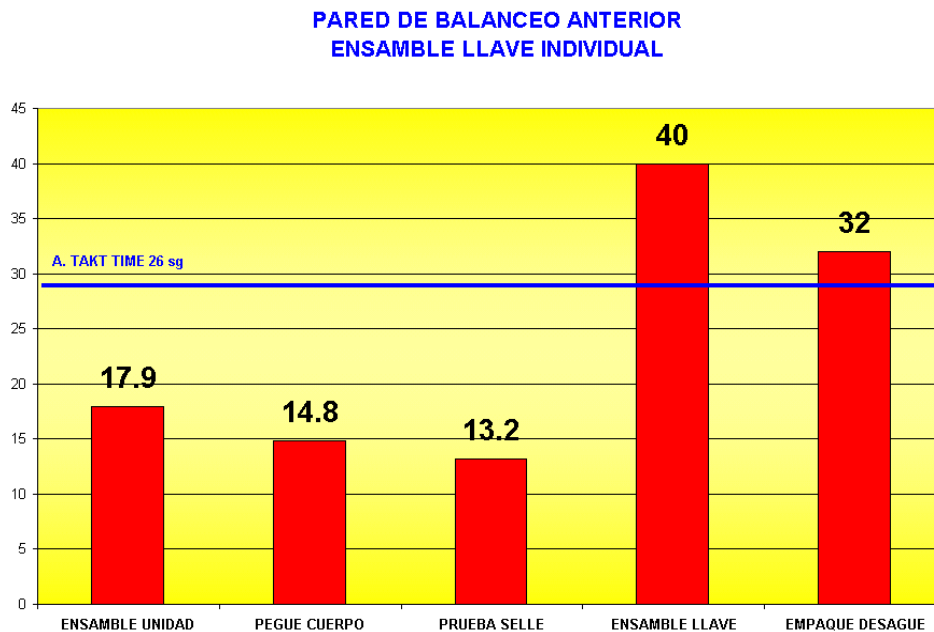
**FTQ%:** Porcentaje de eficiencia

**AV:** Tiempo total entre una operación y otra (Agregan Valor a la Operación)

**NAV:** Tiempo total entre una operación y otra (No Agregan Valor a la Operación)

En el VSM se diagramó la programación de la producción desde que llegan los insumos del proceso de inyección y de la bodega hasta el centro de distribución identificando en cada actividad del proceso los tiempos del ciclo de ensamble manejados por la empresa. En este análisis se encontró que el tiempo total de la producción es de 117,9 segundos.

**Figura 7.22 Pared de Balanceo Actual Ensamble Llave Individual**



**Fuente. Elaboración Propia**

$$ATT = \frac{((57600*25)*0.90)}{50000uds} = 25.92sg$$

La pared actual muestra que todas las operaciones de ensamble de llave individual están desbalanceadas siendo el ensamble llave y empaque desagüe las críticas con tiempos de 40 y 32 segundos por encima del ATT. También es crítico tener los valores muy por debajo del ATT debido a que en cierto momento impactan en forma inversa el ciclo.

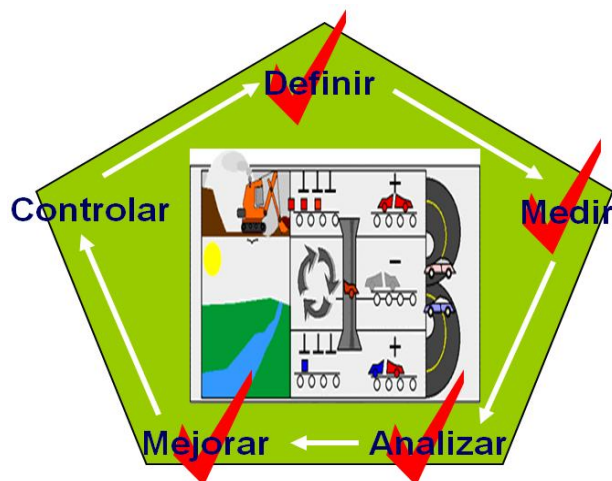
### 7.3.2. Discusión:

En el análisis se quiere identificar las posibles causas que generan el problema del ensamble, de acuerdo a las herramientas que se utilizaron se encontró que de las 5 operación del ensamble se gasta un tiempo total de 117,9 segundos con un tiempo estándar de 103,9 segundos y al efectuar el balanceo del ensamble existe dos operaciones críticas que son: ensamble de la llave y el empaque desagüe con tiempos de 40 y 32 segundos sobrepasando el tiempo promedio general del ciclo de 26 segundos, por esta razón de acuerdo a estos resultados se efectuaran mejoras para disminuir los tiempos en el ensamble de la llave y el empaque desagüe.

Dentro del análisis se contemplaron las fallas potenciales que afectan el proceso, su efecto, las causas que provocaron esas fallas como también los controles y acciones correctivas para mitigarlas de acuerdo a la matriz AMFE del proceso (Véase el anexo 1).

### 7.4. FASE DE MEJORA:

Figura 7.23 Fase de Mejora

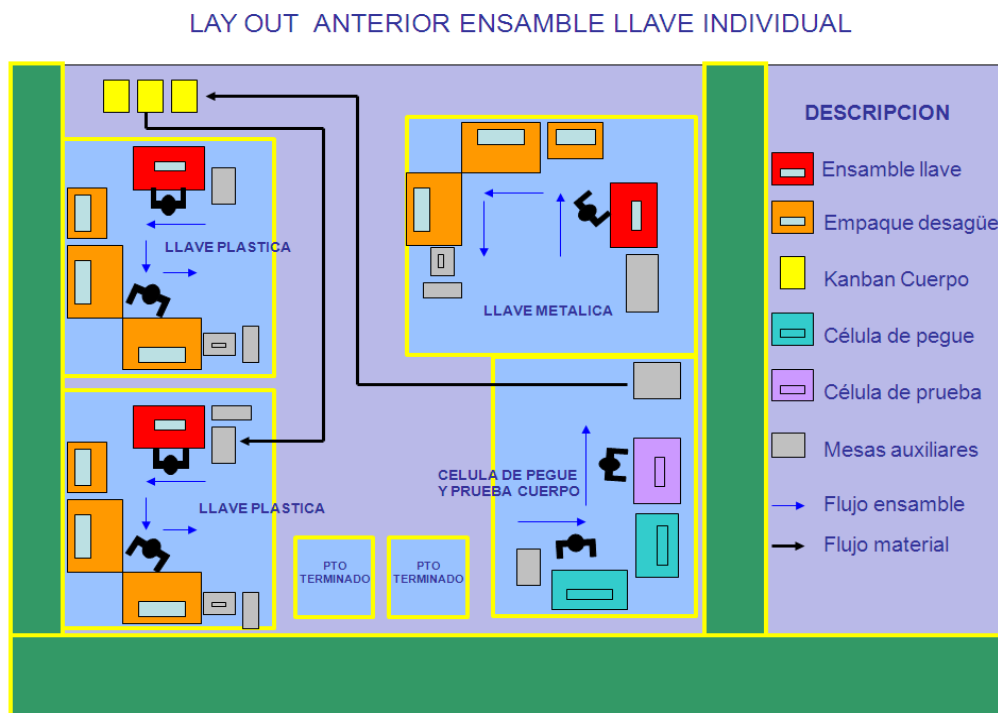


Fuente. Elaboración Propia

### 7.4.1. Resultados:

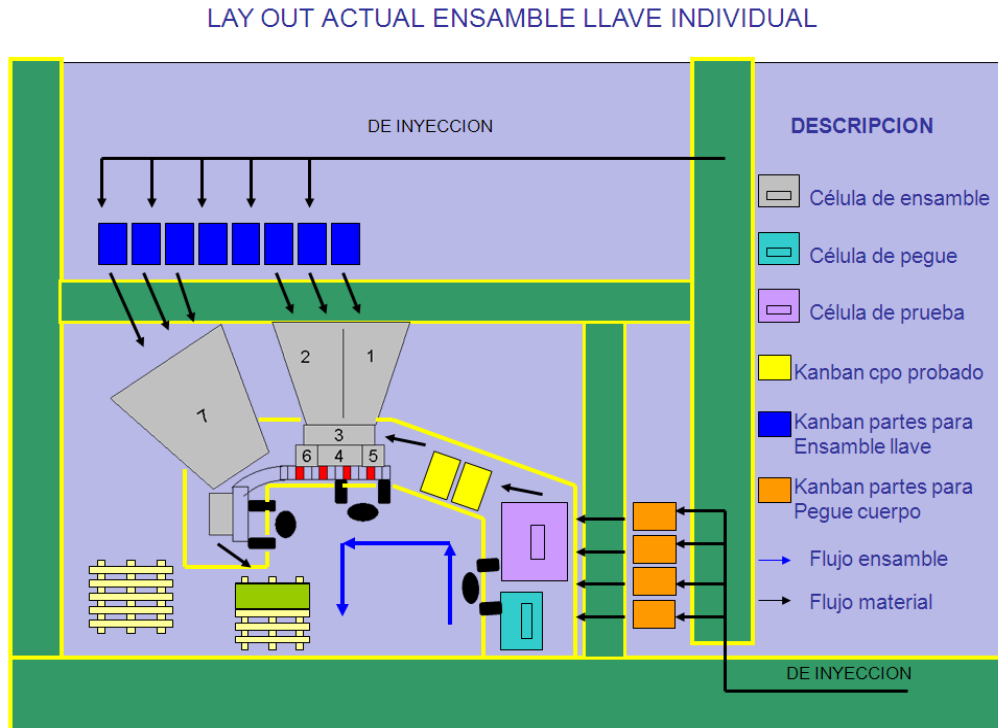
Del análisis efectuado al proceso se procede a determinar las estrategias para las alternativas de solución de las causas que generaron los problemas, estas estrategias se implantaron para mejorar el ensamble de la llave individual y empaque desagüe haciéndolo mas eficiente.

**Figura 7.24 Distribución Física anterior del Célula de Ensamble Llave Individual**



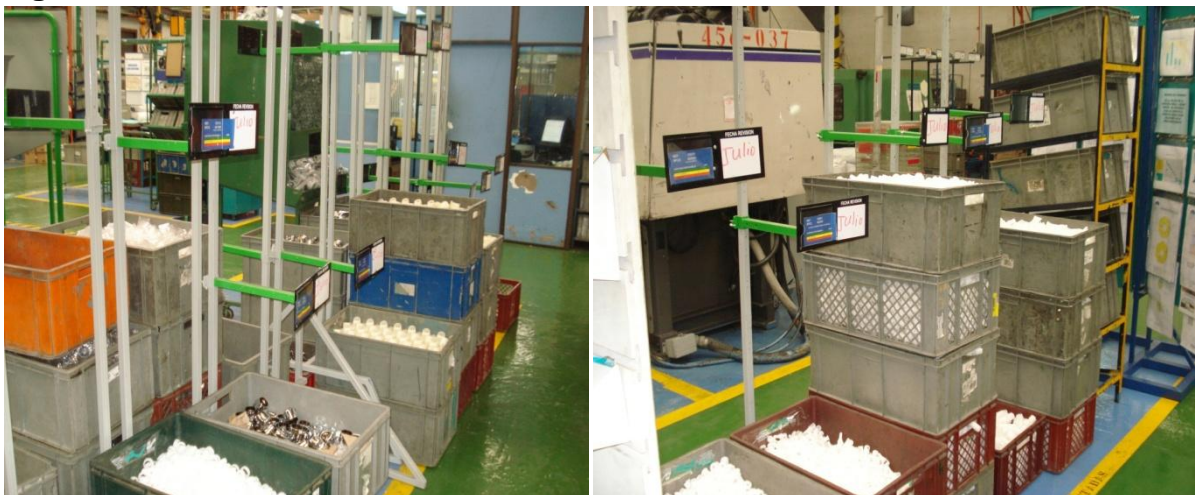
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.25 Distribución Física Actual de la Célula de Ensamble Llave Individual**



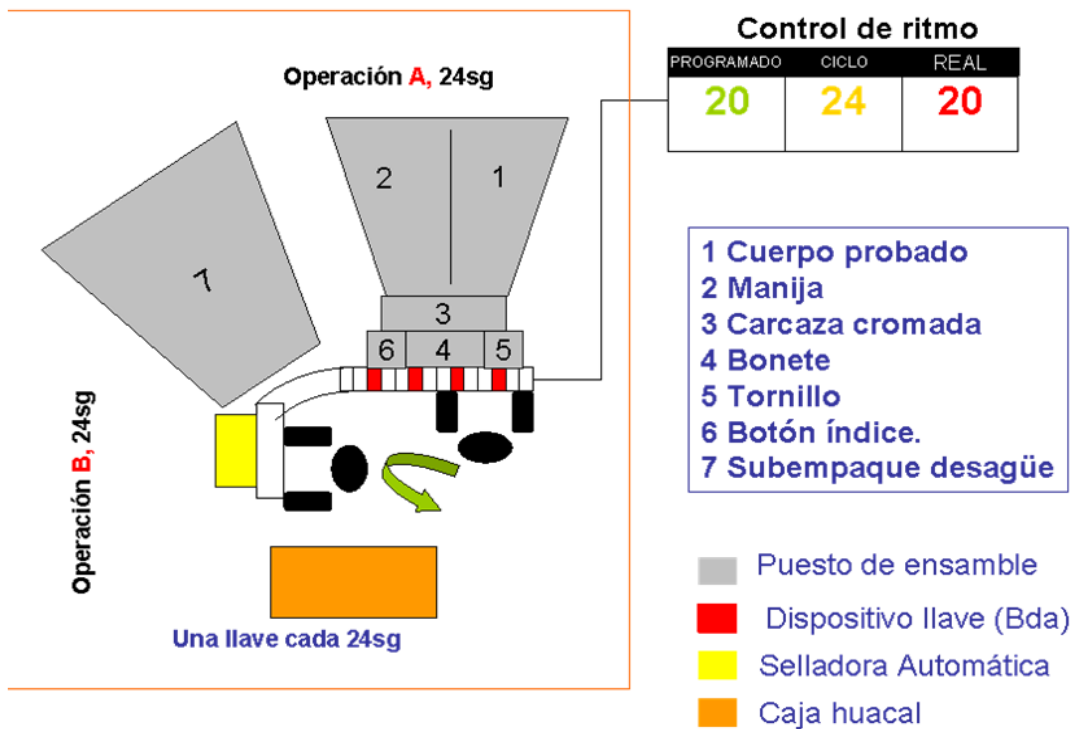
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.26 Sistema Kanban**



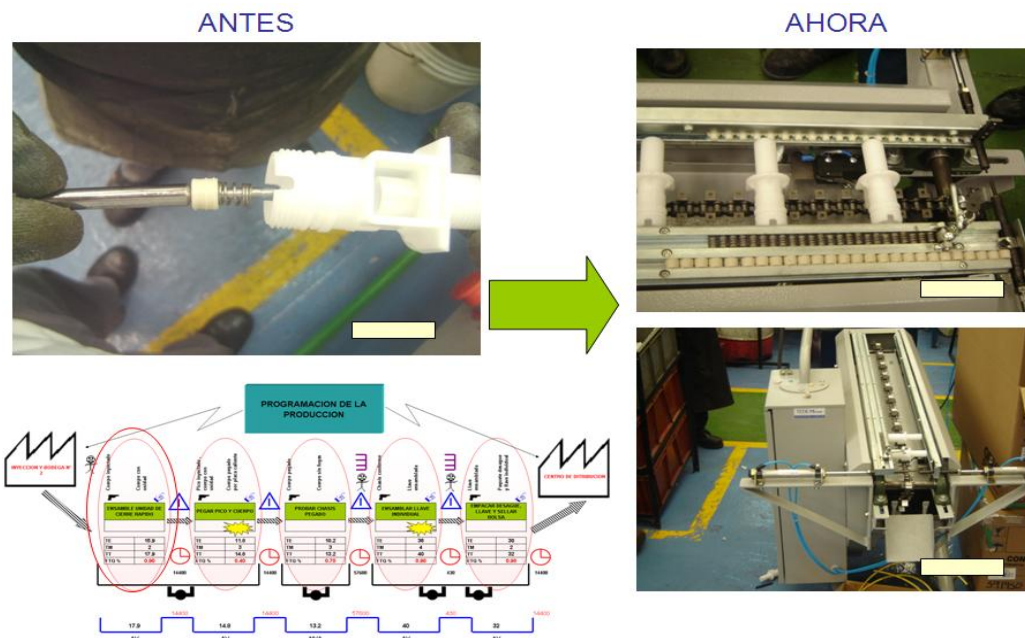
Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.27 Lay Out estación de ensamble actual



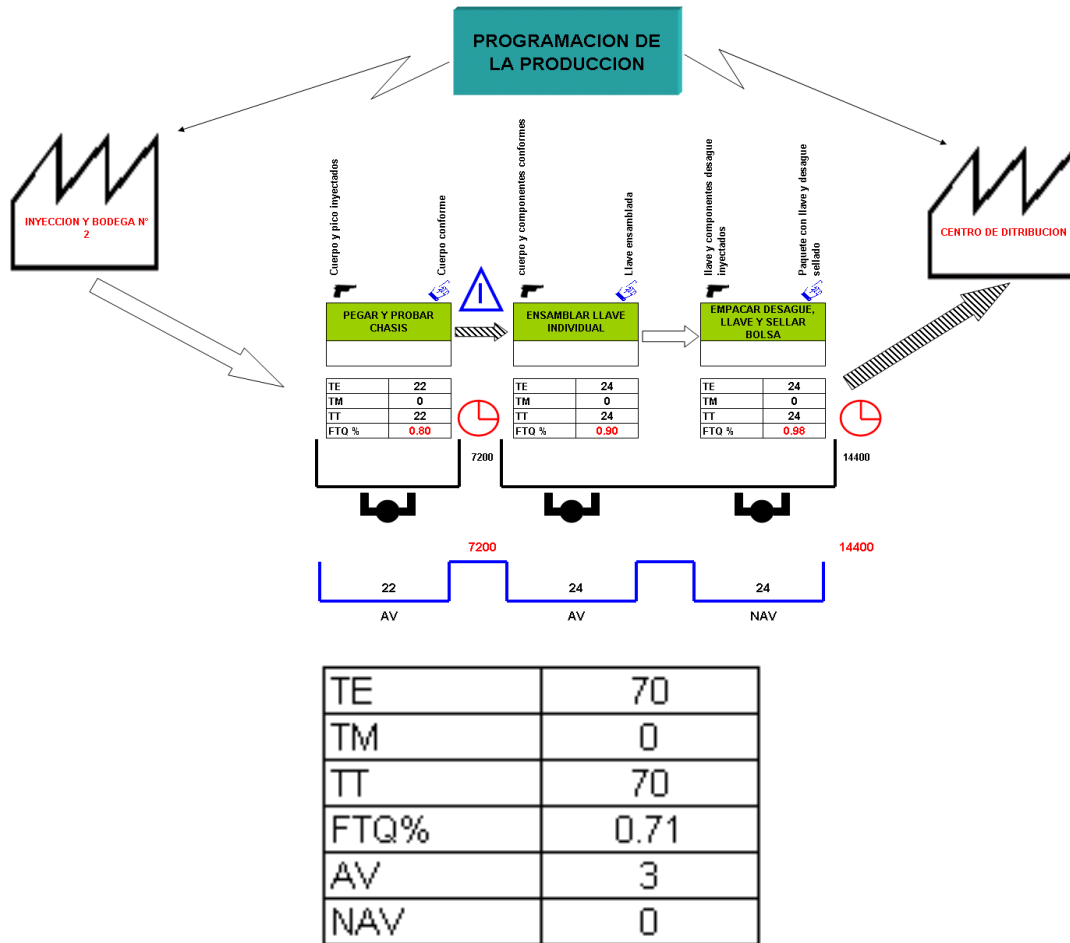
Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.28 Ensamble Unidad de Cierre



Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.29 Vsm (Mapeo de la Cadena de Valor) Actual



Fuente. Elaboración Propia

TE: Tiempo Efectivo

TM: Tiempo Muerto

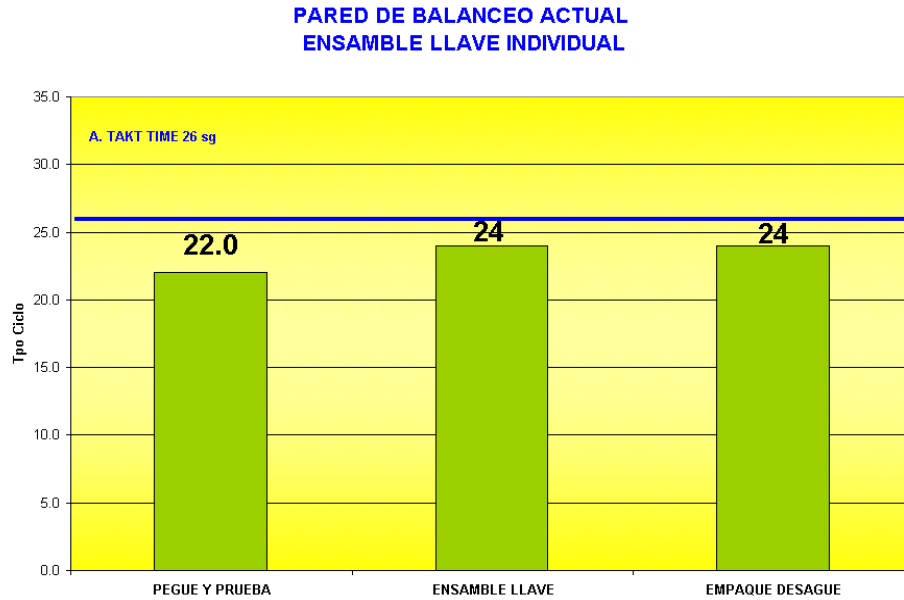
TT: Tiempo Total

FTQ%: Porcentaje de eficiencia

AV: Tiempo total entre una operación y otra (Agregan Valor a la Operación)

NAV: Tiempo total entre una operación y otra (No Agregan Valor a la Operación)

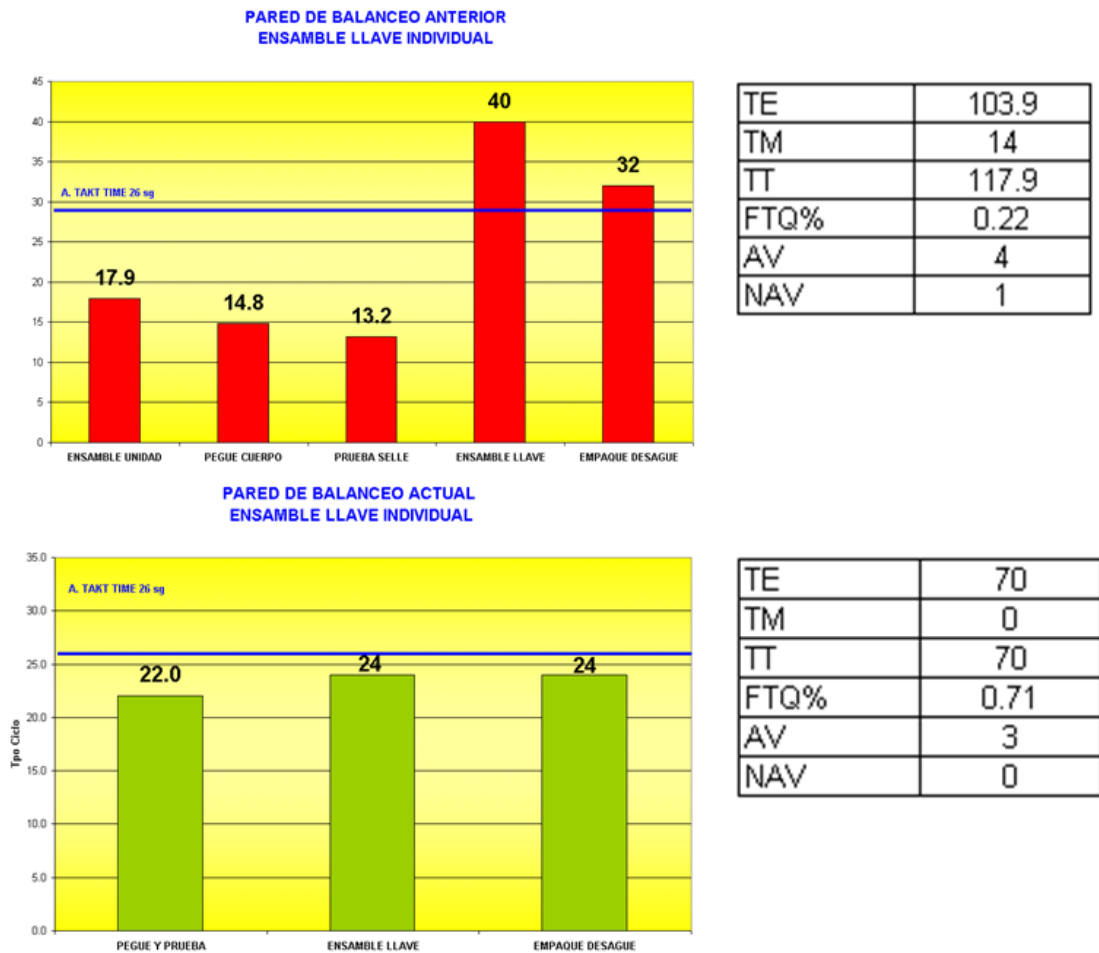
Figura 7.30 Pared de Balanceo Actual Ensamble Llave Individual



Fuente. Elaboración Propia

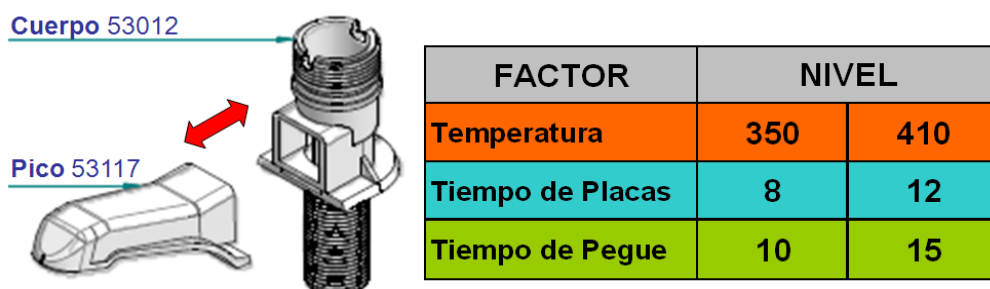
$$ATT = \frac{((57600 * 25) * 0.90)}{50000uds} = 25.92sg$$

Figura 7.31 Resumen Mejora Proceso de Ensamble Llave Individual



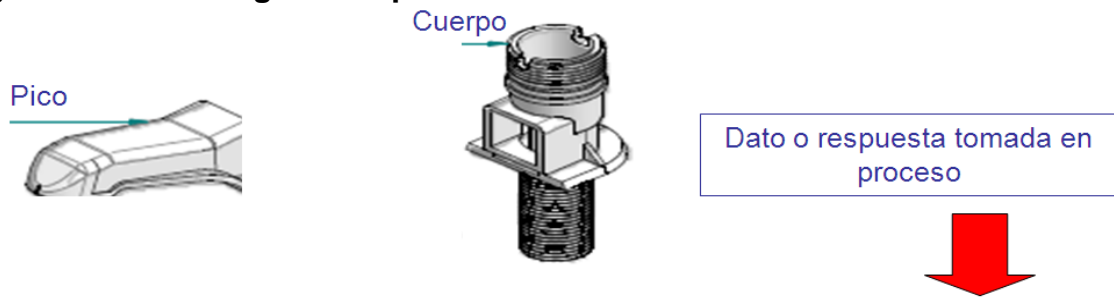
Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.32 Diseño de Experimento Pegue Cuerpo Llave Individual



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.33 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual**



RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperatura	Tpo placas	Tpo pegue	Piezas Buenas
1	1	1	350	8	10	25
2	1	1	410	8	10	30
3	1	1	350	12	10	26
4	1	1	410	12	10	20
5	1	1	350	8	15	19
6	1	1	410	8	15	14
7	1	1	350	12	15	26
8	1	1	410	12	15	8

Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.34 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Ajuste Factorial**

**Ajuste factorial: Respuesta vs. Temperatura; Tipo\_PLaca; Tipo\_Pegue**

Efectos y coeficientes estimados para Respuesta (unidades codificadas)

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante		20.750	0.1667	124.50	0.000
Temperatura	-6.500	-3.250	0.1667	-19.50	0.000
Tipo_PLaca	-1.500	-0.750	0.1667	-4.50	0.001
Tipo_Pegue	-8.000	-4.000	0.1667	-24.00	0.000
Temperatura*Tipo_PLaca	-5.500	-2.750	0.1667	-16.50	0.000
Temperatura*Tipo_Pegue	-5.000	-2.500	0.1667	-15.00	0.000
Tipo_PLaca*Tipo_Pegue	2.000	1.000	0.1667	6.00	0.000

S = 0.666667      PRESS = 12.6420  
 R-cuad. = 99.41%    R-cuad.(pred.) = 98.13%    R-cuad.(ajustado) = 99.01%

Análisis de varianza para Respuesta (unidades codificadas)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Efectos principales	3	434.000	434.000	144.667	325.50	0.000
Temperatura	1	169.000	169.000	169.000	380.25	0.000
Tipo_PLaca	1	9.000	9.000	9.000	20.25	0.001
Tipo_Pegue	1	256.000	256.000	256.000	576.00	0.000
2° orden (interacciones)	3	237.000	237.000	79.000	177.75	0.000
Temperatura*Tipo_PLaca	1	121.000	121.000	121.000	272.25	0.000
Temperatura*Tipo_Pegue	1	100.000	100.000	100.000	225.00	0.000
Tipo_PLaca*Tipo_Pegue	1	16.000	16.000	16.000	36.00	0.000
Error residual	9	4.000	4.000	0.444		
Falta de ajuste	1	4.000	4.000	4.000		
Error puro	8	0.000	0.000	0.000		
Total	15	675.000				

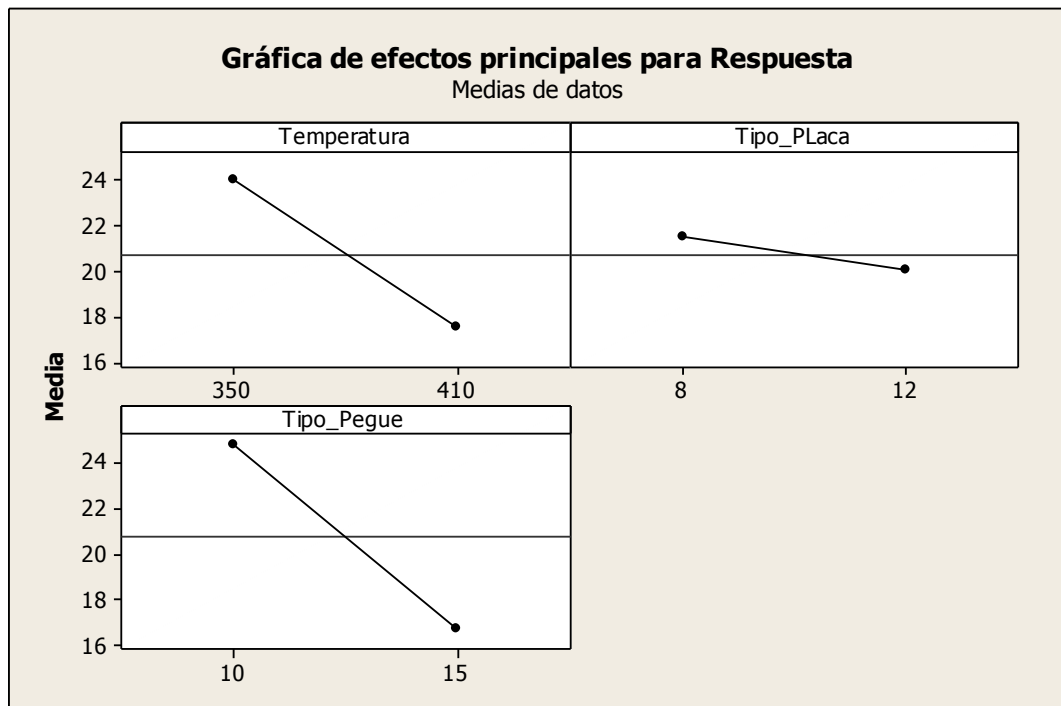
Fuente. Elaboración Propia

Siendo así el modelo matemático reducido que explica el proceso es:

$$Y = 20,750 - 3,25 \text{ Temperatura} - 0,750 \text{ Tipo\_Placa} - 4,0 \text{ Tipo\_Pegue} - 2,75 \text{ Temperatura} * \text{Tipo\_Placa} - 2,5 \text{ Temperatura} * \text{Tipo\_Pegue} + 1,0 \text{ Tipo\_Placa} * \text{Tipo\_Pegue}$$

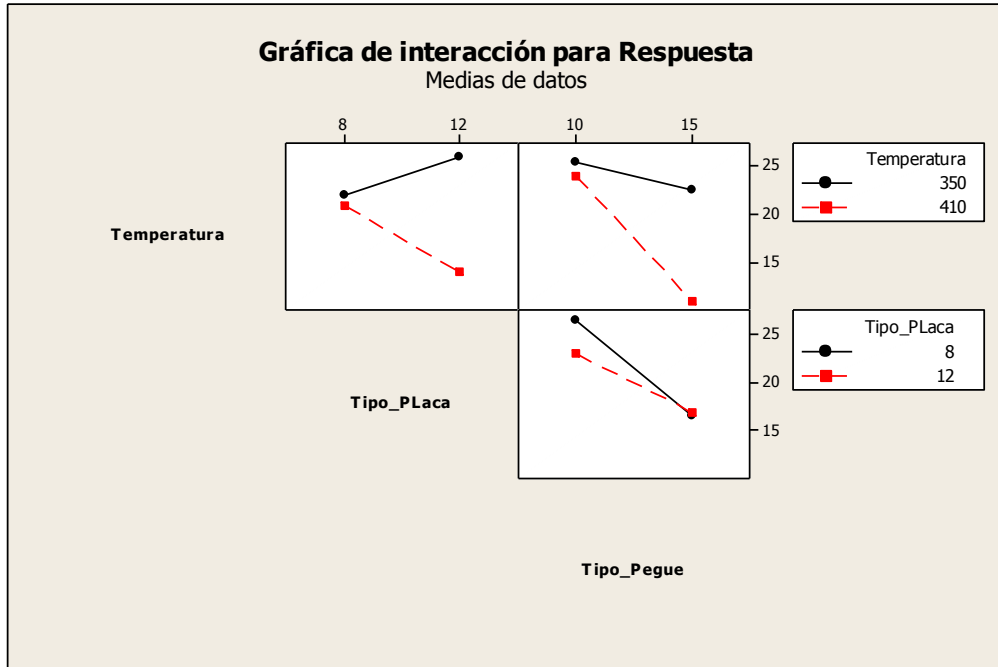
Si se analiza el (R-cuad. = 99,41%) vemos como 99,41 datos de cada 100 son explicados por el modelo conclusión que se valida estudiando las fuentes de variación (Análisis de varianza para respuesta), en donde vemos como la Suma de Cuadrados (SC Sec.) total = 675, está explicada en gran medida por los efectos principales = 434 y las interacciones de 2° Orden = 237 y tan solo el error residual es = 4; datos que permiten estimar que la predictibilidad del modelo es bastante buena.

**Figura 7.35 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Grafica de Efectos Principales para Respuesta**



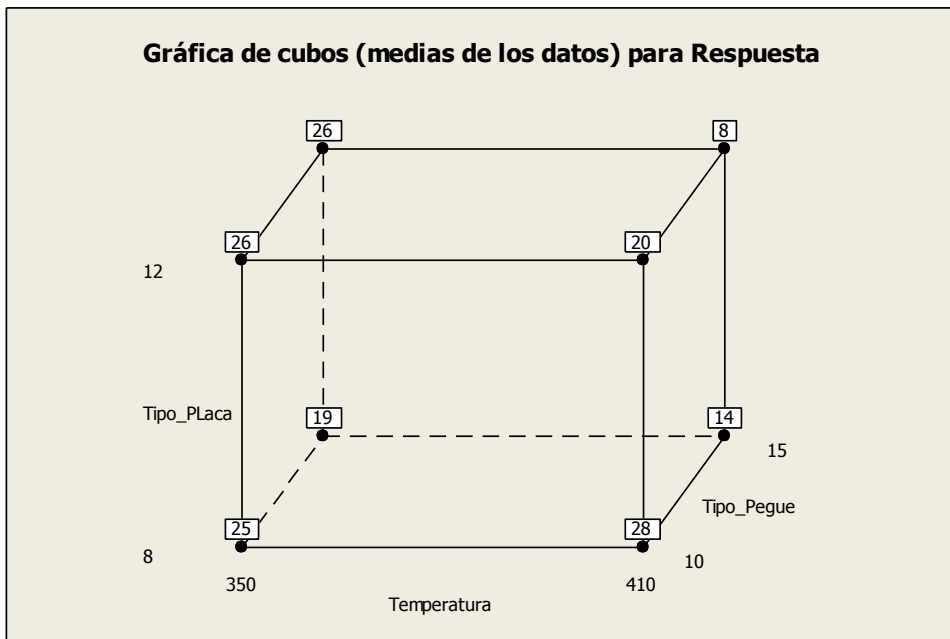
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.36 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Grafica de Interacción para Respuesta**



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.37 DOE Pegue Cuerpo Llave Individual – Grafica de Cubos (medias de los datos) para Respuesta**



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.38 Optimización de Respuesta**

```

Parámetros

Respuesta      Meta      Inferior  Objetivo  Superior  Ponderación  Importar
Máximo        20         30        30         1         1

Solución global

Temperatura    =    410
Tipo Placa     =     8
Tipo Pegue    =    10

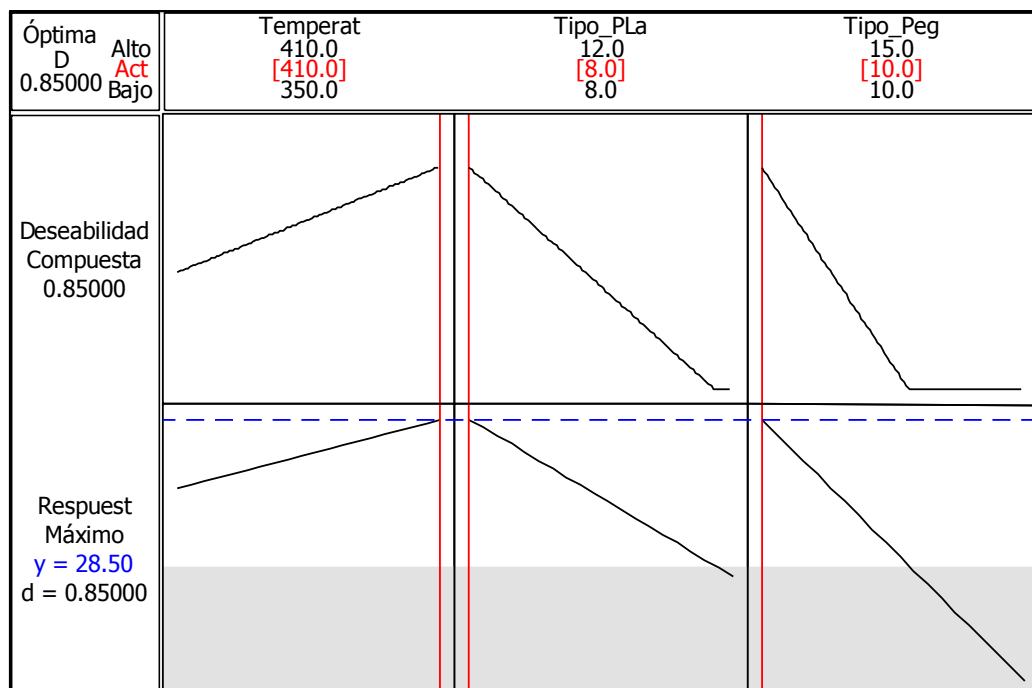
Respuestas pronosticadas

Respuesta      =    28.5         deseabilidad =    0.850000

Deseabilidad compuesta = 0.850000
    
```

**Fuente. Elaboración Propia**

**Figura 7.39 Grafica de Optimización**



**Fuente. Elaboración Propia**

#### 7.4.2. Discusión:

Las estrategias utilizadas para mejorar el ensamble de la llave individual fueron:

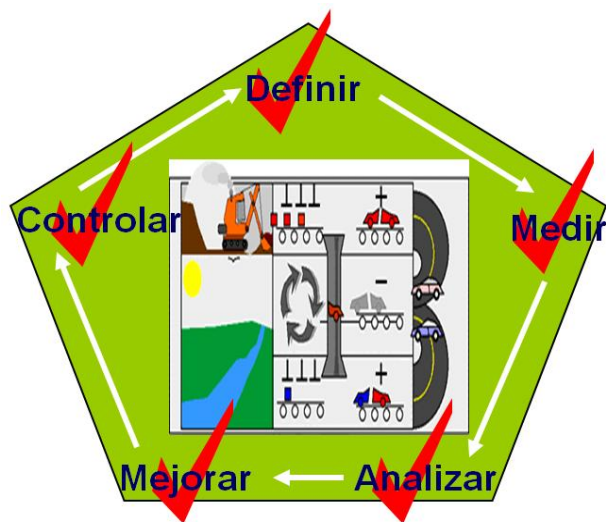
- Cambiar la distribución física de la célula de ensamble llave individual ya que en la anterior existían largas distancias desplazamiento desde recoger el kanban cuerpo hasta el sitio de trabajo del ensamble, la célula de pegue perjudicando los tiempos de ciclo y altos costos. Con la distribución de la celula propuesta actual mejoran los desplazamientos de materiales e insumos colocando una zona paralela de kanban partes para ensamble llave y kanban partes pegue cuerpo, uniendo las células de ensamble con una banda transportadora llevara el material hasta el empaque.
- Implementar el sistema Kanban dinámico recalculado de acuerdo al Actual Takt Time, con el objetivo de que los procesos aguas abajo produzcan solo lo que la célula de ensamble necesita por día (**Reducción de Inventario**)
- Layout de la estación de ensamble donde la operación del proceso de una llave solo dura 24 segundos.
- Implementar una maquina para el ensamble la unidad de cierre siendo una operación más automática y ensamblando más unidades en pocos segundos ya que anteriormente era una operación manual acarreado demoras en el tiempo del ciclo en ensamblar una llave.
- El VSM actual se disminuyeron a 3 operaciones del ensamble, anteriormente eran 5 operaciones. Con esta mejora en la programación de la producción, los tiempos totales son de 70 segundos y el tiempo esperado es de 70 segundos ya que anteriormente el tiempo total era de 117,9 segundos. Es un cambio significativo para el proceso.
- En la pared de balanceo actual de ensamble llave individual las tres operaciones tienen tiempos balanceados de 22 seg, 24 seg y 24 seg ya que no superan el tiempo establecido para el ciclo de 26 seg. Y en el balanceo anterior esas dos operaciones de ensamble eran de 40 seg y 32 seg siendo una diferencia muy notoria para la eficacia del proceso.
- Se hizo un diseño experimental para el pegue cuerpo llave individual probando varias temperaturas y tiempos, con una probabilidad del 95% de confianza arrojando los siguientes resultados:
  - ❖ Lo que se quiere encontrar es el mejor pegue con un valor objetivo de respuesta, el cual es maximizar el número de piezas pegadas.
  - ❖ La figura 7.33 muestra que el factor con mas significancia para la conformidad de cuerpos pegados de la llave individual es el Tiempo de Pegue.
  - ❖ En la figura 7.34 podemos concluir que el **Tiempo de Pegue** tiene un gran efecto en la conformidad del pegue del cuerpo de la llave individual.
  - ❖ La figura 7.36 muestra que existen interacciones entre todos los factores pero la interacción de los factores mas fuerte esta dada por la **Temperatura** y el

**Tiempo de placas** y la interacción menos significativa esta dada por **Tiempo de placas** y el **Tiempo de pegue**.

- ❖ La figura 7.38 y 7.39, muestra las combinaciones de mejor respuesta con los cuales se obtiene el mejor resultado de número de cuerpos pegados conformes son **28.5 piezas** de un lote de 30 unidades, **410<sup>a</sup> C de temperatura**, **15 seg en tiempo de pegue** y el tipo de placa de **8.0**.

## 7.5. FASE DE CONTROL:

Figura 7.40 Fase de control



Fuente. Elaboración Propia

### 7.5.1. Resultados:

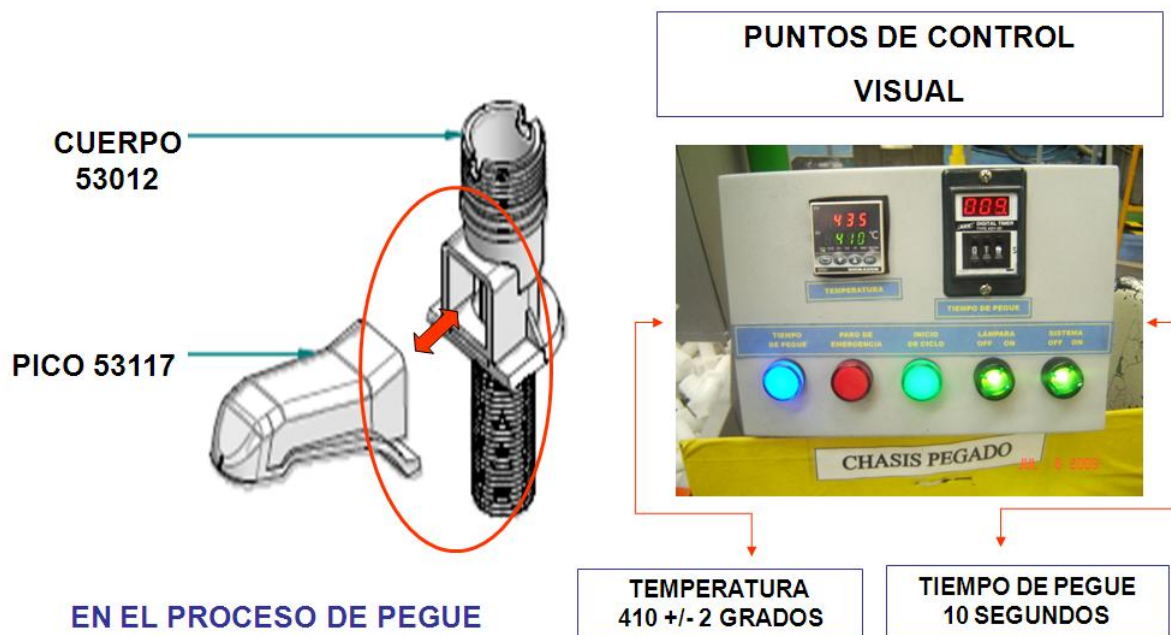
Después de haber efectuado las mejoras en el proceso se harán controles y seguimientos a las operaciones de ensamble para que sigan funcionando correctamente los tiempos. Para esta fase se establecieron puntos de control visuales y el control de ritmo de la producción.

Figura 7.41 Rediseño Célula de Ensamble



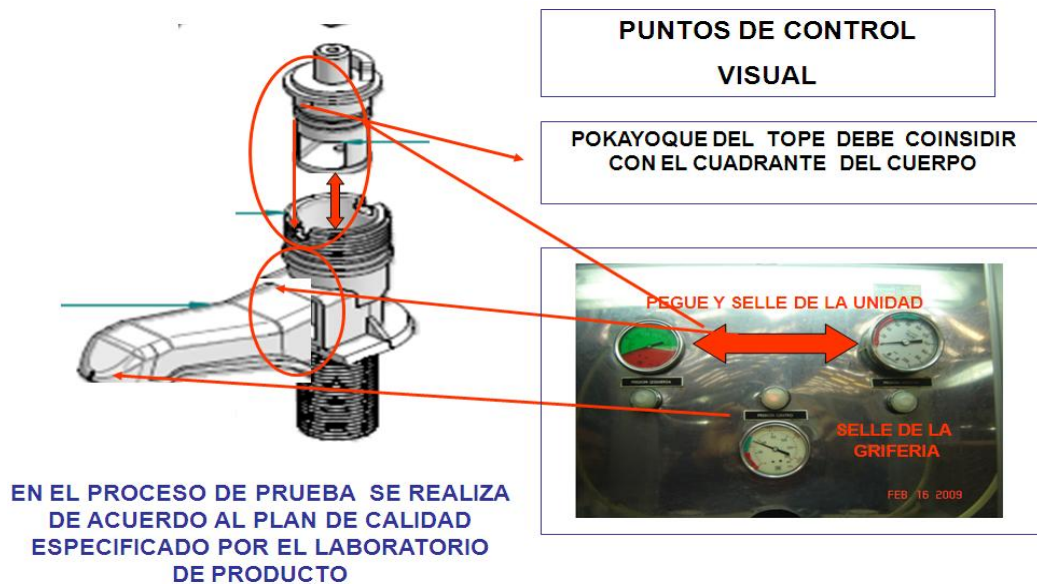
Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.42 Proceso de Pegue Chasis Llave Individual Plástica



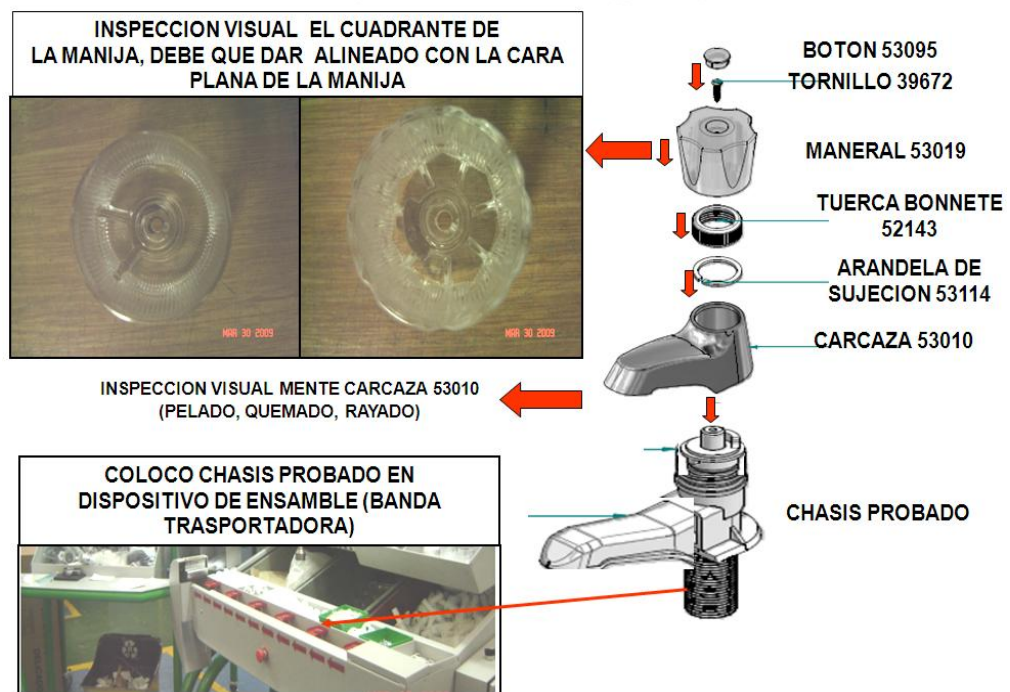
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.43 Proceso de Prueba Llave Individual Plástica**



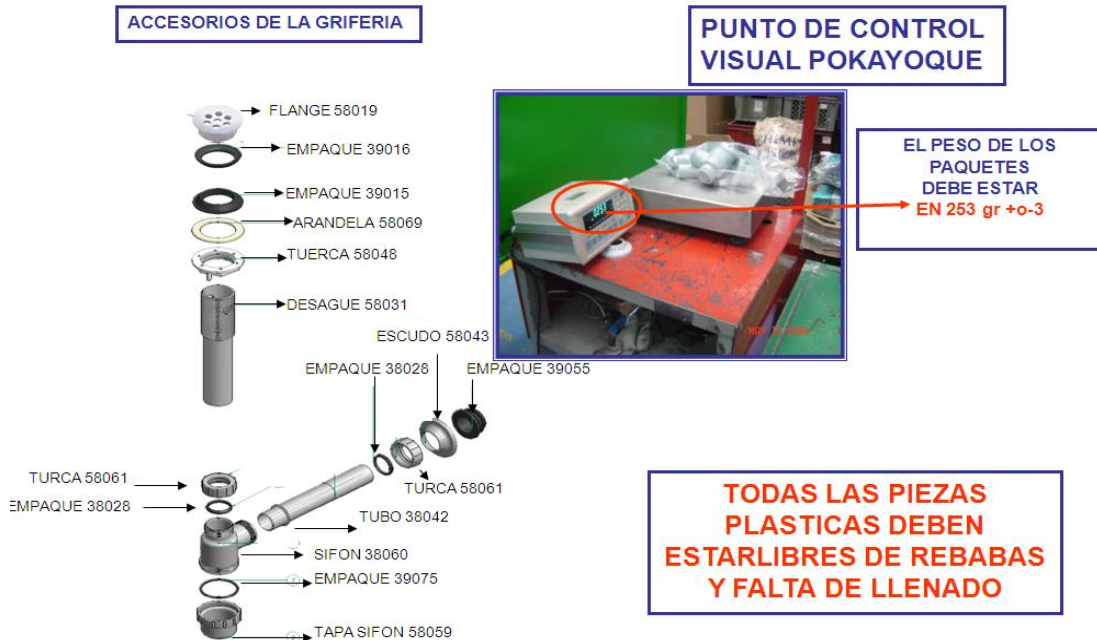
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.44 Proceso de Ensamble Llave Individual Plástica**



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.45 Proceso de Empaque Llave Individual Plástica**



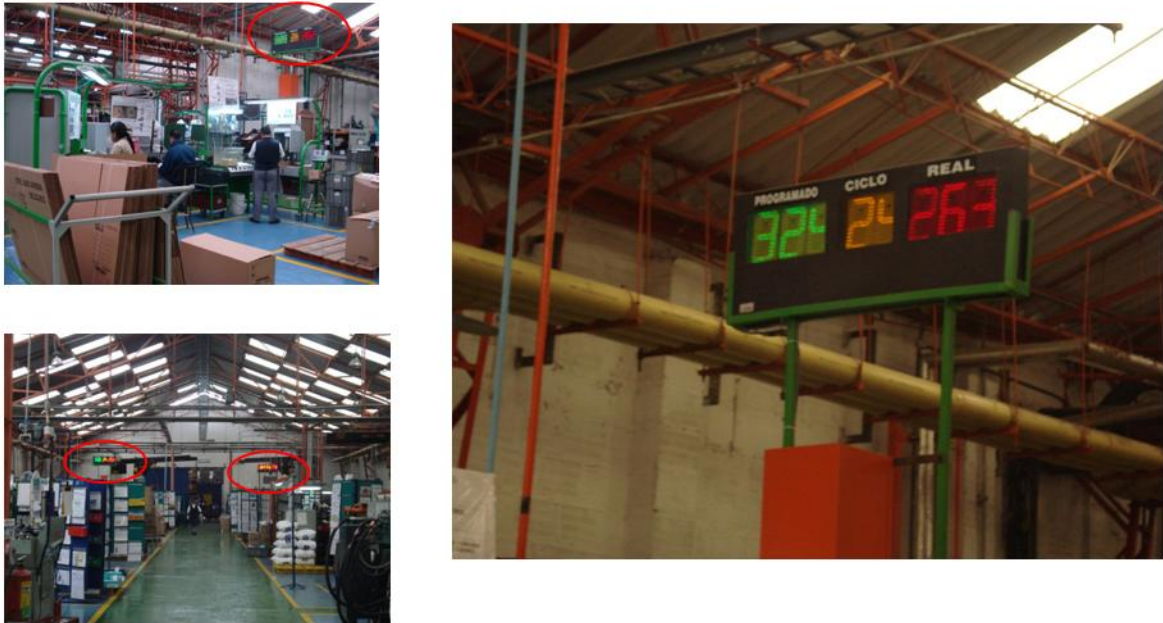
Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.46 Proceso de Empaque Llave Individual Plástica**



Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.47 Andon Control Ritmo Producción



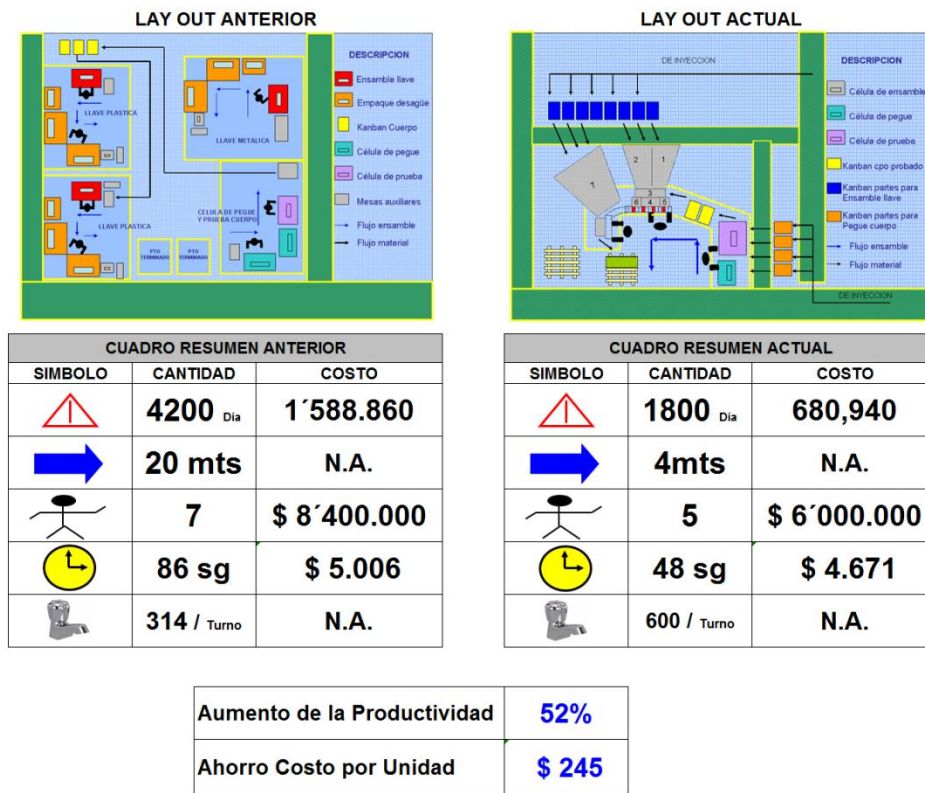
Fuente. Elaboración Propia

Figura 7.48 Métrica Proyecto (Costo Ensamble Llave)



Fuente. Elaboración Propia

**Figura 7.49 Resumen de Mejoras en las Células de Ensamble Llave Individual**



Fuente. Elaboración Propia

### 7.5.2. Discusión:

Se establecieron puntos de control visuales en los procesos de:

- Pegue chasis llave individual plástica revisando la temperatura de 410° y el tiempo de pegue de 15 segundos.
- Prueba llave individual plástica revisando que el poka yoke del tope debe coincidir con el cuadrante del cuerpo, el pegue y selle de la unidad y el selle de la grifería, en el proceso de prueba se realiza de acuerdo al plan de calidad estipulado en el laboratorio
- Ensamble de la llave individual plástica revisando que el cuadrante de la manija debe quedar alineado con la cara plana de la manija, que la carcaza no este pelada, rayada y quemada y se prueba el chasis en el dispositivo de ensamble la banda transportadora.
- Empaque llave individual plástica revisando los accesorios de la grifería antes de ser empacados , el peso de los paquetes debe estar en 253 gramos y que todas las piezas deben estar libres de rebabas y falta de llenado.











Para el control también se implemento el sistema Andon para el control del ritmo de producción con el objetivo de garantizar las entregas de acuerdo al Actual Takt Time definido por el cliente.

De acuerdo con la métrica del proyecto en los costos de ensamble, de acuerdo a las mejoras implantadas en el proceso se disminuyeron los costos desde febrero a mayo con reducciones significativas en el costo.

Por ultimo según el resumen de mejoras se logro un aumento en la productividad de un 52% y se ahorro un costo por unidad de \$ 245, lo que significa que mejoro el proceso de ensamble representando ingresos a la empresa porque puede producir más unidades en tiempos menores y a bajos costos, logrando un proceso eficaz y con normas de calidad.

## 8. ANALISIS FINANCIERO

**Figura 8.1 Cuadro Resumen de Mejoras**

CUADRO RESUMEN ANTERIOR			CUADRO RESUMEN ACTUAL		
SIMBOLO	CANTIDAD	COSTO	SIMBOLO	CANTIDAD	COSTO
	4200 <small>Día</small>	1'588.860		1800 <small>Día</small>	680,940
	20 mts	N.A.		4mts	N.A.
	7	\$ 8'400.000		5	\$ 6'000.000
	86 sg	\$ 5.006		48 sg	\$ 4.671
	314 / Turno	N.A.		600 / Turno	N.A.

Aumento de la Productividad	<b>52%</b>
Ahorro Costo por Unidad	<b>\$ 245</b>

### Fuente. Elaboración Propia

De acuerdo al resumen de mejora de las células de ensamble llave individual se ahorro un costo por unidad es de \$ 245, en estas células se ensamblan 50.000 unidades por mes, se hizo un análisis financiero para conocer el costo anual de ahorro en el ensamble de la llave individual:

$\$ 245 * 50.000 \text{ Un} = \$12.250.000 \text{ por mes}$

$\$12.250.000 * 12 \text{ meses} = \$ 147.000.000 \text{ por año.}$

Según los resultados arrojados en el análisis, la Organización Corona S.A logro un ahorro del costo por unidad al año de \$147.000.000, siendo una cifra muy elevada y significativa.

Beneficiando a la compañía a mejorar la rentabilidad, aumentar productividad y ser más eficiente con menores costos de ensamble.

## 9. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis del proceso de ensamble llave individual, se logro una reducción del 44% del ciclo (de 86 a 48 segundos), el objetivo inicial planteaba una reducción del 50% del ciclo (de 86 a 43 segundos).
- Mediante las estrategias utilizadas de acuerdo a la metodología seis sigma se pudo aumentar la productividad en un 52% en el proceso además se disminuyo el costo por unidad a \$245.
- Con las causas identificadas en el AMFE la empresa se enfrenta a llevar a cabo las mejoras propuestas para que, tanto los tiempos de operación de ensamble y costos de operación se disminuyan y los procesos se eleven a un nivel seis sigma. Así los clientes percibirán una producción a tiempo y de calidad superior.
- Al aplicar estas estrategias también mejoró el estado ergonómico de las personas que laboran en la célula de ensamble llave individual.

## **10. RECOMENDACIONES**

Según el trabajo realizado en el proceso de manufactura denominado Reducción tiempo de ciclo en el ensamble de la llave individual, vemos que hay muchos más procesos en los cuales se pueden hacer mejoras de este tipo.

Mediante la aplicación de la metodología seis sigma, se obtiene un buen análisis de los procesos y por consiguiente muy buenos resultados de mejora.

En la empresa en la cual realizamos esta mejora, hay otros procesos, los cuales se podrían intervenir, para mejorar desperdicios, índices de productividad, aumentar capacidad de maquinas y mano de obra, mejorar espacios de trabajo, estandarizar operaciones, etc.

Recomendamos que se mantengan y se mejore aun más el proceso que intervinimos, y que se realice una expansión horizontal a todos los demás procesos de ensamble de esta empresa que tiene el mismo sistema de trabajo, esto les daría bastantes ahorros en temas de productividad y disminución de inventarios, además que mejorarían notablemente el servicio de entregas al cliente. Todos los procesos son susceptibles de mejora, y esta empresa se caracteriza por generar espacios y capacitar a su personal par que tenga las habilidades de implementar estas metodologías y aplicarlas a la mejora de sus procesos productivos.

## BIBLIOGRAFÍA

Wikipedia, Lean Manufacturing [en línea]. Bogotá: [citado 21 junio, 2012]. Disponible en internet <URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)>

Gutiérrez Pulido, H.; Dela Vara Salazar, R. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Editorial Mc Graw Hill, México. 2003

Reyes, Primitivo, “Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas; experiencias y reflexiones”. Revista Contaduría y Administración, No. 205, Abril – Junio 2002, Pág. 53.

Gutiérrez Garza, Gustavo, “Aterrizando seis sigma”, Regiomontanas, 2 edición, México, 2004, Pág. 11-13

Pande, P et all, “The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Others Top Companies are Honing Their Performance”, USA 2000, Mc Graw Hill, Pág. 24 – 36