



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL  
PROCESO DE ENVASADO DE PINTURAS PARA USOS ARQUITECTÓNICOS  
APLICANDO EL ENFOQUE METODOLÓGICO SEIS SIGMA.  
CASO: C.A VENEZOLANA DE PINTURAS

**Tutor Académico:**

Prof. Agustín Mejías

**Autor:**

Cedeño B., Jonny J.

Bárbula, 1 de Junio de 2012



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL  
PROCESO DE ENVASADO DE PINTURAS PARA USOS ARQUITECTÓNICOS  
APLICANDO EL ENFOQUE METODOLÓGICO SEIS SIGMA.

CASO: C.A VENEZOLANA DE PINTURAS

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar al título  
de Ingeniero Industrial

**Línea de Investigación:** Investigación de Operaciones

**Tutor Académico:**

Prof. Agustín Mejías

**Autor:**

Cedeño B., Jonny J.

Bárbula, 1 de Junio de 2012



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado "*Propuestas para la reducción de tiempos improductivos en el Proceso de envasado de pinturas para usos arquitectónicos aplicando el enfoque metodológico Seis Sigma. Caso: C.A Venezolana de Pinturas*", el cual está adscrito a la Línea de Investigación "Investigación de Operaciones del Departamento de Investigación Operativa, presentado por el Bachiller Jonny José Cedeño Balkisoon, C.I. 18.866.078", a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día Viernes 01 de Junio de 2012, a las 10:00 am, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo, en el Salón **SUM**, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.
2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido por el Reglamento de Estudios de Pregrado.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, a día, mes y año, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Prof. Agustín Mejías.

Prof. Agustín Mejías  
**Presidente del Jurado**

Prof. Ilse Pérez  
**Miembro del Jurado**

Prof. Carlos Martínez  
**Miembro del Jurado**

## **Agradecimientos**

*A Dios Todopoderoso, que me diste la oportunidad de vivir y de guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas.*

*A mis padres, porque creyeron en mi y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega.*

*A mi hermana por apoyarme en el inicio y culminación de este proyecto*

*A mis abuelos, que desde el cielo y la tierra todavía me siguen cuidando*

*A mis familiares, por su apoyo incondicional en todo momento*

*A la Sra. Carmen Sofía por brindarme la oportunidad de desarrollar uno de los proyectos más importantes de mi vida*

*A Patricia Velásquez por su valioso aporte en el trabajo como una excelente profesional y modelo a seguir en C.A Venezolana de Pinturas*

*A mis compañeros de trabajo de C.A Venezolana por brindarme ayuda cuando la solicite*

*Al profesor Agustín Mejías por la orientación y apoyo para desarrollar esta investigación*

*Y a todas aquellas personas que me han ayudado a cumplir con este objetivo*



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



PROPUESTAS PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL  
PROCESO DE ENVASADO DE PINTURAS PARA USOS ARQUITECTÓNICOS  
APLICANDO EL ENFOQUE METODOLÓGICO SEIS SIGMA.

CASO: C.A VENEZOLANA DE PINTURAS

**Tutor Académico:** Prof. Agustín Mejías

**Autor:** Cedeño B., Jonny J.

### RESUMEN

En C.A Venezolana de Pinturas se evidencia una inconformidad en la capacidad del proceso de envasado, debido a una gran cantidad de tiempos improductivos que retrasan de manera significativa la faena productiva. La presente investigación está enmarcada como un proyecto factible y a su vez como una investigación descriptiva que utiliza como referencia las cuatro primeras fases del enfoque metodológico Seis Sigma (Definir, Medir, Analizar y Mejorar). Al seleccionar la aplicación de la metodología Seis Sigma, para el logro de los objetivos de la presente investigación, se debió principalmente a que se usa un sistema estadístico apoyado en una metodología de gestión. La aplicación de la filosofía Seis Sigma se encuentra apoyada en tres pilares fundamentales que son satisfacer tanto al cliente interno como externo, reducir los tiempos improductivos y reducir las fallas que ocasionan los problemas. En la investigación se delimitaron tres indicadores principales a estudiar: los tiempos improductivos generados por las paradas no planificadas en las líneas de envasado, el tiempo de procesamiento de unidades no conformes y los tiempos de puesta a punto. Las paradas no planificadas generaron el 95,347% de los tiempos improductivos. Entre las propuestas de mejora para disminuir los tiempos de puesta a punto se encuentra: realizar una matriz de secuencia de cambio de color para emulsiones y para esmaltes, estandarizar las operaciones de la puesta a punto utilizando metodologías de cambio rápidos de utillaje (SMED), con esto se puede reducir los tiempos de puesta a punto en un 50,38%. Para la reducción de tiempos improductivos por paradas no planificadas y por procesamiento de unidades se conforme, se elaboró un plan de acción para disminuir la tasa de ocurrencia de fallas en el proceso.

**Palabras Clave:** Mejoras, cliente, Seis Sigma, tiempos, SMED.



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



## **DOWNTIME REDUCTION PROPOSAL IN THE PACKAGING PROCESS OF ARCHITECTURAL COATINGS AT C.A VENEZOLANA DE PINTURAS APPLYING SIX SIGMA METHODOLOGY**

**Tutor Académico:** Prof. Agustín Mejías

**Autor:** Cedeño B., Jonny J.

### **SUMMARY**

In C. A. Venezolana de Pinturas have been found evidence of a dissatisfaction in the ability of the packaging process, due to a large amount of downtime that delayed significantly the daily productive work. The present investigation is framed as a feasible project and at the same time as a descriptive research that uses as reference the first four phases of the methodological approach Six Sigma (Define, measure, analyze, and improve). When you select the implementation of the Six Sigma methodology, for the achievement of the objectives of this research, was due mainly to the use of a statistical system supported by a management methodology. The implementation of the Six Sigma philosophy is supported on three fundamental pillars that would satisfy both the internal and external customer, reduce the downtime and reduce failures that cause the problems. In the research were identified three main indicators study: unproductive times generated by the unplanned downtime in packaging lines, the processing time for non-conforming units and make-ready times. The unplanned stops generated the 95,347 % of the unproductive times. Among the proposals of improvement to reduce the time to point is: perform an array of sequence of color change for emulsions and for enamels, standardize the operations of the commissioning using methodologies of quick change tooling (SMED), this may reduce the times of tuning in a 50,38 %. For the reduction of downtime for unplanned downtime and processing units are correct, an action plan was developed to decrease the rate of occurrence of failures in the process.

**Key Words:** Improvements, customer, Six Sigma, times, SMED.

## Índice General

Contenido	Pág.
Agradecimientos.....	ii
Resumen en Español.....	v
Resumen en Inglés.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tablas.....	xii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. El problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	6
1.3. Objetivos de la investigación.....	6
1.4. Justificación de la Investigación.....	6
CAPÍTULO II.MARCO DE REFERENCIA.....	10
2.1. Generalidades.....	10
2.3. Antecedentes de la Investigación.....	13
2.4. Bases Teórica.....	16
CAPÍTULO III.MARCO METODOLÓGICO.....	39
3.1. Nivel y Diseño de a Investigación.....	39
3.2. Unidad de Análisis.....	40
3.3. Fuentes y Técnicas para la Recolección de Información.....	40
3.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información.....	41
3.5. Diseño de Instrumentos para la recolección de Información.....	42
3.6. Diseño de las Fases Metodológicas.....	43

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	46
4.1.Fase I Seis sigma.....	46
4.2.Fase II Seis Sigma .....	62
4.3.Fase III Seis Sigma .....	90
4.4.Fase IV Seis Sigma.....	103
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	123
Referencias Bibliográficas.....	127
Anexo A.Formatos de Control de Procesos .....	130
Anexo B.Índices de Ponderación del AMEF.....	133
Anexo C. Modelo de Cuestionario para el Análisis del Sistema de Medición.....	136
Anexo D.Propuesta Marcaje de líneas y Estandarización de los recipientes de basura .....	142
Anexo E. Formato de Estudio de Tiempos.....	143

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Organigrama de C.A Venezolana de Pinturas.....	12
Figura 2. Organigrama del dpto. de Producción.....	13
Figura 3. Diagrama DMAMC. ....	30
Figura 4. Procesos de fabricación de pintura .....	47
Figura 5. Diagrama de bloque del proceso de envasado de pinturas .....	50
Figura 6. Fotografía del producto en presentación de cuarto de galón, galón y cuñete de cuatro galones. ....	51
Figura 7. Diagrama Causa Efecto-Causales de Demoras en las líneas de envasado.....	52
Figura 8. Mapa de Proceso de Envasado de Pinturas para usos arquitectónicos.	60
Figura 9. Instrumentos de Medición de tiempo.....	67
Figura 10. Acuerdo de Evaluación .....	68
Figura 11. Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 02-A, para los meses de Enero y Febrero de 2012.....	73
Figura 12. Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 03-E, para los meses de Enero y Febrero de 2012.....	75
Figura 13. Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 03-A, para los meses de Enero y Febrero de 2012.....	76
Figura 14. Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 06-E, para los meses de Enero y Febrero de 2012.....	77
Figura 15. Test de Normalidad de tiempos de puesta a punto en la Línea 02-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012. ....	79
Figura 16. Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 02- A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	80
Figura 17. Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 06-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	81
Figura 18. Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 06- E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	82

Figura 19. Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 03-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	84
Figura 20.Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 03-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	84
Figura 21.Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 03-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012. ....	85
Figura 22. Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 03-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.....	86
Figura 23. Diagrama de Pareto Número de Prioridad de Riesgo (NPR) .....	89
Figura 24. Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 02-A en el Mes Enero y Febrero de 2012 .....	91
Figura 25.Diagrama de Pareto Demoras por Procesos Línea 02-A en el Mes Enero y Febrero de 2012 .....	91
Figura 26. Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 03-A en el Mes Enero y Febrero de 2012 .....	92
Figura 27.Diagrama de Pareto Demoras por Mantenimiento en la Línea 03-A en el Mes Enero y Febrero de 2012.....	93
Figura 28. Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 03-E en el Mes Enero y Febrero de 2012 .....	93
Figura 29.Diagrama de Pareto Demoras por Mantenimiento en la Línea 03-E en el Mes Enero y Febrero de 2012.....	94
Figura 30. Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 06-E en el Mes Enero y Febrero de 2012.....	95
Figura 31.Diagrama de Pareto Demoras por Procesos Línea 06-E en el Mes Enero y Febrero de 2012 .....	95
Figura 32. Tiempos de puesta a punto por línea considerando lavado del tanque	97
Figura 33. Tiempos de puesta a punto por línea sin considerar lavado del tanque .....	99
Figura 34. Fotografía de las paletas usadas en el proceso .....	104
Figura 35. Fotografía estado de las sillas en planta .....	104
Figura 36. Fotografía de elementos a reubicar.....	105

Figura 37. Fotografía recolección de Scrap.....	106
Figura 38. Fotografía posicionamiento de las paletas.....	106
Figura 39. Rollos para paletizado.....	106
Figura 40. Bobina de plástico para la termoencogible.....	107
Figura 41. Fotografía Contenedores de basura.....	107
Figura 42. Determinación del método de trabajo (SMED).....	114
Figura 43. Determinación del método de trabajo (SMED), línea 06-E.....	116
Figura 44. Coordenadas del color.....	119
Figura 45. Diagrama de acciones de mejoras.....	122
Figura 46. Lista de Chequeo de Envasado.....	131
Figura 47. Hoja de Control de Procesos.....	132
Figura 48. Propuesta Marcaje de líneas y Estandarización de los recipientes de basura.....	142

## Índice de Tablas

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Síntesis metodología de la Investigación .....	46
Tabla 2. Diagrama de Gantt de etapas del proyecto según el enfoque metodológico Seis Sigma. ....	61
Tabla 3. Marco del Proyecto.....	62
Tabla 4. Acuerdo de Evaluación. Cada evaluador vs. El estándar.....	70
Tabla 5. Estadísticas de Kappa de Fleiss.....	71
Tabla 6. Análisis de Modo y Efecto de fallas en el área de envasado.....	88
Tabla 7. Estadísticas descriptivas: Líneas 02-A, 03-A, 03-E y 06-E. (Con lavado del tanque) .....	96
Tabla 8. Estadísticas descriptivas: Líneas 02-A, 03-A, 03-E y 06-E. (Sin lavado del tanque) .....	98
Tabla 9. Tabla resumen tiempos improductivos por procesar unidades defectuosas .....	101
Tabla 10. Tabla resumen tiempos improductivos Enero y Febrero de 2012. ....	102
Tabla 11. Resumen de tiempos de puesta a punto por línea. ....	102
Tabla 12. Plan de Acciones Correctivas en el área de envasado de productos de uso arquitectónicos. ....	109
Tabla 13. Análisis y fragmentación de las actividades .....	111
Tabla 14. Operaciones Externas.....	112
Tabla 15. Operaciones Internas .....	113
Tabla 16. Secuencia de Cambio de color para emulsiones.....	120
Tabla 17. Secuencia de Cambio de color para esmaltes .....	121
Tabla 18. Lista de Códigos de Paradas/Demoras. ....	130
Tabla 19. Ponderación de Severidad del AMEF.....	133
Tabla 20. Ponderación de Ocurrencia del AMEF .....	134
Tabla 21. Ponderación de Detección del AMEF.....	135
Tabla 22. Formato de Estudio de Tiempos.....	143



---

## Introducción

A nivel mundial, las empresas manufactureras han buscado la manera de adaptarse a los cambios del entorno aplicando estrategias competitivas para mejorar continuamente la calidad de sus productos y servicios.

La estrategia  $6\sigma$  (Seis Sigma) se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y pensamiento estadístico. Gutiérrez y De la Vara (2009) señalan que tiene tres aéreas prioritarias de acción: satisfacción al cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de  $6\sigma$ , que le da, el nombre es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, como máximo se generen 3,4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de la organización, en el que se desarrollan proyectos  $6\sigma$  a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. En 1987, Seis Sigma fue introducida por primera vez en Motorola por un equipo de directivos, encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía, con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos. Desde entonces  $6\sigma$  ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías.

En C.A Venezolana de Pinturas se evidencia una inconformidad en la capacidad del proceso de envasado, debido a una gran cantidad de tiempos improductivos que retrasan de manera significativa la faena productiva. La presente investigación está enmarcada como un proyecto factible y a su vez como una investigación descriptiva que utiliza como referencia las cuatro primeras fases del enfoque metodológico Seis Sigma (Definir, Medir, Analizar y Mejorar). Dicha metodología, se erige actualmente como una de esas filosofías robustas que mediante pragmatismos logran que las operaciones dentro de una organización sean “esbeltas”, logrando de reducir todos los desperdicios posibles.



---

Es por esta razón, que la empresa C.A Venezolana de Pinturas ha adoptado esta filosofía para reducir sus fallas en sus procesos. En mucho de los casos, se utilizan varias herramientas estadísticas que permitirán tomar una decisión con respecto a las causas raíces de los problemas. La importancia de la presente investigación radica en que genera propuestas de mejoras para reducir los tiempos improductivos, logrando como beneficio la reducción de costos, la satisfacción de los clientes y la mejora de la capacidad de envasado de productos de uso arquitectónicos.

Finalmente, el estudio está conformado por cinco capítulos, los cuales se reseñan a continuación:

El Capítulo I, en esta primera parte se realiza una descripción de la problemática, así como el objetivo general, objetivos específicos de las actividades realizadas, además la justificación, alcance y limitaciones encontradas en la investigación.

El Capítulo II, está conformado por el marco teórico, antecedentes de la investigación, además de estar integrado por el contexto organizacional de la empresa, su reseña histórica, visión, misión y su estructura organizacional.

El Capítulo III, está compuesto por la modalidad en que se rige la investigación, la técnica de obtención de datos utilizados y los diferentes métodos de recolección de los mismos.

El Capítulo IV, está conformado por el desarrollo del procedimiento en sí, como proceso de las funciones y acciones desarrolladas, así como también los conocimientos adquiridos y recopilados durante el proceso de la investigación; se presentan y analizan los resultados aplicando el enfoque metodológico Seis Sigma.

El Capítulo V, en esta parte están contempladas las conclusiones y recomendaciones.



---

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. El problema

La convergencia en tiempos modernos, hacia un enfoque conciso al cumplimiento de objetivos, denota una gran particularidad y es que en la actualidad el desarrollo de distintos aspectos como el social, económico e industrial, están obligando a modernizar los modos de estructurar y dirigir las organizaciones, esto supone una transformación en los aspectos básicos como la forma de pensar, manejar los recursos de manera eficiente modificando los métodos tradicionales de gerenciar y generar cambios en los sistemas de gestión.

Entre las cuatro herramientas fundamentales de la administración de empresas, el control se erige como una de las más importantes y es que permite verificar si los resultados van de la mano con los objetivos. Según, Rodríguez (2002), el control ha existido de manera natural en todo organismo social, desde el momento en que las empresas han nacido para cumplir cualquier objetivo, se cree que el control representa la esencia de la administración moderna, de hecho logra de manera eficaz los objetivos de las empresas y satisface las necesidades comercial que es un resultado directo de su ejercicio.

Por otro lado, vale destacar que desde diferentes tipos de perspectivas, lograr que un producto sea de calidad es un trabajo que no se logra de manera inmediata, requiere esfuerzo y dedicación para la obtención de resultados, por lo que es requerido el empleo de diferentes tipos de herramientas entre ellas se destaca la estadística, que permite mantener el control de las características asociadas al producto. Existen gran cantidad de organizaciones tanto nacionales como extranjeras que dan cabida a presentar problemas con el control de sus procesos, así como es el caso de la empresa que se reseña a continuación.



---

Ahondando más en el tema, surge como objeto de estudio la empresa C.A Venezolana de Pinturas, antiguamente reconocido como Sherwin Williams, fue fundada hace más de medio siglo en el año de 1953. Es una empresa que produce y comercializa una gran variedad de pinturas, acabados y revestimientos que demanda el mercado venezolano, tanto doméstico como industrial y automotriz; entre ellos: pinturas emulsionadas, esmaltes, productos para acabado automotriz, de mantenimiento industrial, recubrimientos industriales y pintura en polvo decorativa.

A pesar de que gran parte de los procesos en la empresa se encuentran estandarizados e inclusive certificados por normas de calidad, parte del proceso no está exento a presentar problemas y es que las operaciones se pueden ver diezmadas por causas que afecten de manera drástica a la capacidad de producción. En la empresa, además se evidencia la incidencia de factores que retrasan la faena productiva en el área de envasado de productos de uso arquitectónicos, a causa de paradas no planificadas que avizoran un aplazamiento en la producción de hasta una semana en las líneas afectadas, entre las distintas causas, que originan la problemática se vincula la falta de adiestramiento del personal, la falta de mantenimiento preventivo, la obsolescencia de las maquinarias y equipos, la desmotivación en los trabajadores, la falta de documentación del proceso, la falta de programación de los lotes a producir y el ausentismo laboral. Además, se observa que las operaciones de la puesta a punto no se encuentran estandarizadas y también existen graves problemas en la planificación generandolavados innecesarios en los tanques de productos para envasar de colores con tonalidades débiles a fuertes o viceversa, ocasionando demoras en el proceso.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se puede afirmar que con el uso eficiente de herramientas estadísticas, se pueden identificar deficiencias en los métodos de trabajo y ofrecer medidas correctivas a corto plazo. También en la organización *C.A Venezolana de Pinturas*, se ha manifestado la ausencia de metodologías que involucren a los departamentos que les concierne el control de



envasado para analizar datos por medio del uso de gráficos con diferentes tipos de indicadores e información tal como causales de demora, mantenimiento preventivo, proporción de artículos defectuosos y características individuales del producto, por lo que sí se tuviese un riguroso control del proceso, muchas de las acciones preventivas podrían erradicar resultados indeseables para la organización.

Seguidamente, para dar continuidad a las ideas ya precisadas es de suma relevancia destacar la importancia de satisfacer tanto al cliente interno como al externo para ello el proceso requiere desarrollarse sin efectos contraproducentes que detengan de manera significativo al proceso, de modo que logre aminorar la brecha e inclusive lograr igualar los objetivos logrados con los objetivos propuestos tales como cumplir con la meta de envasado diario y cumplir con la programación de la producción. En este mismo orden de ideas, logrando hacer énfasis en aspectos que puedan incidir satisfactoriamente en el aumento de la capacidad de envasado diario, es importante destacar la importancia de la aplicación de filosofías de calidad, que han generado grandes expectativas a nivel mundial en los últimos años.

Seis Sigma se erige actualmente como una de esas filosofías robustas, que mediante pragmatismos logran que las operaciones dentro de una organización sean “esbeltas”, logrando de reducir todos los desperdicios posibles. Para ejemplificar tales consideraciones, *Lynn* (2006) indica que la producción ajustada gestiona los procesos gracias a la aplicación de una mejora continua y la eliminación de residuos operativos y operaciones con el propósito de crear valor, generalmente estos cambios dan como resultado un aumento significativo de la velocidad de los procesos. La iniciativa Seis Sigma potencia este concepto al ofrecer un control continuo de los procesos mejorados. La reducción de la variación y la eliminación de los defectos de los procesos se consigue gracias a las herramientas Seis Sigma y a la velocidad de los procesos y la aceleración de la rentabilidad creada al aplicar la producción ajustada.



---

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de la filosofía Seis Sigma, permitirá la reducción de los tiempos improductivos en las líneas de envasado de pinturas de uso arquitectónico en la empresa C.A Venezolana de Pinturas?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1. Objetivo General

- Presentar propuestas de mejora para la reducción de tiempos improductivos en las líneas de envasado de pinturas para usos arquitectónicos aplicando el enfoque metodológico Seis Sigma.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual sobre los principales causales de demora asociados al proceso de envasado de productos de uso arquitectónico.
- Identificar las causas que originan los tiempos improductivos en el proceso de envasado de la planta de pinturas de uso arquitectónico.
- Diseñar un plan de acción para reducir los tiempos improductivos de mayor impacto en las líneas de envasado de productos de uso arquitectónico.

## 1.4. Justificación de la Investigación

La presente investigación pretende profundizar sobre la efectividad y la relevancia que tiene la aplicación de la filosofía Seis Sigma para la reducción de tiempos improductivos en las líneas de envasado de pinturas de uso arquitectónico, siendo el *por qué* se realiza la investigación. Muchas de las organizaciones tanto a nivel nacional como internacional ignoran en cierta medida las bondades que representa la estadística como solución pertinente a los problemas inherentes de cada una de las organizaciones. En tiempos modernos prepondera la necesidad de buscar unos mecanismos que permitan sostener la



---

mejora continua, para un óptimo desempeño de los procesos, aunque la estadística es muy diversa, con un buen uso puede converger en busca de resultados, que influyan de manera significativa en toma de decisiones, tal como se había mencionado anteriormente.

Por su parte, el *para qué* de la investigación reseña la falta de uso de herramientas estadísticas dentro de la organización, para el control de ciertas variables que son “palpables” por el consumidor final, lo que sugiere que cada una de estas variables se mantiene en un escaño distinto de importancia, pero que a su vez representa un todo al momento de competir en el mercado. La falta de documentación antes, durante y después del proceso con datos que puedan ser analizables, genera una brecha entre los resultados esperados y los resultados obtenidos, por lo que se genera una coyuntura que vulnera las expectativas de los clientes potenciales a consumir el producto. En gran parte, la presente investigación pretende realizar un diagnóstico riguroso que permita detectar las oportunidades de mejora de todas las líneas de envasado de pinturas emulsionadas y de esmalte de la empresa haciendo énfasis en las que generen mayores inconvenientes con la finalidad de mejorar el proceso, cabe destacar que hay líneas que generan mayor retrasos que otras debido a que no todas las líneas presentan características similares de ubicación, diseño y funcionalidad, no obstante, logrando el manejo eficiente de los recursos, mejorando los métodos de trabajo y usando eficazmente la información, se podrá reducir sistemáticamente la variabilidad del proceso actual.

Otro aspecto que justifica la presente investigación es el hecho de que la filosofía Seis Sigma, permite identificar la raíz de cada uno de los problemas que afectan directamente al envasado de pinturas. El haber seleccionado la aplicación de la metodología Seis Sigma, para el logro de los objetivos de la presente investigación, se debió principalmente a que se usa un sistema estadístico apoyado en una metodología de gestión. La aplicación de la filosofía Seis Sigma se encuentra apoyada en tres pilares fundamentales que serían satisfacer tanto al cliente interno como externo, reducir los tiempos improductivos y reducir las fallas



que ocasionan los problemas. Por su parte, es de suma importancia acotar que además de todas las bondades que trae consigo la aplicación de la filosofía Seis Sigma, actualmente la empresa en estudio, han surgido diversos proyectos Seis Sigma en diversos departamentos, lo que sirve como una valiosa referencia para el presente trabajo especial de grado, y además facilita el apoyo bibliográfico para el desarrollo de la investigación en curso.

Resulta oportuno destacar otro aspecto fundamental que contempla la investigación es que el buen uso de herramientas estadísticas permite tener un concepción más amplia de ciertas repercusiones positivas, acerca del control del proceso, además de realizar el análisis de los datos también se puede sobrellevar a cierto nivel que permita lograr predicciones, identificar tendencias, verificar confiabilidad de los datos entre otras muchas otras cosas. Al identificar y tratar de eliminar causas asignables asociadas al proceso, se permite contribuir con un aspecto muy solicitado en las organizaciones que sería la reducción de costos a partir de la reducción de desperdicios, y por ende el aumento de la productividad, por lo que sí se logra en gran parte estas medidas, también se puede mejorar el desempeño financiero de la organización. Es necesario destacar que en la organización es un requerimiento proveer un lenguaje sencillo a la hora de hacer mención al procesamiento y análisis de datos.

Por otro lado el estudio a realizar, tiene un trasfondo más que académico y es que la relevancia científica de la presente investigación permite otorgar una visión más amplia acerca el procesamiento de los datos, con el firme objetivo de interpretar la fiabilidad de los datos con la finalidad de mejorar el proceso de toma de decisiones gracias al manejo de información confiable.

Por su parte, la relevancia universitaria de la presente investigación es que dicho trabajo especial de grado, puede ser una referencia para diferentes investigadores de pregrado o postgrado, que busquen lograr ampliar su visión y conocimientos, acerca de la aplicación de la filosofía Seis Sigma.



---

## 1.5. Alcance y Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se realizará en la empresa C.A Venezolana de Pinturas, ubicada en la antigua carretera Los Guayos, Zona Industrial I, en el municipio Los Guayos del estado Carabobo, Venezuela. En la empresa se encuentra varios centros de trabajo, ubicados en distintos sitios de empresa y con líneas de productos totalmente diferentes. Para efectos de la presente investigación, se estudiará uno de los centros de trabajo más extensos de la planta, específicamente las diferentes líneas de envasado de pinturas de uso arquitectónico, tanto de emulsiones como de esmalte. Dicha área de trabajo dispone de nueve líneas de envasado fijas y una que es habilitada cuando sea requerida; dependiendo del período del año y el tamaño de lote a producir pueden o no estar completamente operativas, es decir, que en ciertas jornadas laborales no todas las líneas se encuentran trabajando. A solicitud de la empresa, se requiere realizar un estudio a cuatro de las líneas con productos de diferentes presentaciones, con la finalidad de proponer mejoras en los métodos de trabajo aplicando el enfoque metodológico Seis Sigma.



---

## CAPÍTULO II

### MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1. Generalidades

##### 2.1.1. Reseña de la empresa

La Organización C.A Venezolana de Pinturas tiene más de 50 años de trayectoria en el mercado venezolano, que tuvo sus inicios en el año de 1953 cuando el señor Lope Mendoza Goiticoa funda Sherwin Williams Venezolana, hoy Venezolana de Pinturas. En la planta se producen una gran cantidad de pinturas, acabados y revestimientos de la más alta calidad para cubrir las necesidades del mercado. En la empresa se producen las mejores opciones para el hogar y la decoración, así como también se producen pinturas dirigidas al sector industrial, sector de autopartes, reacabado automotriz y pintura en polvo.

##### 2.1.2. Visión

Ser una empresa líder en el mercado venezolano y la mejor opción en recubrimiento donde actuemos por medio del uso de normas y estándares de calidad en armonía con el medioambiente y trabajo seguro con un personal adiestrado en base a los requerimientos actuales y altamente calificado orientado hacia la excelencia y la satisfacción de sus clientes.

##### 2.1.3. Misión

Satisfacer a nuestros consumidores, suministrándoles soluciones integrales, innovadora y de calidad, para la protección y decoración de superficies, buscando la plena satisfacción de sus expectativas, el bienestar y el crecimiento de nuestros trabajadores, la atención de los intereses de los accionistas y contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad.



#### **2.1.4. Objetivos**

C.A., Venezolana de Pinturas tiene como objetivo fabricar recubrimiento de altísima calidad para la comunidad e industria, contando con un Recurso Humano especializado y de alto rendimiento en función de las necesidades del mercado con un alto grado en control de calidad.

### **2.2. Políticas de la Empresa**

#### **2.2.1. Política integrada con la visión, misión y valores.**

El cumplimiento de esta política garantiza la permanencia y el éxito de nuestra organización en el tiempo y contribuye a preservar nuestra imagen de calidad y ética establecida en el mercado venezolano de pinturas y revestimientos.

La política de calidad y ambiental es conocida por todos los niveles de la organización y se ha divulgado a través de charlas y también durante el proceso de inducción.

A continuación se presenta la interpretación de los requisitos de estos lineamientos.

#### **2.2.2. Políticas de Calidad**

Para C.A. Venezolana de Pinturas la búsqueda permanente de mayores niveles de satisfacción de las necesidades de los clientes, consumidores y demás sectores internos y externos vinculados a la empresa, es la forma de evaluar la eficacia, lo cual asegura mejoras en cuanto a la calidad e innovación de los procesos relacionados.

#### **2.2.3. Política del cumplimiento con los requisitos establecidos**

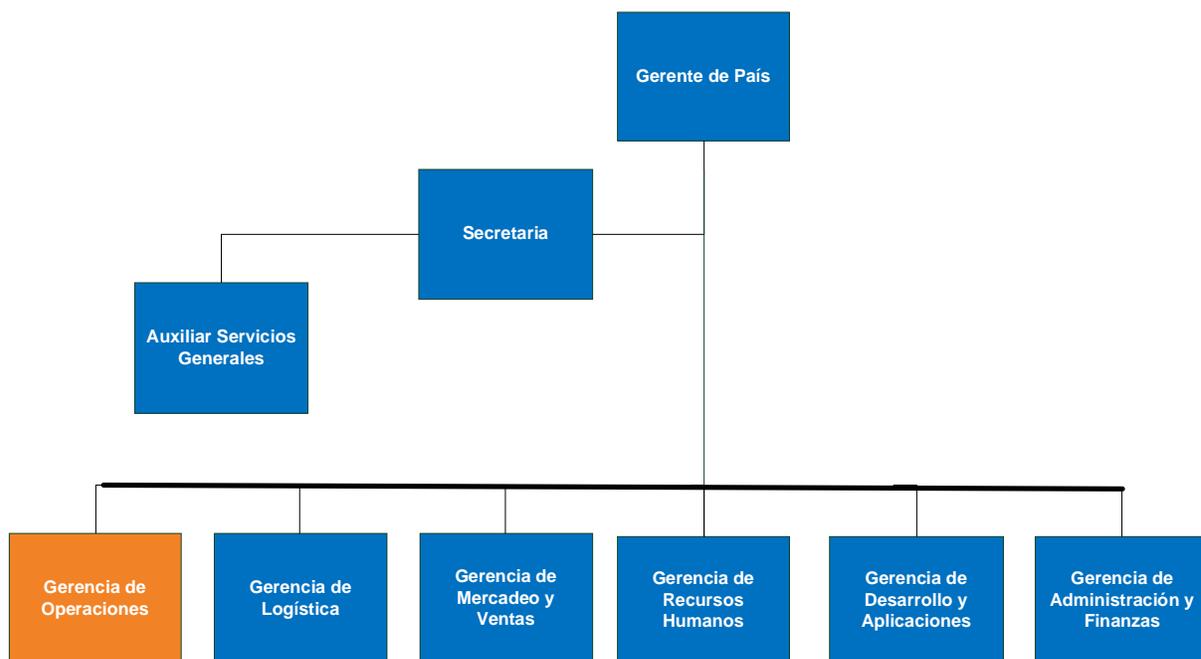
Para C.A. Venezolana de Pinturas la entrada principal de procesos son los requisitos de nuestros clientes, consumidores, trabajadores, accionistas y otras partes interesadas, que al ser analizadas son transformadas en productos,

aspectos ambientales y de seguridad y salud ocupacional que se traducen en niveles de satisfacción acordes con las expectativas de estas partes interesadas.

#### 2.2.4. Política Ambiental

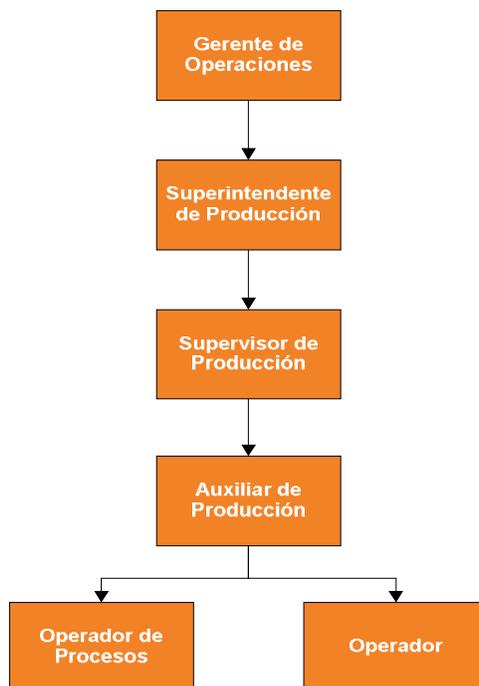
Para C.A. Venezolana de Pinturas el desarrollo sostenible hace referencia a un concepto de crecimiento más amplio que el tradicional el cual implica tener en cuenta no solo los resultados económicos sino también los resultados medio-ambientales.

**Figura 1.** Organigrama de C.A Venezolana de Pinturas



**Fuente:** C.A Venezolana de Pinturas

**Figura 2.** Organigrama del dpto. de Producción



**Fuente:** C.A Venezolana de Pinturas

### 2.3. Antecedentes de la Investigación

De acuerdo con la revisión de investigaciones desarrolladas a nivel regional que van a servir como referencia bibliográfica para la presente investigación que siguen una línea de investigación similar al objeto de estudio, se obtienen distintos aportes que van a ser contributivos para el desarrollo de la investigación. Bajo el presente contexto se tienen las siguientes contribuciones:

Canelón(2010) destaca que su investigación surgió con la intención de dar un aporte a la optimización de los controles de producción en las empresas de Alimentos del estado Carabobo. El objetivo principal fue diseñar una propuesta de un modelo de gestión basado en el control Estadístico de Procesos para medir su impacto en la toma de decisiones en las plantas procesadoras de alimentos, que mantienen un amplia trayectoria y son líderes en el mercado. Por su parte, la investigación estuvo enfocada bajo una óptica gerencial al generar propuestas



para la solución problemas, partiendo de modelos acerca de operaciones, mantenimiento e inventarios, con la ayuda de las empresas ya mencionadas anteriormente. Es importante destacar que el presente trabajo especial de grado, mantiene una línea de investigación similar con la presente investigación debido a que se apoya en entrevistas a expertos relacionados con el tema, dentro de cada una de las compañías a investigar y además resalta la importancia del control estadístico para aprovechar las oportunidades de mejora en las metodologías de toma de decisiones, no obstante se resalta la posibilidad de que se generen la selección de alternativas erróneas debido a poco conocimiento acerca del tema y falta de información sustentada. El trabajo especial de grado tuvo como objetivo generar una metodología con sustento estadístico para la toma de decisiones y formar al personal para generar mayor valor agregado en la gestión gerencial. El trabajo especial de grado sugiere la aplicación de distintas herramientas como Capacidad del proceso, Diagramas de Control, Diagramas Causa-Efecto, Histogramas, Diagramas de Pareto, Anova (Análisis de Varianza), Análisis de correlación para estimar tendencias entre variables y un enfoque de gestión de Seis Sigma. La recolección de datos se hizo mediante la aplicación de encuestas y un respectivo análisis usando histogramas de frecuencia.

En la siguiente investigación Arévalo (2009), evaluó el proceso de ensamble de camiones en la empresa Chrysler de Venezuela, L.L.C específicamente en la línea de Chasis Mercedes Benz, con el propósito de mejorar el proceso de producción de las unidades, mediante la utilización de la metodología Seis Sigma aplicando cada una de sus fases. En la parte que describe el marco teórico, que es de sustento a la investigación, se evidencia la descripción de la metodología, y las herramientas que la acompañan. La investigación fue aplicada como trabajo de campo y por su parte el tipo de investigación fue de carácter investigativo. En la primera fase, se identificaron los procesos claves, siendo dos de las estaciones las de mayor cantidad de ítems de seguridad. En la segunda fase, se definió la variable dependiente de Paradas No Planificadas, justificándose con un diagrama de relaciones, posteriormente, se determino el nivel Sigma del proceso, se mostró la información de los datos de las



paradas contabilizadas y las paradas no contabilizadas, luego se presentaron las mediciones tabuladas del ensayo de los Torquímetros de dado 13 mm, 16 mm y 18mm. En la tercera fase, se analizaron las causas raíces de las cinco paradas más frecuentes del proceso con el apoyo de la Herramienta del Diagrama Causa-Efecto y el diagrama de Pareto en conjunto. Por su parte, se analizó el sistema de medición con la ayuda de un software estadístico, y finalmente en la cuarta fase se propusieron contramedidas para las causas raíces de las paradas, teniendo como soporte el uso del formato de seguimiento de contramedidas hasta la parte de propuesta de las mismas, adicionalmente, se planteaba calibrar el torquímetro de dado 13mm, añadir en éste el dado de 16mm y adquirir un torquímetro para las mediciones del dado de 18mm. Por otro lado, aunque el presente trabajo especial de grado se enfoca principalmente en otro proceso que no tiene relación alguna con la fase de envasado ó empaquetado del producto fina, se relaciona con la presente línea de investigación ya que identifica las causas raíces que originan las paradas no planificadas, y genera soluciones factibles para solucionar el problema. Además, cumple a cabalidad las etapas para desarrollar un proyecto utilizando la filosofía Seis Sigma.

En la investigación desarrollada por Rodríguez (2007), destaca la implementación de la metodología Seis Sigma, como una herramienta de calidad de clase mundial que fue aplicada en años anteriores, por la Motorola. Es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, que implica tanto un sistema estadístico como una filosofía de gestión, la cual se basa en el manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón de oportunidades de cometerlo. Por tal motivo, la investigación tiene como objetivo ofrecer una solución a una problemática que se presenta en la empresa y que se manifiesta directamente por el descontento que expresa la gerencia de ventas de productos industriales (cliente interno), debido a los altos tiempos de entrega en los productos de la línea F73. El propósito de la investigación fue formular una propuesta para la reducción del promedio y la variabilidad en el tiempo de proceso de esmaltes horneables (línea F73), aplicando la metodología



Seis Sigma. Para el desarrollo del proyecto, se siguen las tres primeras fases de las cuatro que conforman la metodología Seis Sigma *MAIC* (Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), además la recolección de datos se empleó entrevistas directas al personal , revisión de registros históricos , mapa de proceso , matriz AMEF y diagrama de Ishikawa . La semejanza de la presente investigación con el trabajo especial de grado, es que se sigue una metodología cuantitativa en la cual se hace uso de distintas herramientas estadísticas y de calidad, que buscan la solución al problema. La importancia de la investigación, radica en ofrecer un plan de acción que permita reducir los tiempos de proceso, reducir costos, disminuir los plazos de entrega de los productos, satisfacer a los clientes, aumentar el conocimiento e información del proceso y mejorar la imagen de la empresa.

## **2.4. Bases Teórica**

### **2.4.1. Calidad**

De acuerdo con Juran (1998), la calidad es el comportamiento del producto que produce satisfacción en el cliente, por su parte también indica la ausencia de deficiencias en el producto, que evita la insatisfacción del cliente. (Una expresión abreviada que combina ambos significados es las de << adecuación al uso>>.) Por otro lado, Deming (1989) asegura que la calidad es "un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo coste, adecuando a las necesidades del mercado", logrando un producto de calidad se logran muchos resultados y entre ellos destaca el aumento de la productividad. Por su parte, la Norma ISO 9000:2005, señala que la calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. Por otro lado, asevera Ruiz (2001), que la calidad es una filosofía que compromete a toda la organización con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes y de mejorar continuamente. Esto la convierte en un elemento estratégico que confiere una ventaja diferenciadora y perdurable en el tiempo a aquellos que tratan de alcanzarla. Para la empresa C.A



---

*Venezolana de Pinturas*, producir productos de calidad es primordial, para lograr satisfacer las necesidades del consumidor.

#### **2.4.2. Control Estadístico de la Calidad**

Walpoleet *al* (2007), indican que la noción del uso de las técnicas de muestreo y de análisis estadístico en un escenario de producción remonta sus inicios en la década de 1920. El objetivo de este concepto altamente exitoso es la reducción sistemática de la variabilidad y el aislamiento asociado de las fuentes de dificultades durante la producción. En 1924 Walter Shewart de la empresa Bell Telephone Laboratories desarrolló el concepto de una gráfica o carta de control. Sin embargo, no fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial que se generalizó el uso de gráficas o cartas de control. Esto se debió a la importancia de mantener la calidad en los procesos de producción durante ese periodo. En las décadas de 1950 y 1960 el desarrollo de control de calidad y el área general de seguridad de la calidad crecieron de manera rápida, en particular con el surgimiento del programa espacial en los Estados Unidos. En Japón hubo un amplio y exitoso uso del control de calidad gracias a los esfuerzos de W. Edwards Deming, quien trabajó como consultor en Japón después de la Segunda Guerra Mundial. El control de calidad ha sido, y es, un elemento importante en el desarrollo de la industria y de la economía nipona. El control de calidad recibe una creciente atención como herramienta de administración en la que importantes características de un producto se observan, evalúan y comparan con algún estándar.

Los diversos procedimientos en el control de calidad implican un uso considerable de los procedimientos de muestreo y principios estadísticos. Los usuarios principales del control de calidad son, por supuesto, las organizaciones industriales. Resulta claro que un programa eficaz de control de calidad aumenta tanto la calidad del artículo que se produce como las utilidades. Esto es particularmente cierto en la actualidad, ya que los productos se producen en volúmenes altos. Antes del movimiento hacia los métodos de control, la calidad a



menudo sufría a causa de la falta de eficiencia que, por supuesto, incrementa los costos.

### **2.4.3. Control de Procesos**

Según Juran (1998), es la evaluación sistemática del comportamiento de un proceso y la ejecución de las acciones correctoras si el comportamiento no está de acuerdo con el estándar; la aplicación de la retroalimentación para mantener la estabilidad de un proceso.

### **2.4.4. Causas Comunes y especiales de Variación**

Gutiérrez y De la Vara (2009), señalan que los procesos tienen variación, ya que intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M: materiales, maquinarias, medición, mano de obra (gente), métodos y medio ambiente. Bajo condiciones normales o comunes de trabajo, todas las M aportan variación a las variables de salida del proceso, en forma natural o inherente, pero además aportan variaciones especiales o fuera de lo común, ya que a través del tiempo las 6M son susceptibles de cambios, desajustes, errores, descuidos, fallas, etc. Así hay dos tipos de variabilidad, la que se debe a causas comunes y la que corresponde a causas especiales o atribuibles, Resulta fundamental distinguir de forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas a cada caso. Para la organización, *C.A Venezolana de Pinturas*, existen numerosas causas de variabilidad por lo que es determinante referenciar las más comunes para los diversos procesos de manufactura.

La variabilidad por causas comunes (o por azar) es aquella permanece de manera constante; y es aportada de forma natural por las condiciones de las 6M. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes causas que son difíciles de identificar y eliminar, ya que son inherente al sistema y la contribución



individual de casa causa es pequeña; no obstante, a largo plazo, representa la mayor oportunidad de mejora.

La variabilidad por causas especiales (o atribuibles) es causada por circunstancias especiales que no están de manera permanente en el proceso. Por ejemplo, la falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza de una máquina, el empleo de materiales no habituales o el descuido no frecuente de un operario. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello.

#### **2.4.5. Herramientas del Control de los Procesos**

Según Montgomery y Runger (2003), existen siete herramientas básicas que han sido adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en distintos contextos de una organización, como lo son: la hoja de verificación, histograma, diagrama de Pareto, diagrama de causa- efecto, diagrama de defecto – concentración, diagrama de dispersión, diagrama de control. La experiencia de los especialistas en la aplicación de estos instrumentos o herramientas estadísticas señala que bien aplicadas y utilizando un método estandarizado de solución de problemas pueden ser capaces de resolver hasta el 95% de los problemas. En *C.A Venezolana de Pinturas*, varias herramientas son utilizadas, más sin embargo, la aplicación de todas las herramientas, podrá dar una visión más amplia sobre la causa y control de los problemas existentes.

#### **2.4.6. Hojas de registro**

De acuerdo con Kume (1985), las hojas de registro es un formato pre impreso en el cual aparecen los ítems que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente. Sus objetivos son los siguientes: facilitar la recolección de datos y organizar automáticamente los datos de manera



que puedan usarse con facilidad más adelante. La recolección de datos y el registro de los mismos pueden parecer fáciles pero en realidad son difíciles. Generalmente, mientras más personas procesen los datos, mayor es la probabilidad de que se presenten errores de transcripción. Por lo tanto, la hoja de registro, en la cual los datos pueden registrarse por medio de cruces o símbolos sencillos y en la cual los datos se organizan automáticamente sin necesidad de más copias a mano, se convierte en una herramienta poderosa para el registro de los datos.

#### **2.4.7. Diagramas de Pareto**

Según Kume (1985), los problemas de calidad, se generan como pérdidas. Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problema con eficiencia. En 1897, el economista italiano V. Pareto presentó una fórmula que mostraba que la distribución del ingreso es desigual. En 1907, el economista norteamericano M.C. Lorenz expresó una teoría similar por medios de diagramas. Estos dos estudiosos indicaron que una proporción muy grande del ingreso está en mano de muy pocas personas. Mientras tanto, en otro campo, el Dr. J.M. Juran aplicó el método del diagrama de Lorenz como fórmula para clasificar los problemas de calidad en los pocos vitales y los muchos triviales, y llamó este método Análisis de Pareto. Señaló que en muchos casos, la mayoría de los defectos y de sus costos se deben a una pequeña cantidad de causas.



#### **2.4.8. Diagramas de Causa –Efecto**

Kume (1985), señala que el resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar una causa-efecto de esos factores. Se puede determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente. Es difícil solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto en forma sencilla y fácil es un diagrama de causa-efecto. El diagrama se incluyó en la terminología del JIS (Estándares Industriales Japoneses) del Control de Calidad y se definió de la siguiente manera: “Diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores” (p.40). En tiempos modernos, el diagrama no solo se usa para observar las características de calidad de los productos sino también en otros campos, en que se pueda aplicar.

#### **2.4.9. Estratificación**

Kume (1985), dice que cuando los valores observados se dividen en dos o más subpoblaciones según la condición que existía en el momento de recoger datos los datos, esas subpoblaciones se llaman estratos, y la división de los datos en estratos se llama estratificación. Los valores observados siempre van acompañados de alguna variación. Por lo tanto, cuando los datos se estratifican según los factores que se cree que puedan causar variación, las causas de las variaciones se hacen más fácilmente detectables. Este método puede usarse efectivamente para mejorar la calidad del producto al reducir la variación y mejorar el promedio del producto. Generalmente, la estratificación se hace según los materiales, las máquinas, las condiciones de operación y los trabajadores.

#### **2.4.10. Gráficas o Cartas de Control**

Feigenbaum (1986), indica que se puede definir a la gráfica de control como, “un método grafico para evaluar si un proceso está o no en un estado de



control estadístico” (p.431). En sus formas más usuales, la gráfica de control es una comparación cronológica (hora a hora, día a día) de las características que en realidad tiene el producto, parte u otra unidad, con límites que reflejan la capacidad de producir, de acuerdo con la experiencia de las características de la calidad de la unidad. El proceso de las gráficas de control es el elemento que pone de manifiesto, de acuerdo con los hechos, el concepto del obrero de la separación de las variaciones de los elementos, en “normales” y “anormales”. Establece la comparación de la variación de las piezas en su fabricación actual, con los límites de control que se hayan establecidos para esas piezas. Cuando hayan sido calculados estos límites y se consideran aceptables para implantarse en la fabricación, las gráficas de control de control comienzan a desarrollar su misión principal auxiliando en el control de la calidad de la materia prima, de lotes, de producción, de los elementos aislados o de los ensambles durante su fabricación actual.

De acuerdo con Montgomery (1985), los diagramas de control tienen sus razones para ser usadas:

- *Los Diagramas de control son una técnica probada para aumentar la productividad:* la aplicación del diagrama de control reduce de forma significativa el rechazo y la necesidad de retrabajo en el producto, los cuales son los principales “asesinos” de la productividad en cualquier organización.
- *Son eficaces para evitar defectos:* el diagrama de control ayuda a mantener al proceso bajo control, lo que es consistente con la filosofía “hacerlo bien desde el primer momento”. Nunca será más económico sacar las unidades buenas de las malas, que construir las todas bien desde el primer momento.
- *Evitan ajustes innecesarios en el proceso:* diagrama de control puede diferenciar entre un ruido de fondo y una variación anormal. Nadie es tan eficaz, ni siquiera el ser humano, para hacer esta distinción. Va en congruencia con la filosofía “si no está roto, no lo repares”.



- *Proporcionan información para el análisis:* los puntos de control que arroja una gráfica de control dan una información diagnóstica para un ingeniero u operador con experiencia. Esto permite que el personal pueda cambiar su proceso y mejorar su rendimiento.
- *Proporcionan información acerca la capacidad del proceso:* Proporciona información sobre el valor de los parámetros importantes del proceso y de la estabilidad de éstos con el tiempo. Lo anterior permite determinar la capacidad del proceso.

#### **2.4.11. Diagramas de flujo de proceso**

Gutiérrez y De la Vara (2009), manifiestan que es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transportes, inspecciones, esperas, almacenamiento y actividades de reproceso. Por medio de este diagrama se puede visualizar en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades, también es usado para analizar y mejorar el proceso. Por su parte, Harrington (1993) lo define como “un método para describir gráficamente un proceso existente o uno nuevo propuesto mediante la utilización de símbolos, líneas y palabras simples, demostrando las actividades y su secuencia en el proceso” (p. 96).

#### **2.4.12. Mapeo de procesos**

Gutiérrez y De la Vara (2009), exponen que es frecuente que en los diagramas de flujo que son elaborados en la etapa de diseño y documentación de cierto proceso, se pierdan detalles y actividades que realmente están ocurriendo en el proceso. Por ello, la idea del mapeo es hacer un diagrama de flujo más apegado a la realidad, en donde se especifiquen las actividades que efectivamente se realizan en el proceso. También, el proceso puede ir de un nivel alto hasta uno micro. En el primer caso no se entra a detalle y de lo que se trata es



de tener una visión macro del proceso, que muchas veces es útil para delimitarlo e iniciar el análisis del mismo.

#### **2.4.13. AMEF (Análisis de modo y efecto de las fallas)**

Gutiérrez y De la Vara (2009), indican que la metodología del análisis de modo y efecto de fallas permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las fallas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas.

Aplicar AMEF a procesos y productos se ha vuelto una actividad casi obligada en muchas empresas. Si un producto o un proceso se ven como un edificio, al aplicar un AMEF es como revisar sus cimientos y estructura para asegurar de que ambas sean confiables y disminuir la probabilidad de que fallen. El AMEF originalmente se orientó a detectar fallas durante el diseño o rediseño del producto, así como fallas en el proceso de producción, una falla en diseño (producto) o en el proceso repercute finalmente en el cliente, ya sea interno o externo. Por ello, en los últimos años se amplió el campo de aplicación del AMEF, a aspectos como los siguientes:

- Las fallas y obstáculos impiden que la instalación de un equipo sea fácil y rápida.
- Los modos de falla potenciales que obstaculizan que el mantenimiento y/o servicio a un equipo sea fácil y rápido.
- La facilidad de utilización de un equipo.
- Seguridad y riesgos ambientales.



#### 2.4.14. Actividades para realizar un AMEF (Proceso)

- Formar el equipo que realizará el AMEF y delimitar al producto o proceso que se le aplicará.
- Identificar y examinar todas las formas posibles en que puedan ocurrir fallas de un producto o proceso.
- Para cada falla, identificar su efecto y estimar la severidad del mismo.

Para cada falla potencial:

- Encontrar las causas potenciales de la falla y estimar la frecuencia de ocurrencia de falla debido a cada causa.
- Hacer una lista de controles o mecanismos que existen para detectar la ocurrencia de la falla, antes de que el producto salga hacia procesos posteriores o antes de que salga del área de manufactura o ensamble. Además, estimar la probabilidad de que los controles hagan la detección de la falla.
- Calcular el número prioritario de riesgo (NPR), que resulta de multiplicar la severidad por la ocurrencia por la detección.
- Establecer prioridades de acuerdo con el (NPR), y para los NPR más altos decidir acciones para disminuir severidad y/u ocurrencia, o en el peor de los casos mejorar la detección.
- Revisa y establecer los resultados obtenidos, lo cual incluye precisar las acciones tomadas y volver a calcular el NPR.

#### 2.4.15. Antecedentes y Características Seis Sigma

De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2009), la letra griega sigma es la que usa para denotar la desviación estándar poblacional (proceso), la cual proporciona una forma de cuantificar la variación que tiene una variable de dicha población o proceso. El nivel sigma que tiene un proceso es una forma de describir qué tan bien la variación de proceso cumple las especificaciones o requerimientos



del cliente. En este sentido, la meta ideal es que el proceso tenga un nivel de calidad de Seis Sigma. Por otra parte, Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos, retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia  $6\sigma$  se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción al cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

La meta de  $6\sigma$ , que le da, el nombre es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de la organización, en el que se desarrollan proyectos  $6\sigma$  a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones.

En 1987, Seis Sigma fue introducida por primera vez en Motorola por un equipo de directivos, encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía, con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos. Desde entonces  $6\sigma$  ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías. Además de Motorola, dos organizaciones que se contribuyeron a consolidar la estrategia Seis Sigma y sus herramientas son AlliedSignal, que inició su programa en 1994, y General Electric (GE), que inició en 1995. Un factor decisivo de su éxito fue que sus presidentes, Larry Bossidy y Jack Welch, respectivamente, encabezaron de manera entusiasta y firme el programa en sus organizaciones. En Latinoamérica, la empresa Mabe es una de las organizaciones que logrado conformar uno de los programas de Seis Sigma más exitosos. Los resultados logrados por Motorola, AlliedSignal y GE gracias a Seis Sigma se muestran a continuación.



- Motorola logró aproximadamente 1000 millones de dólares en ahorros durante tres años, y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1998.
- AlliedSignal ahorró más de 2000 millones de dólares entre 1994 y 1999.
- GE alcanzó más de 2570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999)

#### 2.4.16. Características (Principios de Seis Sigma)

- *Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.* Seis Sigma es ante todo un programa gerencial que implica un cambio en la forma de operar y tomar decisiones. Por ello, la estrategia debe ser comprendida y apoyada desde los niveles altos de la dirección de la organización, empezando por el máximo líder de la organización.
- *Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye gente de tiempo completo.* La forma de manifestar el compromiso por Seis Sigma es creando una estructura directiva que integre los líderes del negocio, líderes de proyectos, expertos y facilitadores. Donde cada uno tiene roles y responsabilidades específicas para lograr proyectos de mejora exitosos. Los roles, tomados de las artes marciales, que usualmente se reconocen dentro de los programas  $6\sigma$  son: *líder ejecutivo*, *champions* (campeones o patrocinadores), *master blackbelt* (maestro cinta negra o asesor senior), *blackbelt* (cinta negra), *greenbelt* (cinta verde), *yellowbelt* (cinta amarilla).
- *Entrenamiento.* Los diferentes actores de un programa  $6\sigma$ , deben tomar un entrenamiento amplio, que en general se conoce como el currículo de un *Black Belt*. La duración del entrenamiento es de entre 120 y 160 horas. Es frecuente organizar este entrenamiento en cuatro o cinco semanas, no consecutivas, de capacitación intensiva, relacionadas con las cinco fases del proceso DMAMC.
- *Acreditación.* Ser *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt* o *Campeón* debe implicar un esfuerzo, recibir entrenamiento y garantizar que se tienen conocimientos y experiencia que exige la distinción. Cabe señalar que, en



términos generales, para lograr la acreditación como alguno de los actores de Seis Sigma, *Black Belt* por ejemplo, no hay un proceso único y estandarizado.

- *Orientado al cliente y con enfoque a los procesos.* Otras características clave de Seis Sigma es buscar que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad de Seis Sigma. También, es preciso establecer prioridades y trabajar para desarrollar nuevos conceptos, procesos, productos y servicios que atiendan y excedan las expectativas del cliente.
- *Seis Sigma se dirige con datos.* Los Datos y el pensamiento estadístico orientan los esfuerzos en la estrategia  $6\sigma$ , ya que los datos son necesarios para identificar las variables críticas de la calidad y los procesos o áreas para ser mejorados. Las mejoras en la calidad no pueden ser implementadas al azar, por el contrario, el apoyo a los proyectos se asigna cuando a través de los datos es posible demostrar que, con la ejecución del proyecto, la diferencia será percibida y sentida por el cliente.
- *Seis Sigma se apoya en una metodología robusta.* Los datos por sí solos no resuelven los problemas del cliente y del negocio, por ello es necesaria una metodología. En  $6\sigma$  los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (En inglés DMAIC: Define, Measure, Analyse, Improve and Control).
- *Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos.* El programa Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos sobre la metodología DMAMC y sus herramientas relacionadas. Por lo general, la capacitación se da sobre la base de un proyecto que se desarrolla de manera paralela al entrenamiento, lo cual proporciona un soporte práctico.
- *Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas.* Un aspecto que caracteriza a los programas Seis Sigma exitosos es que los proyectos DMAMC realmente logran ahorros y/o incremento en las ventas. Esto implica varias cosas: se seleccionan proyectos claves que realidad atienden



---

sus verdaderas causas, se generan soluciones de fondo y duraderas, y se tiene un buen sistema para evaluar los logros de los proyectos.

- *El trabajo por Seis Sigma se reconoce.* Seis Sigma se sostiene a lo largo del tiempo reforzando y reconociendo a los líderes que se apoyan en el programa, así como a los equipos que logran proyectos DMAMC exitosos.
- *Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años, por lo que no desplaza estratégicas, por el contrario, se integra y las refuerza.* Cuando se inicia  $6\sigma$  se debe cuestionar qué va a pasar con las estrategias que se venían trabajando. La respuesta es que la iniciativa  $6\sigma$  debe integrarse al resto de las iniciativas estratégicas vigentes en la organización.
- *Seis Sigma se comunica.* Los programas  $6\sigma$  se fundamentan en un programa intenso de comunicación que genera comprensión, apoyo y compromiso, tanto en el interior de la organización como en el exterior. Esto permitirá afianzar esta nueva filosofía en toda la organización, partiendo de explicar qué es Seis Sigma y por qué es necesario trabajar por ella.

#### **2.4.17. Las etapas de un proyecto Seis Sigma**

De acuerdo a los planteamientos reseñados por Gutiérrez (2005), un aspecto fundamental en el éxito de un programa Seis Sigma es la selección adecuada de proyectos y la formación del equipo que atenderá cada proyecto. Debido a que en un proyecto Seis Sigma se aborda un problema o una situación cuya solución se desconoce, y si va a ser posible encontrarla, es importante seleccionar proyectos adecuados y asignar a la gente apropiada.



**Figura 3.**Diagrama DMAMC.

#### **2.4.17.1. (D) Definir el proyecto**

En esta fase se debe tener una visión y definición clara que se pretende resolver mediante un proyecto Seis Sigma. Por ello será fundamental identificar las variables críticas para la calidad (VCC), establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que tiene sobre el cliente y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto. Todo lo anterior se hará con base en el conocimiento que el equipo tiene sobre las prioridades del negocio, las necesidades del cliente y el proceso que necesita ser mejorado.

#### **2.4.17.2. (M) Medir la situación actual**

En esta segunda etapa se verifica que sea posible medir en forma consistente las variables críticas para la calidad (VCC). Se mide su situación actual, y se establecen metas para las VCC. Es una etapa muy importante, ya que se da continuidad, se puede realizar un estudio de capacidad y de estabilidad de



---

las variables críticas para la calidad, para saber con mayor precisión la magnitud del problema actual y generar bases para encontrar la solución.

#### **2.4.17.3. (A) Analizar las causas raíz**

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Por lo tanto, en esta fase se deben desarrollar teorías que expliquen cómo es que las causas raíz generan el problema, y confirmar estas teorías con datos para tener las causas vitales que están generando el problema. Las herramientas que son de utilidad en esta fase son muy variadas, algunas de ellas son: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, diseño de experimentos, pruebas de hipótesis, diagrama de dispersión, etcétera. El riesgo de esta fase es que el equipo se conforme con identificar los síntomas del problema. El equipo debe asegurarse de que realmente encontró las causas de fondo y que además ha identificado el porqué de esas causas.

#### **2.4.17.4. (M) Mejorar las Variables de críticas para la calidad (VCC)**

Con lo que se realizó en la etapa previa se está listo para que en esta etapa se desarrollen, implementen y evalúen las soluciones que atiendan las causas raíces detectadas antes. Así la meta de esta etapa es demostrar, con datos, que las soluciones resuelven el problema y llevan a las mejores buscadas.

#### **2.4.17.5. (C) Controlar para mantener la mejora**

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema para mantener tales mejoras (controlar las X vitales) y cerrar el proyecto. En otras palabras, el objetivo de esta etapa es que el equipo Seis Sigma desarrolle un conjunto de actividades con el propósito de mantener el estado y



desempeño del proceso a un nivel que satisfaga las necesidades del cliente, y sirva de base para buscar la mejora continua. Es decir, es necesario establecer un sistema de control para: prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir; impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden; mantener el desempeño del proceso y alentar la mejora continua.

#### **2.4.18. Capacidad de Proceso**

Ruíz (s.f), describe que la capacidad de un proceso de fabricación se suele interpretar como su aptitud para producir artículos de acuerdo con las especificaciones. También se suele interpretar como la aptitud del proceso o de una sola máquina para cumplir los límites de tolerancia. En este tema se introducen algunas medidas de la capacidad de un proceso. El análisis de la capacidad de un proceso debería realizarse cuando dicho proceso esté bajo control. Dicho análisis se suele iniciar cuando se necesita estudiar un nuevo proceso, cuando se ha modificado alguna de las partes esenciales del proceso, cuando se han emplazado una o más máquinas en otro lugar, cuando ha habido un reajuste en el funcionamiento de las máquinas, cuando los gráficos de control muestran cierta inestabilidad, etc.

El análisis estadístico de la capacidad del proceso suele comenzar con un estudio de este para realizar estimaciones de los parámetros fundamentales que definen su funcionamiento; especialmente, de los parámetros que determinan su variabilidad. Este último aspecto es esencial, puesto que se puede considerar como un indicador de la uniformidad en el rendimiento. Se suelen analizar dos tipos de variabilidad: La variabilidad instantánea, en un instante dado  $t$ ; que determina la capacidad del proceso a corto plazo. La variabilidad en el transcurso del tiempo, que determina la capacidad del proceso a largo plazo. El análisis de la capacidad del proceso a través de su variabilidad requiere el conocimiento o la estimación de la distribución de la característica estudiada, o bien la estimación de los parámetros que definen dicha variabilidad. Los gráficos de control estudiados



en el tema anterior proporcionan una herramienta útil para el análisis de la capacidad del proceso; en particular, como estimación de la capacidad del proceso se considera el porcentaje de variabilidad que queda dentro de los límites de control del diagrama. Por ejemplo, con una herramienta básica como el histograma se puede obtener una primera aproximación de la distribución de la característica estudiada y realizar una primera estimación del porcentaje de la producción que verifica las especificaciones.

#### 2.4.19. Índices de Capacidad

Ruíz (s.f), manifiesta que para una variable aleatoria  $X$  que representa la característica de la calidad que se pretende controlar en el producto fabricado, la variabilidad de  $X$  determina el nivel de calidad del producto. Una primera aproximación es proporcionada por los límites de que definen una situación de control del proceso. Esta medida de la variabilidad del proceso está asociada a la consideración de un escenario gaussiano donde el intervalo  $\mu \pm 3\sigma$  incluye aproximadamente al 99,7% de los valores de la característica  $X$  considerada. Los límites de dicho intervalo definen las tolerancias naturales o intrínsecas del proceso. La interpretación de dicha medida no es directa y sería de utilidad la construcción de una medida en términos relativos. Se consideran los límites de especificación ( $LIE$  y  $LSE$ ) que definen el rango de valores de  $X$  que se han establecido como permisibles. Asimismo, el valor objetivo, definido por el valor medio poblacional  $\mu$  se supondrá centrado respecto a los límites de especificación. Se define entonces el índice de capacidad estándar del proceso como:

$$IC = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Este índice relaciona la diferencia entre los límites de especificación (establecidos) y un múltiplo de la desviación típica de la característica estudiada, que está asociado a la variabilidad del proceso y, por tanto, a las tolerancias naturales. Para  $IC = 1$  el proceso fabrica un 0,3% de artículos defectuosos (bajo normalidad). Si  $IC < 1$ ; el proceso fabrica una proporción de defectuosos superior al 0,3 %; dicha proporción aumenta según nos alejamos de la unidad. En este

caso habría que actuar sobre el proceso para incrementar su capacidad. Si  $IC > 1$ ; el proceso fabrica una proporción de defectuosos inferior al 0,3 %; dicha proporción disminuye según  $IC$  se aleja de la unidad. La frecuencia de muestreo y la fracción de muestreo dependen de los valores de este índice. Para índices inferiores a la unidad se suelen inspeccionar todas las unidades. En cambio, un incremento de este índice por encima de la unidad permite disminuir la frecuencia de muestreo y, por tanto, el número de unidades que se inspeccionan. En ocasiones, en el análisis de la capacidad del proceso interesa realizar un estudio sobre la variabilidad de una sola máquina (sin otros factores externos), investigando su capacidad en periodos cortos de tiempo frente a factores externos fijos. Se pueden considerar este u otros aspectos para el diseño de índices de capacidad. Así se tienen los siguientes índices:

- Índice de capacidad para una máquina.

$$IC_m = \frac{LSE - LIE}{8\sigma}$$

- Índice de Capacidad “Unilateral”

$$IC_k = m\hat{i}n \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

- Índice de Capacidad “Unilateral” para una máquina

$$IC_{mk} = m\hat{i}n \left\{ \frac{LSE - \mu}{4\sigma}, \frac{\mu - LIE}{4\sigma} \right\}$$

#### 2.4.20. Las Cinco Eses (5S)

Gutiérrez (2005), destaca que es una metodología que permite organizar el lugar de trabajo, mantenerlo funcional, limpio y con las condiciones estandarizadas y la disciplina necesaria para hacer un buen trabajo. El enfoque de esta metodología desarrollada en Japón es que para que haya calidad se necesita antes que todo orden, limpieza y disciplina. Con esto se puede atender los distintos problemas existentes en las oficinas, espacios de trabajo e incluso en la



vida diaria, donde es relativamente frecuente que las personas no encuentren lo que buscan exista desorden, urgencia para encontrar piezas o documentos, materiales en los lugares que no corresponde, abundancia de cosas innecesarias y espacios sucios. Obviamente, bajo estas condiciones la productividad del trabajo disminuye y los procesos se vuelven más lentos y burocráticos. Bajo este escenario es preciso aplicar la metodología de las 5s, cuyo nombre proviene de los siguiente terminología en japonés:

- Seiri(seleccionar).Seleccionar lo necesario y eliminar lo que no es.
- Seiton(orden). Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa.
- Seiso(limpiar). Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas.
- Seiketsu(estandarizar). Cómo mantener y controlar las tres primeras eses.
- Shitsuke(autodisciplina).Convertir las 4 eses en forma natural de actuar.

#### **2.4.21. SMED**

García (1998), señala que esta filosofía SMED (Un solo minuto para el cambio de utillajes) trata de eliminar el concepto de lote de fabricación reduciendo de la mayor manera posible los tiempos de preparación de máquinas y de materiales. Aunque las siglas en inglés de SMED (Single Minute of Exchange of Die), habla de reducir el tiempo de cambio a un solo minuto, en la práctica se convierte en una meta bastante ambiciosa. Hay que indicar que el proceso de cambio de serie comprende el tiempo empleado desde el momento en el que se fabricó la última pieza buena de la serie anterior, hasta la primera pieza buena de la serie entrante, para efectos de la presente investigación se utilizará como pieza buena un galón envasado de pintura. Por su parte, también se incluyen en las operaciones necesarias para el transporte y puesta a punto de los materiales y las de ajuste de la máquina.

Históricamente se dice que fue el gurú ShigeoShingo quien desarrolló la metodología. A principios de los años setenta, Toyota se encontraba en plena fase de implantación de su revolucionario modelo productivo, el concepto de fabricación Just in Time (Justo a tiempo), lleva implícitos unos cambios de serie



bastante reducidos. En la actualidad, son los propios fabricantes de maquinarias los más interesados en que sus productos precisen de un reducido tiempo de preparación, ya que suele ser uno de los mejores argumentos de ventas.

Tratar de incrementar el ritmo de trabajo y el adiestramiento de los operarios manteniendo al mismo la desorganización, no es en absoluto el camino correcto. La única solución eficaz es seguir una rigurosa metodología que analice los aspectos implicados en el cambio de serie y que, además simplifique y organice. La metodología de SMED se podría agrupar en cuatro distintas fases:

- **Análisis y fragmentación:** durante esta fase, se toma contacto con las máquinas implicadas en el cambio de serie. Se solicita también información al supervisor del taller y a los operarios que la manejan que sin lugar a duda son los que mejor conocen la máquina. Todo esto se realiza con la finalidad de fragmentar el proceso en unidades analíticas del tamaño adecuado.
- **Clasificación de las operaciones:** una vez que el proceso total se ha fragmentado, y que las unidades analíticas han sido depuradas correctamente, es posible continuar con la siguiente fase. Se tienen que definir dos tipos de operaciones:
  - **Operaciones Internas:** Son aquellas que necesariamente debe realizarse con la máquina parada.
  - **Operaciones Externas:** Son aquellas operaciones que pueden realizarse cuando la máquina este funcionando.
- **Determinación del método de trabajo:** partiendo de la definición de las operaciones internas y externas, es requerido establecer los métodos de trabajo, las responsabilidades y una lista de comprobación.
- **Implantación y seguimiento:** en esta fase se verifica el cumplimiento de los objetivos trazados, con las siguientes herramientas: hojas de evolución, incidencias y gráficos de seguimiento.



## 2.4.22. Estudio de tiempos

Burgos (2099) indica que el estudio de tiempos se define como una técnica para establecer un tiempo Estándar para realizar una tarea dada. Esta técnica se basa en la medición del contenido de trabajo del método prescrito. El tiempo estándar es función del tiempo requerido para realizar una tarea, usando un método y equipos dados, bajo condiciones de trabajo específicos, por un trabajador que posea suficiente habilidad y aptitudes específicas para ejecutar la tarea en cuestión y trabajando a un ritmo que permite que el operario haga el esfuerzo máximo sin que ello le produzca efectos perjudiciales.

El tiempo estándar se expresa por la relación:

$TE = TPS \cdot Cv + \text{Tolerancias}$ , el producto  $TPS \cdot Cv$  se conoce como Tiempo Normal, es decir, el tiempo que tarda un operario trabajando a un ritmo normal en ejecutar una tarea dada.

Donde:

TE=Tiempo Estándar

TPS=Tiempo promedio seleccionado

Cv=Calificación de velocidad

El equipo básico mínimo requerido para realizar un Estudio de Tiempo incluye:

1. Cronómetro
2. Tabla de Cronometrado
3. Formato de estudio de Tiempos
4. Calculadora

Para realizar un estudio de tiempos el analista deberá normalizar la tarea, seleccionar el operario a observar, recolectar información complementaria, fijar una posición para el analista y dividir la operación en elementos.



---

Para el cronometrado, se utilizó el método intermitente consiste en activar el cronometro al comienzo del estudio y luego, cada vez que finaliza un elemento se obtura la corona que devuelve la lectura a cero. En este caso se obtiene directamente la duración de cada elemento.



---

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo, describe los pasos necesarios para cumplir los objetivos de la investigación. Para esto inicialmente se planteó la definición de la metodología y el método de investigación, luego se explicará el procedimiento tomando en cuenta el tipo de investigación, delimitando la población y muestra del estudio.

#### **3.1. Nivel y Diseño de a Investigación**

La investigación sigue la metodología cuantitativa, ya que se maneja explícitamente información de tipo cuantitativo y los datos serán analizados de acuerdo a la naturaleza de los mismos.

La metodología empleada está basada principalmente en el planteamiento indicado como proyecto factible en tal sentido La Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998) lo define como un estudio “ que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p.7). Por su parte, las técnicas del proyecto factible implican la ubicación del problema, la planificación, el desarrollo e instrumentación de un estudio conducente a la evaluación de una situación y a la realización de un programa de actividades concretas. También este proyecto se apoya, de acuerdo a sus objetivos en la investigación descriptiva, por cuanto en ella se recoge sistemáticamente la información sobre los hechos, las situaciones y características de interés. La investigación descriptiva permite informar como es una determinada situación, señala su naturaleza y el tipo de condiciones existentes en un momento determinado. Este diseño de investigación también se apoya en la obtención de información que puede suministrar las diferentes fuentes especializadas de información, por lo que se estaría en presencia de la investigación documental y de campo.



### 3.2. Unidad de Análisis

El objeto de estudio se concentrará en las cuatro (4) líneas que mantiene la empresa para el envasado de pinturas de aceite y emulsiones, para usos arquitectónicos. Se estudiarán dos líneas de emulsiones y dos líneas de esmaltes, las de emulsiones envasan presentaciones de galón (03-E) y cuñete de pintura de 4 galones (línea 06-E), mientras que las de esmalte envasan presentaciones de cuarto de galón (línea 02-A) y galón (03-A), respectivamente. El resto de las líneas son similares a las estudiadas, de modo que las mejoras podrán ser extendidas al resto de las líneas.

### 3.3. Fuentes y Técnicas para la Recolección de Información

Para la realización de esta investigación es relevante la recolección de los datos, para así poder obtener conocimiento sobre la situación actual y las necesidades planteadas para lo cual se utilizará un conjunto de técnicas tales como la observación directa y entrevistas no estructuradas como fuentes primarias en la recolección de datos.

*Observación Directa ("In Situ"):* según Senn (1990), la observación directa corresponde a aquella técnica que otorga información de primera mano relacionada con la forma en que se llevan a cabo las actividades. Esta técnica tiene como ventaja principal que los hechos son percibidos directamente sin ningún tipo de intermediarios, permitiendo así visualizar la situación tal como se da normalmente y determinar las áreas que necesitan ser estudiadas y mejoradas. Por lo cual se utiliza en el levantamiento de información, ya que se necesita el contacto directo para conocer directamente la realidad de la empresa.

*Entrevistas no Estructuradas:* de acuerdo con Senn (1990), la técnica de entrevistas no estructuradas reseña la formulación de preguntas individuales, las cuales se usan para recabar información de forma verbal a través de preguntas que propone el investigador. Mediante esta técnica se conocerán tanto las opiniones referente a la situación actual de las áreas involucrada (líneas de



envasado de productos de uso arquitectónico), como las ideas del entrevistado, todo con la finalidad de tomar información relevante relacionada con el objeto de estudio. Cabe destacar que las entrevistas no estructuradas brindaran mayor flexibilidad al momento de emplearlas en lo referente a los términos de las preguntas, buscando lograr de esta manera que se adapten mejor al entrevistado y así obtener mayor información relacionada con las áreas en estudio, siendo esto el principal motivo para su utilización en esta investigación.

*Entrevistas, bajo un lineamiento de preguntas:* dirigidas a los ingenieros de procesos y a los supervisores de las líneas de envasado de pinturas de uso arquitectónico, con la finalidad de obtener información acerca de datos históricos, situación actual del proceso, planes de mejoras, entre otros.

*Observación Documental:* finalmente se realizara una observación documental (fuente secundaria) de todo el material escrito proporcionado por las áreas involucradas con la finalidad de analizar con mayor profundidad los procesos actuales. También se revisaran diversos textos y distintos tipos de material bibliográfico relacionado con en el tema en estudio, de tal manera de conocer el entorno conceptual vinculado a la investigación.

*Revisión de Documentos:* mediante esta técnica se consultaron distintos documentos pertenecientes a la empresa con información pertinente control de lotes de producción, control diario de envasado, manuales de especificaciones, hojas de proceso, documentación de elementos de causales de demora en las líneas de envasado de pinturas de uso arquitectónico, lo cual representa una información valiosa para el diseño de la propuesta.

### **3.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información**

Para la realización de esta investigación es relevante la recolección de información, para así poder obtener conocimiento sobre la situación actual y las necesidades planteada para el desarrollo del procedimiento que abarque las actividades del proceso, para lo cual se utilizará un conjunto de técnicas tales



como la observación directa, documental, entrevistas y revisión de documentos focalizados a generar propuestas de mejoras en el área de envasado de productos de uso arquitectónicos. Para recolectar la información, se utilizará el software Microsoft Excel 2007.

Una vez que la información haya sido recabada se utilizará el software estadístico Minitab 15 el cual procesará los datos recolectados en el área de estudio y suministrarán información sobre la capacidad real y potencial del proceso de envasado, generarán pruebas de normalidad, estadísticas descriptivas y diagramas de Pareto. Dicho Software es útil para el análisis estadístico básico y avanzado.

### **3.5. Diseño de Instrumentos para la recolección de Información**

*Mapa de Proceso:* es una manera de representar gráficamente las distintas actividades dentro de un proceso. Incluye entradas y salidas para cada uno de las operaciones y departamentos involucrados. Al analizar cada parte se puede detectar las fuentes del problema. El mapa de proceso a elaborar va a ser producto de la observación y de la revisión de los registros de la empresa en materia de calidad.

*Tormenta de ideas:* esta herramienta será utilizada con la finalidad de obtener la mayor cantidad de ideas posibles acerca de las causas y acciones correctivas a tomar en el área con problemas. La tormenta de ideas, se llevará a cabo involucrando al autor de la presente investigación, a los ingenieros de procesos, a los operarios y al analista de calidad.



### 3.6. Diseño de las Fases Metodológicas

#### Fase I: diagnóstico de la situación actual.

En esta fase se realizará un diagnóstico de la situación actual con la finalidad de identificar las causas que originan retrasos en el proceso de envasado de pinturas de uso arquitectónico. La información se obtendrá a través de la realización de las siguientes actividades:

- Descripción del proceso productivo general del producto (Pinturas emulsionadas y esmaltes) a través de un mapa de proceso.
- Descripción del producto con sus respectivas especificaciones, a través de información suministrada por la empresa, haciendo uso de manuales del producto.
- Determinación de las causas asignables asociadas al proceso, para ello se tendrá que utilizar ciertas técnicas con la de tormenta de ideas y Diagrama de Causa-Efecto, con el soporte de información de los operadores y los supervisores de las líneas de envasado, en conjunto con las observaciones del autor de la presente investigación.
- Identificación de las características críticas de los productos en las líneas de envasado seleccionadas para el estudio, utilizando como soporte información histórica de la empresa, que involucra la revisión de registros que comprenden formatos, hojas de proceso, hojas de control de envasado diario, hoja de observaciones, entre otras.
- Elaboración de un formato que indique los causales de demora para cada línea para cada mes, que indique los tiempos de retraso y sus causas.

#### Fase II: medición y análisis de la información asociada al caso de estudio.

En esta fase se logrará la identificación de las variables críticas inmersas en el proceso de envasado de pinturas para uso arquitectónico. Se tomarán en cuenta las siguientes actividades:



---

Se requiere el uso del análisis estadístico, utilizando distintas herramientas como: análisis de normalidad para determinar el comportamiento estadístico de los datos a estudiar, análisis de la capacidad de proceso, para verificar si el proceso tiene la habilidad de cumplir con las especificaciones, estadística descriptiva y diagramas de Pareto para verificar el grado de relevancia de cada causa en el proceso de envasado y por último se requiere, para cada una de las herramientas utilizadas, la interpretación y análisis de los datos.

Fase III: establecer posibilidades de mejoras en el proceso.

Una vez identificadas las causas críticas que afectan el proceso, es posible generar propuestas de mejoras tomando en consideración , las áreas de mejoras , las causas que originan retrasos en las líneas, identificación de las acciones previamente tomadas para solventar la problemática, los responsables de cada área y el cumplimiento de tareas asignadas. Por otro lado, será utilizado un análisis de concordancia por atributos para analizar el sistema de medición.

### 3.7. Síntesis de la metodología a aplicar en el Trabajo Especial de Grado

Objetivo	Etapa Proyecto Factible	Fase Seis Sigma	Técnicas, herramientas e instrumentos
Realizar un diagnóstico de la situación actual sobre los principales causales de demora asociados al proceso de envasado de productos de uso arquitectónico.	Diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta	(D) Definir	Inspección de los registros históricos de la empresa, Análisis de proceso: mapa de proceso, observación directa, entrevistas no estructuradas, diagrama Causa-Efecto
Identificar las causas más críticas que originan los tiempos improductivos en el proceso de envasado de la planta de pinturas de uso arquitectónico.	Diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta	(M) Medir, (A) Analizar	Herramientas estadísticas: pruebas de normalidad, análisis de capacidad, Diagrama de Pareto, Estadística Descriptiva, AMEF
Diseñar un plan de acción para reducir los tiempos improductivos de mayor impacto en las líneas de envasado de productos de uso	Procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para ejecución de la propuesta	(M) Mejorar	Elementos del plan de acciones de mejora: áreas a mejorar, causas, acciones correctivas, delegación de responsabilidad,



---

arquitectónico.			mecanismos de control y cumplimiento
-----------------	--	--	--------------------------------------

**Tabla 1.** Síntesis metodología de la Investigación

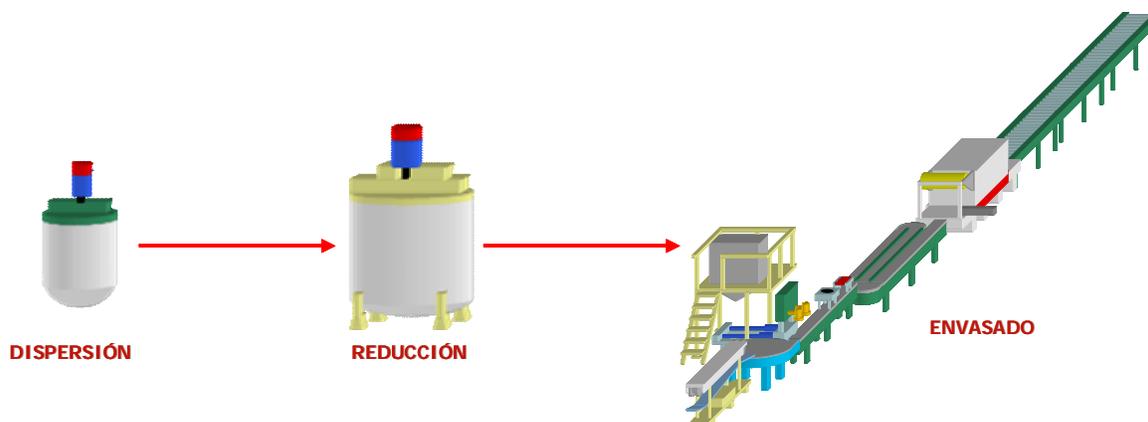
## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Fase I Seis sigma-Diagnóstico de la Situación Actual**

##### **4.1.1. Método Actual**

La pintura en términos generales y sencillos es una resina pigmentada a la cual se le agrega solventes o de forma de facilitar su manejo y aplicación. Una vez aplicada, el solvente se evapora y la resina pigmentada queda adherida al sustrato. El proceso de preparación de pintura es por lotes y consiste de cuatro fases básicas: en la fase de dispersión el pigmento se incorpora íntimamente dentro de la resina utilizada, usando para ello distintos dispositivos tales como: dispersores de alta velocidad, molinos de bola, molinos continuos, molinos de cesta, etc. En la fase de reducción, se le agrega al producto de la dispersión solvente, resto de resina e ingredientes menores. En la fase de matizado (Ajuste de Color), mediante la incorporación de tintas se lleva la pintura a su estándar de color y luego de los chequeos de rutina se aprueba su envasado; por último, se encuentra la fase de envasado que consiste en el llenado de los distintos envases en los cuales se comercializa el producto.



**Figura 4.** Procesos de fabricación de pintura

El proceso de envasado inicia de la siguiente manera, una vez que ya se realizaron las etapas de dispersión, reducción y matizado del producto, y ya el laboratorio de calidad haya aprobado el producto de acuerdo con el cumplimiento de las características de calidad de las pinturas como la viscosidad, relación contraste, densidad y color se procede a realizar el envasado. El producto es bombeado desde los tanques reductores hasta cada una de las líneas de envasado a través de unas tuberías.

Al inicio de la jornada los operarios que laboran en cada una de las líneas proceden a realizar la puesta a punto que involucra recibir la orden de aprobación del laboratorio, se espera a un mecánico para que encienda las máquinas asociadas al proceso y luego de un tiempo de aproximadamente de 1 min a 5 min se ajustan y calibran las máquinas que lo requieran, la máquina llenadora necesita calibración, la etiquetadora requiere que le coloquen suministros como la pega caliente que necesita calentarse hasta una temperatura de aproximadamente 270 grados Celsius, la pega fría y las etiquetas. Por otro lado, la máquina verificadora de masa (Check-Weigher) requiere ser reiniciada para introducirle unos nuevos límites de control que son establecidos por el laboratorio de calidad en función de la densidad del producto, además de una vez se verifica si la máquina está calibrada. Luego, se programa y se le coloca la tinta al Citronix (máquina de impresión de códigos de lotes) en caso de que lo requiera. La máquina



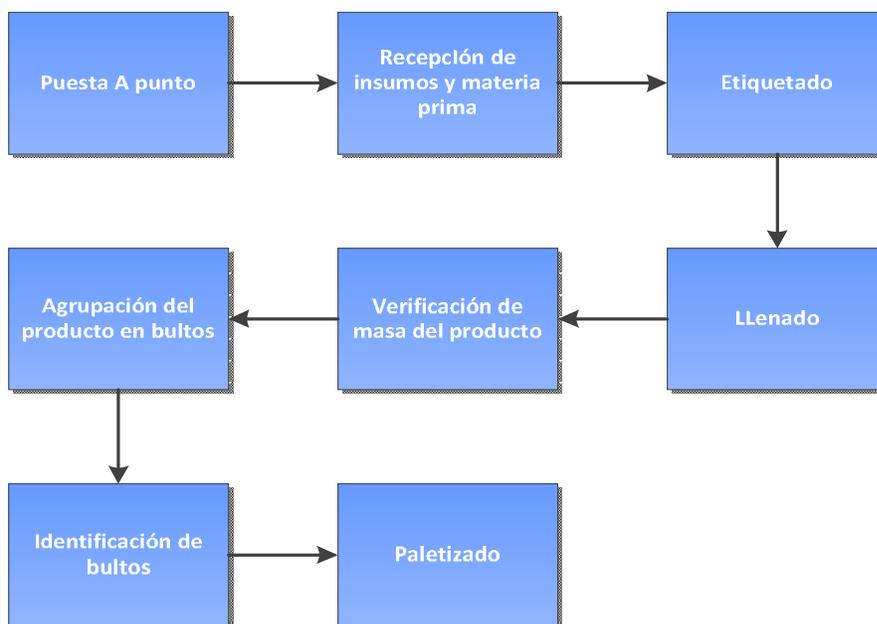
termoencogible requiere cambios de bobinas de plástico y además una vez encendida necesita llegar a una temperatura de 230 grados Celsius para que sea efectiva. También es requerido, colocar las nuevas etiquetas para la identificación de bultos. Estas actividades de puesta a punto no están estandarizadas por lo que son realizadas entre los operarios que laboran en la línea, generalmente en promedio están asignados tres operarios por línea.

Por otro lado, uno de los operarios tiene que verificar en un tanque que se encuentra en la parte superior del inicio de cada línea, las características del producto para detectar cualquier anomalía, que pudiera ser producto con espuma, con nata o simplemente variación en el color, en tal caso de que se detecte alguna condición, el producto deberá ser ajustado en el tanque reductor. En la planta hay dos montacarguistas, uno que se encarga de colocar las paletas con envases con sus tapas que los trae desde el almacén de materias primas y otro que se encarga de retirar las paletas con los bultos hasta el almacén de productos terminados, después que el montacarguista ya ha colocado la paleta, uno de los operarios se encarga de retirar el recubrimiento que protege a los envases, y hace lo mismo con las tapas para tomar una pequeña proporción para colocarlas justo al lado de la máquina llenadora. Una vez que todos los elementos ya han sido revisados comienza el proceso de envasado. El operario ubicado al inicio de la línea va colocando los envases en la máquina etiquetadora, para que el envase tenga contacto con la pega caliente, luego con la pega fría para que la etiqueta pueda adherirse. Luego el envase se encuentra en una banda transportadora para ser llenado, otro operario distinto al inicial le coloca las tapas a los envases y realiza una inspección visual para verificar que la pintura del envase no se haya desbordado o salpicado, en caso de que esto suceda el operario ubica el envase con defectos en una zona de productos no conformes, para luego cuando el operario no esté envasando vierta el contenido nuevamente en el tanque ubicado en la parte superior al inicio de la línea de envasado para después desechar el envase, una máquina tapadora se encarga de sellar los envases justo después del llenado.



Después de realizar la operación descrita anteriormente, el envase se somete a un chequeo de masa en donde sí éste se encuentra fuera de especificaciones es expulsado por un cilindro pistón a una zona de productos no conformes, nuevamente el operario tendría que vaciar el contenido del envase en el tanque ubicado en la parte superior al inicio de la línea de envasado para ubicar el envase nuevamente en cola para ser llenado. Seguidamente, el producto pasa por una termoencogible en donde se agrupa el producto por bulto, el cual una vez que sale del túnel de la máquina se le coloca una etiqueta para identificar el bulto. Posteriormente, los bultos son paletizados por un operario distinto a los otros dos operarios mencionados anteriormente para luego ser trasladados por un montacargas al almacén de producto terminado. Es de suma relevancia destacar que después de llenar los primeros cincuenta galones, uno de los operarios tiene que llevar una muestra del producto en el tanque para verificar las características de calidad del producto.

La línea 06-E, es una de las líneas que no tiene máquina etiquetadora ni máquina termoencogible, los cuñetes ya vienen litografiados por el proveedor; justo después que el operario coloca el envase, se colocan los stickers de identificación de lote, se procede al llenado, sellado de las tapas por la máquina tapadora y por último se paletizan los envases, esta línea en específico tiene dos operarios más (5 operarios) que las otras líneas en el área de paletizado por la fatiga que ocasiona el traslado de los cuñetes a las paletas, es importante señalar que estos cuñetes son mucho más pesados que los bultos paletizados en las demás líneas.



**Fig. 5**

**Figura 5.**Diagrama de bloque del proceso de envasado de pinturas

#### **4.1.2. Descripción del producto**

Los productos a envasar son pinturas de esmalte (base de aceite) y emulsionadas (base acuosa). Para las pinturas de esmalte se utilizan envases metálicos y galvanizados en las líneas de envasado 02-A y 03-A, respectivamente. Por otro lado, las pinturas emulsionadas utilizan envases de plásticos de diferentes tamaños entre ellos de cuarto de galón, de galón, de dos galones, cuñetes de cuatro galones y cuñetes de cinco galones. La línea 03-E, 03-A, 02-E, 01-E, 04-E y 07-E envasan en presentación de un galón. La línea 02-A envasa en presentación de cuarto de galón, la línea 06-E y 05-E envasan cuñetes de 4 y 5 galones y la línea 01-L (línea auxiliar) envasa en presentaciones de 2 galones, 4 galones y 5 galones.



**Figura 6.** Fotografía del producto en presentación de cuarto de galón, galón y cuñete de cuatro galones.

#### **4.1.3. Descripción de máquinas y equipos**

*Citronix:* es una máquina que se encarga de imprimir por chorros de tinta las marcas de codificación de fechas, número de lotes y códigos en los envases de las pinturas.

*Llenadora:* es una máquina que vierte el líquido contenido en el tanque ubicado en la parte superior de la línea, en los envases de manera automática.

*Termoencogible:* es una máquina que se encarga de agrupar cuatro envases llenos de pinturas en bultos utilizando como insumo dos bobinas de plástico. Los bultos una vez que son sellados por dos trozos de plástico pasan por un túnel con calor para lograr el efecto de sellado. Posteriormente, unos ventiladores se encargan de enfriar el bulto.

*Etiquetadora:* es la máquina que se encarga de colocar las etiquetas al envase, una vez que el envase se introduce éste pasa por una pega caliente y luego por una pega fría para que la etiqueta pueda adherirse al envase.

*Banda Transportadora:* es un sistema de transporte utilizado para el transporte de los bultos de pintura. Está conformado por dos poleas que son giradas por un motor logrando el movimiento de la banda transportadora.

*Transportador por gravedad de rodillos:* este equipo traslada los bultos después de la banda transportadora hasta el área de paletizado.

#### 4.1.4. Diagrama Causa Efecto-Causales de Demoras en las líneas de envasado

Kume (1985), señala que el resultado de un proceso puede atribuirse a una multitud de factores, y es posible encontrar una causa-efecto de esos factores. Se puede determinar la estructura o una relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente. En el siguiente diagrama, se presentan las principales causas que originan tiempos improductivos en el área de envasado de productos arquitectónicos.

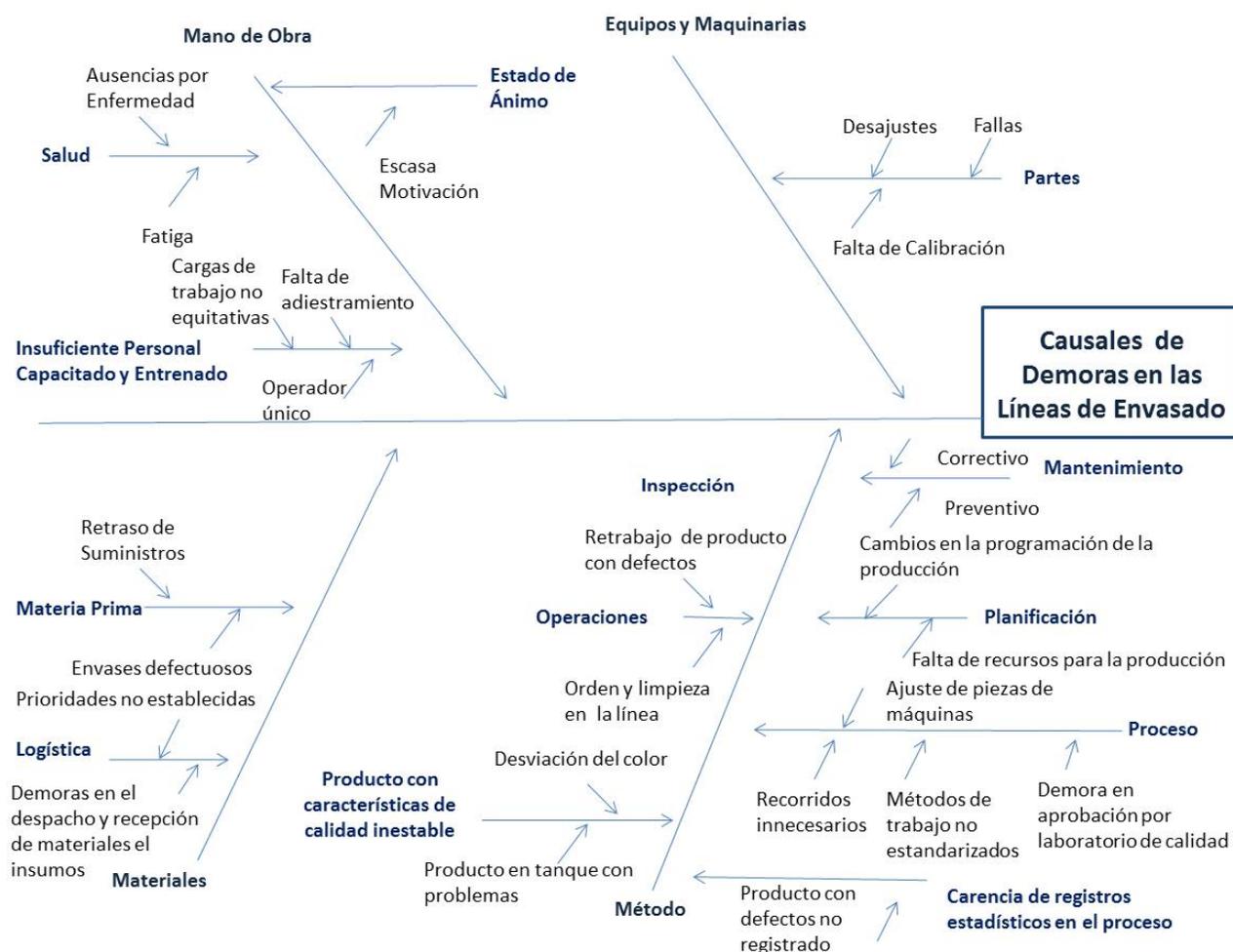


Figura 7. Diagrama Causa Efecto-Causales de Demoras en las líneas de envasado.



De acuerdo con lo establecido en el diagrama, a continuación se presenta una breve explicación de las causas que originan los problemas en el área de envasado de productos arquitectónicos.

### Mano de Obra

*Salud:* este aspecto engloba distintos puntos, cuando se hace mención de ausencias por enfermedad es que los trabajadores de las líneas presentan condiciones fisiológicas en dónde no pueden realizar sus labores habituales a causa de una patología. Por su parte la fatiga es considerada una causa de demora ya que el operario no ejecuta las operaciones de modo similar en función del tiempo al inicio y al final de la jornada.

*Insuficiente personal capacitado y entrenado:* en este aspecto, el personal asignado a una línea presenta un desbalance en las cargas de trabajo, el operario que es responsable del llenado tiene mayor operaciones que cubrir entre ellas hacer una inspección visual a los envases, colocar las tapas y agrupar el producto no conforme, mientras que los otros operarios en mucho de los casos se encuentran en ocio, ya sea colocando los envases en la máquina etiquetadora o paletizando. Por otro lado, en ciertos casos no hay el total de personal asignado para la línea lo que indica que dos o un operario tienen que cubrir las tareas de envasado. Además, existe una notable falta de adiestramiento, periódicamente se realizan charlas para informar o afianzar métodos de trabajo, por lo que es importante hacer un seguimiento riguroso a cada uno de los trabajadores.

*Estado de ánimo:* generalmente, hay distintos factores motivacionales que inciden de manera indeseada en los operarios. Al ser las operaciones monótonas y repetitivas, los operarios en ciertos momentos de la jornada pueden perder la concentración, lo que podría implicar la realización de un retrabajo de algunas de las actividades del envasado. También se evidencia, poca motivación por parte de los supervisores y no existe algún medio de información que indique las metas de producción, para incentivar a los trabajadores a medir su desempeño.

### Materiales



*Materia Prima:* en mucho de los casos, el suministro de envases no está exento de presentar unidades defectuosas y esta problemática se vincula directamente con el traslado de los envases. Por otro lado, otro causal de demora asociado sería en que el departamento de materias primas no emite las ordenes a tiempo para despachar la materia prima.

*Falta de sincronización entre las etapas:* en este aspecto destaca el hecho de que el flujo de la producción no es totalmente armónico, es decir, que en el área de envasado surgen demoras por retrasos en otros departamentos ya sea el departamento de materias primas, el laboratorio de calidad o el departamento de distribución.

*Logística:* debido a distintos factores externos a la organización que están netamente relaciones con el proveedor, los envases y tapas no son suministrados a tiempo, lo que implica un cambio de la planificación en las líneas de envasado. Asimismo, no se le asignan prioridades a la procura de insumos y materiales debido a gran cantidad de éstos en inventario.

### Equipos y Máquinas

*Partes:* para las distintas máquinas es recurrente que se presenten fallas por deterioro de sus partes. Además, las maquinas están propensas a que desajusten logrando que los operarios tengan que realizar un ajuste correctivo, asimismo las máquinas llenadora y la máquina verificadora de peso, requieren ser calibradas para controlar la presión de llenado y las tolerancias de la masa del producto, respectivamente.

### Método

*Mantenimiento:* las máquinas cuando presentan fallas requieren inmediatamente de un mantenimiento correctivo generando retraso en la faena productiva, mientras que en mucho de los casos son pocos los mantenimientos preventivos que se le realizan a las máquinas.



---

*Inspección:* cuando hay una parada no planificada con las máquinas por distintas razones, entre ellas la falta de comunicación entre el departamento de envasado con el departamento de mantenimiento, el proceso se retrasa por la espera de los mecánicos. Además, cuando se realiza la inspección no existe una metodología para identificar la causa raíz del problema restando tiempo valioso para corregir las fallas.

*Operaciones:* cuando se realizan las distintas operaciones en el envasado, el área de trabajo suele ensuciarse por lo que los operarios deben ordenar y limpiar la línea. Por otro lado, en el proceso se requieren retrabajos de unidades defectuosas, esto cuando existe algún defectos con el etiquetado o cuando el envase tiene salpicaduras en el proceso de llenado.

*Planificación:* este punto hace referencia a que se realizan cambios en la programación de la producción tratando de reubicar personal y producto a envasar a falta de recursos para envasar en la línea correspondiente.

*Producto con características de calidad inestables:* cuando se bombea el producto al área de envasado el producto puede sufrir alteraciones, entre estas se encuentran cambio en las tonalidades del color, espuma o el producto se puede contaminar por microorganismos existentes en las tuberías. Se tienen que tomar muestras para el laboratorio de calidad, para verificar si el producto no necesita nuevos ajustes en el tanque.

*Proceso:* en este aspecto todas las actividades de puesta a punto no están estandarizadas lo que la secuencia de las actividades queda a discreción de los operarios de las líneas, además los operarios tienen que realizar recorridos por la ubicación distante de los contenedores de basura con respecto a la zona dónde se generan gran cantidad de desperdicios tales como los cartones para contener los envases en las paletas, el plástico que envuelve los envases, las tapas y los envases que son desechados por ser no conformes. Por otro lado, el proceso suele presentar ciertos retrasos por la falta de aprobación del producto por parte del laboratorio de calidad. Además, en ciertos casos los operarios tienen que



ajustar las máquinas en varias actividades que no les competen a los mecánicos de la planta, como por ejemplo, la reposición de suministros y ajustes sencillos a las máquinas. Por último, no existe algún registro de la proporción de producto no conforme en cada una de las líneas.

A continuación se presenta la primera fase del enfoque metodológico Seis Sigma, que tiene como propósito lograr la comprensión del problema a solucionar.

Gutiérrez y De la Vara (2009), indican que en esta fase se debe tener una visión y definición clara que se pretende resolver mediante un proyecto Seis Sigma. Por ello será fundamental identificar las variables críticas para la calidad (VCC), establecer metas, definir el alcance del proyecto, precisar el impacto que tiene sobre el cliente y los beneficios potenciales que se esperan del proyecto. Esta fase está comprendida por las siguientes etapas:

- Definir el Proyecto
- Definir las Variables Críticas para la Calidad
- Realizar el Mapeo del Proceso
- Elaborar Marco del Proyecto (Project Charter).

#### **4.1.5. Definición del Proyecto**

En el área de envasado de productos arquitectónicos de la empresa C.A Venezolana de Pinturas, se generan tiempos improductivos que retrasan la jornada laboral, de modo que no se puede cumplir con la meta de envasado para un plazo fijado. Los tiempos improductivos se desglosan en tres renglones, el primero sería el tiempo de preparación y puesta a punto en dónde las operaciones no se encuentran estandarizadas y además los cambios de productos para envasar de colores débiles a fuertes o viceversa retrasan el proceso.

Otro elemento que retrasa considerablemente la faena productiva son las paradas no planificadas, esto incluye a paradas de línea por fallas en la asignación de personal, ausentismo laboral, mantenimiento correctivo y preventivo de las máquinas, retrasos en el suministro de materias primas, ajuste de máquinas y



calibración por parte del personal asignado a las líneas, cambios en la planificación de la producción, demoras por aprobación de las características de calidad del producto, entre otros aspectos. El último elemento que conforma los tiempos improductivos es el tiempo-máquina de procesar una unidad no conforme, esto implica en utilizar un tiempo que pudiese ser productivo pero termina siendo un tiempo perdido debido al que producto no conforme se desecha, esto además genera un costo a la empresa. En consecuencia con lo descrito anteriormente, sí se logra la reducción de los tiempos improductivos se puede incrementar la capacidad del proceso de envasado, es decir, cumplir con las metas de producción en un plazo fijado.

#### **4.1.6. Identificación del Cliente**

Los clientes son los receptores de determinado productos y/o servicios, los proyectos seis sigma se enfocan principalmente en la satisfacción del cliente tanto interno como externo. En tal caso, el objetivo de la presente investigación es satisfacer aquel cliente externo que requiere adquirir el producto terminado en el momento justo que lo requiera, es por ello que con la reducción del los tiempos improductivos se podría incrementar la capacidad de envasado para así lograr satisfacer la demanda del mercado. Es de suma relevancia destacar, que el cliente interno de la empresa, es decir, el departamento de ventas actúa como un intermediario entre lo que requiere consumidor final y lo que puede brindarle la organización. Por otro lado, también hay otro cliente interno que es el departamento de producción que requiere que los tiempos de preparación y puesta a punto estén comprendidos entre 10 y 30 minutos.

#### **4.1.7. Variables Críticas para la Calidad (VCC)**

La metodología Seis Sigma se dirige con datos, por lo que es necesaria la recolección de datos y su análisis sustentado con herramientas estadísticas, para identificar las Variables Críticas de Calidad. En el presente proyecto Seis Sigma, se busca estimar los tiempos improductivos por: procesar unidades no conformes, paradas no planificadas y por exceso de tiempo en la preparación y puesta a



punto de las líneas, ya que son indicadores de retraso en la faena productiva y por lo tanto disminuyen la capacidad de envasado diario.

Por su parte, las Características Críticas para la Calidad son aquellas características que son importantes para el cliente. Para el cliente lo más importante debe ser la calidad del producto en donde se evalúa las características, confiabilidad y durabilidad, luego le sigue la calidad de servicio que verifica la velocidad de respuesta, trato, recuperación de fallas y conveniencia y por último se encuentra el precio que debe ser moderado con una buena relación-valor.

#### **4.1.8. Alcance del proyecto**

El alcance del proyecto es el grado en que se medirán y analizarán las variables o características a fin de enfocarse en áreas específicas para lograr mejorar el proceso. Los problemas que se exploraron al inicio de la investigación pueden involucrar más variables o características de las que se pueden medir o analizar de manera efectiva. El alcance del proyecto asegura que el problema puede ser manejado por el analista, se puede recolectar información para mostrar los estados actuales y mejorados, se puede realizar mejoras en el tiempo establecido para la ejecución del proyecto y además asegura que hay recursos y personal adecuado para realizar cada una de las etapas del proyecto. La presente investigación va a examinar los siguientes aspectos:

-Tiempos de puesta a punto en las líneas de envasado de productos arquitectónicos

- Operaciones necesarias para iniciar el proceso de envasado.
- Determinar el tiempo del puesto a punto utilizando como referencia la hoja de registro de control de paradas/demoras.
- Analizar los tiempos de puesta a punto de acuerdo con la tonalidad del color envasado en las líneas.



---

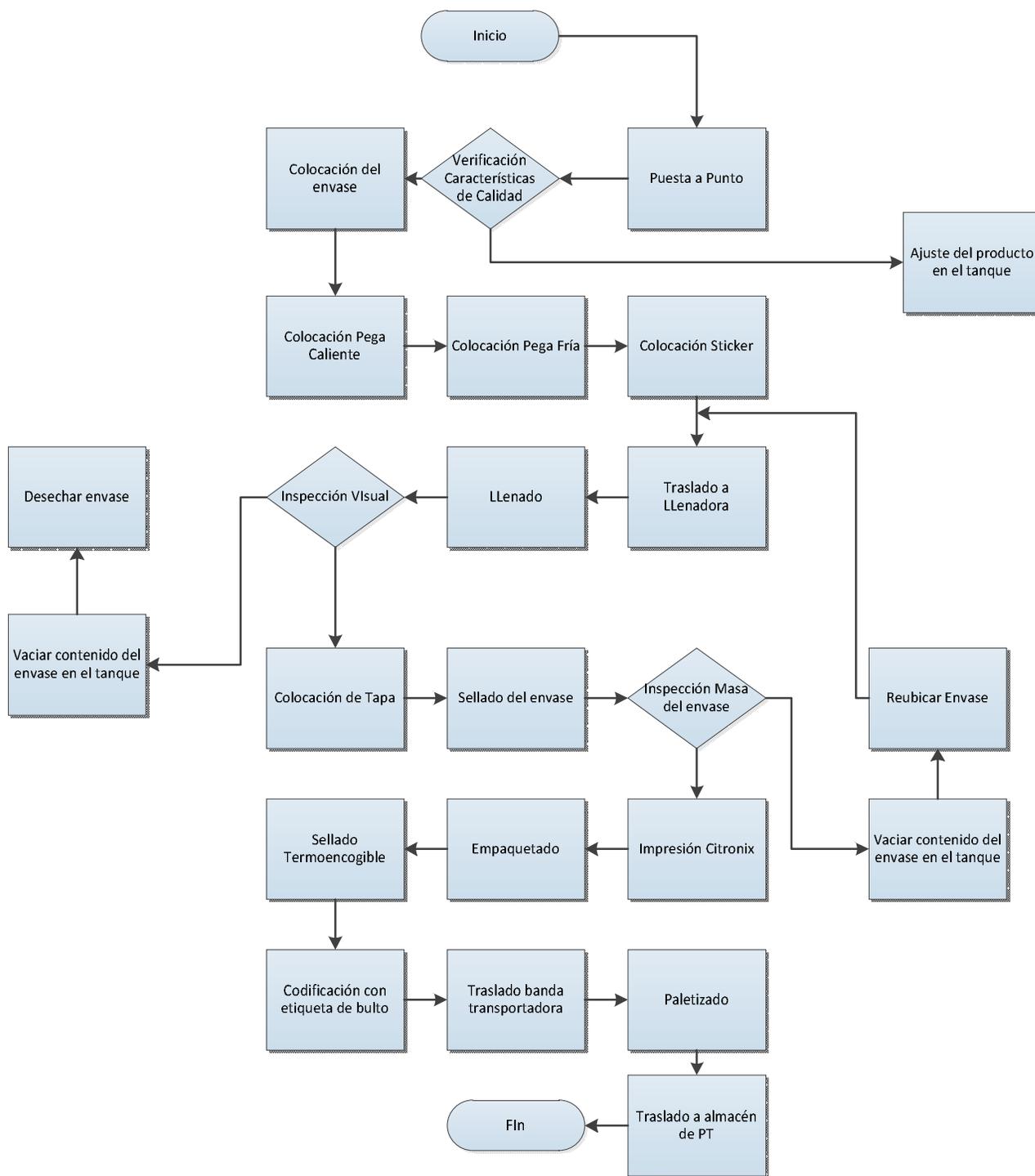
-Tiempos de paradas no planificadas/demoras en las líneas de envasado de productos arquitectónicos

- Registrar los tiempos improductivos utilizando como referencia las hojas de registro de control de paradas/demoras
- Calcular el acumulado de tiempos improductivos por paradas no planificadas/demoras

-Tiempos Improductivos por desecho de unidades defectuosas

- Analizar registros históricos para determinar los tiempos Improductivos por reproceso o desecho de unidades defectuosas.
- Estimar el tiempo de procesar una unidad no conforme.

#### **4.1.9. Mapa del Proceso de Envasado de pinturas**



**Figura 8.** Mapa de Proceso de Envasado de Pinturas para usos arquitectónicos

#### 4.1.10. Marco del Proyecto



El marco de proyecto, indica el objetivo del proyecto, forma de medir su éxito, su alcance los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste. A continuación se presenta, un diagrama de Gantt y el marco del proyecto.

ID	Task Name	Start	Finish	Duration	Q4 11		Q1 12		
					Dec	Jan	Feb	Mar	
1	Inicio del Proyecto	11/22/2011	11/22/2011	1d					
2	Definir	11/22/2011	12/22/2011	23d	■				
3	Medir	1/16/2012	2/29/2012	33d		■	■		
4	Analizar	2/29/2012	3/20/2012	15d				■	
5	Mejorar	3/20/2012	4/13/2012	19d					■

**Tabla 2.**Diagrama de Gantt de etapas del proyecto según el enfoque metodológico Seis Sigma.

<b>Departamento de Procesos C.A Venezolana de Pinturas</b>			
<b>Fecha de inicio</b>	22/11/2011	<b>Fecha de Actualización</b>	<b>Fecha de Implementación</b>
<u>Proyecto Asociado:</u> propuestas para la reducción de tiempos improductivos en el Proceso de envasado de pinturas para usos arquitectónicos aplicando el enfoque metodológico seis sigma			
<b>Definición del problema</b>			
Tiempos improductivos en la preparación y puesta a punto en las líneas de envasado, tiempos improductivos por paradas/demoras no planificadas y tiempos improductivos por el retrabajo de unidades defectuosas.			
<b>Impacto sobre C.A Venezolana de Pinturas</b>			
Mejora la imagen de la empresa, aumenta la productividad, disminuye desperdicios, satisface al cliente externo, reduce costos			
<b>Metas del Proyecto</b>			
Reducir tiempos improductivos, aumentar la capacidad del proceso de envasado, estandarización de métodos de trabajo, reducción de costos			
<b>Alcance del proyecto</b>			



El problema puede ser manejado por analista, se pueden recolectar información para mostrar los estados actuales y mejorados, se pueden realizar mejoras en el tiempo establecido para la ejecución del proyecto y además hay recursos y personal adecuado para realizar cada una de las etapas del proyecto

### **Marco de tiempo del Proyecto**

Inicio del Proyecto 1 día , Definir 23 días , Medir 33 días , Analizar 15 días , Mejorar 19 días

**Tabla 3.**Marco del Proyecto

## **4.2. Fase II Seis Sigma**



La presente fase tiene como propósito elaborar mecanismos para la recolección de datos del desempeño del proceso para cumplir con los requerimientos del cliente.

Gutiérrez y De la Vara (2009), señalan que es una etapa muy importante, ya que se da continuidad, se puede realizar un estudio de capacidad y de estabilidad de las variables críticas para la calidad, para saber con mayor precisión la magnitud del problema actual y generar bases para encontrar la solución. Las etapas se muestran a continuación:

- Obtención de datos
- Validación del sistema de medición
- Análisis de la Capacidad del proceso
- Realización del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

#### **4.2.1. Obtención de Datos**

Para poder interpretar la capacidad de desempeño del proceso es fundamental recolectar información observable en términos cuantitativos. Este tipo de información es una medida, éstas por lo general requieren de tiempo y recursos monetarios para su recolección, por tal motivo los beneficios de tener una buena información necesitan ser más altos que los costos de conseguirla. En muchas ocasiones, las medidas deben estar relacionadas con el proyecto porque no tendrían ninguna validez. Las medidas se pueden registrar en una variedad de unidades estándar que para efectos de la presente investigación la unidad de media estará reflejada en minutos demorados por tiempos improductivos en el proceso de envasado de emulsiones y esmaltes, es conveniente destacar que también se utilizará como métrica el número de unidades defectuosas o no conformes. La importancia de lograr una medición confiable radica en tratar de disminuir la variabilidad del proceso e identificar los elementos que se pueden mejorar en el proceso.



Gutiérrez y De la Vara (2009), señalan que los procesos tienen variación, ya que intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M: materiales, maquinarias, medición, mano de obra (gente), métodos y medio ambiente. Con respecto a la variación se puede afirmar que todos los procesos tienen variación, las actividades repetitivas de cierta operación tiene una fluctuación en el tiempo que puede ser originado por distintas causas. Antes, durante y después del proceso se puede tener variación gracias a distintas fuentes ya descritas anteriormente.

Además, existen dos tipos especiales de variación las causas comunes que son condiciones en un proceso que generan variación por medio de la interacción de las 6Ms. Dichas causas son totalmente predecibles y ofrecen oportunidades para el mejoramiento del proceso, como ejemplo, se puede considerar la fluctuación de la masa de llenado del producto gracias a la variabilidad de la máquina llenadora. Por otro lado, las causas asignables generan variación debido a circunstancias extraordinarias relaciones con alguna de las 6Ms, éstas son impredecibles o inesperadas. Tomando como referencia el ejemplo de la causas comunes, cuando se la máquina llenadora pierde su calibración se incurre en una causa asignada logrando que la masa del producto llenado se encuentre fuera de especificación.

#### **4.2.2. Determinación de tipo de Datos y Variables**

El tipo de información se determina por lo que se mide. Se pueden recolectar dos tipos de datos de información al medir por datos variables y datos por atributos. Para la presente investigación existen los dos tipos de datos señalados anteriormente. Cuando se hace referencia de datos por variables, éstos se relacionan directamente con el tiempo improductivo por paradas no planificadas, tiempo de puesta a punto y tiempo de maquinado por unidad no conforme. Mientras que cuando se registran las unidades defectuosas se utilizan datos por atributos. Al recolectar información cualitativa ésta no es del todo adecuada para llevar a cabo un proyecto Seis Sigma, por tal motivo dicha información deberá convertirse en información cuantitativa. Haciendo referencia a



lo descrito anteriormente, cuando el operario realiza una inspección visual justo después del proceso del llenado para verificar sí el producto pasa o no a la siguiente etapa del proceso y en el caso de que el operario deseche el envase la variable cualitativa se convierte cuantitativa al momento de registrar la cantidad de envases pedidos y la cantidad de envases utilizados, la diferencia entre estas dos cantidades arroja como resultado la cantidad de unidades defectuosas, es decir, los datos por atributos.

#### **4.2.3. Sistema para la recolección de datos**

Para llevar a cabo la recolección de datos es necesario documentar cierta información relevante, en el caso de la presente investigación busca recolectar los tiempos de las paradas no planificadas, el tiempo del puesto a punto y el tiempo de maquinado de procesar una unidad no conforme con la finalidad de estimar los tiempos improductivos para lograr identificar la causa raíz y con esto poder aumentar la capacidad del proceso de envasado. Parte de los responsables de la recolección de los datos son los operarios de planta. Los métodos de recolección son los siguientes: para registrar los tiempos por paradas no planificadas, los operarios de cada línea llenan un formato de control de procesos cada semana en donde especifican el código de la parada y la duración del mismo, el analista llena los datos en una plantilla para registrar los minutos totales demoradas por causa para todas las líneas registradas, este tipo de datos se comenzó a recolectar desde el 14 de Noviembre de 2011 y va ser implementado de forma permanente en la organización. Por su parte, para la recolección de datos para la puesta a punto se utilizó el mismo formato de control de proceso mencionado anteriormente, dicho formato también registra las ordenes de trabajo y el tiempo entre el inicio y finalización de envasado de cada lote.

El tiempo de puesta a punto se registra desde que finaliza un lote y comienza otro, es importante destacar que al inicio de la jornada se reseña el inicio o continuación del lote de la jornada anterior por lo que se puede registrar sin mayor inconveniente el tiempo de puesta a punto. Para la estimación del tiempo perdido por maquinado de una unidad no conforme, se consultó un



software de la empresa (Royal 4) con el inventario de las órdenes de trabajo de cuatro diferentes tipos de envases tales como de cuarto de galón metalizado para esmalte, de galón plástico, de galón metalizado y de cuñete de cuatro galones litografiados. Toda la información, se encuentra en línea y de la diferencia entre el número de envases solicitados y el número de unidades envasados, se estimaron las unidades defectuosas para cada orden de trabajo desde el 16 de Enero de 2012 hasta el 29 de febrero de 2012. Para tener un estimado del tiempo, se tuvo que calcular el tiempo promedio seleccionado desde que el operario introduce el envase en la etiquetadora hasta que el envase es llenado; fue necesario realizar diez observaciones, para cuatro líneas distintas en donde utilizaran los tipos de envases mencionados con anterioridad. El producto entre el tiempo promedio seleccionado y el número de las unidades defectuosas dará como resultado el tiempo improductivo por el maquinado de una unidad no conforme.

#### **4.2.4. Análisis del Sistema de Medición**

En la presente investigación se requiere evaluar los tiempos improductivos desde tres perspectivas totalmente diferentes, para el análisis de los tiempos de puesta punto considerando el lavado del tanque el registro se realiza de una manera sencilla, en donde el operario llena en el formato de control de procesos la hora en que inicia y que finaliza de envasar el lote, de la diferencia entre la hora de finalización de lote e inicio de lote se puede estimar estos tiempos, en caso de que inicie la jornada se calcula desde la hora de entrada (7:00Am), hasta la hora que inicia el envasado que también se registra en los formatos. Los operarios registran el inicio y final del envasado de cada lote de producto utilizando como referencia un reloj de alta precisión ubicado en una posición estratégica en la planta que permite a su vez que todas las líneas puedan observar la hora en curso. El reloj está asociado con la GMT (tiempo medio de Greenwich) -4:30 hora local y dicha información es suministrada por la *Dirección de Hidrografía y Navegación* con sede en Caracas, Venezuela. En todas las aéreas de la empresa los relojes están sincronizados y los mecánicos del departamento de mantenimiento le verifican la calibración cada tres meses.

Con respecto a la medición de tiempos en procesar una unidad no conforme, el error podría considerarse despreciable debido a la corta duración del cronometrado. En la presente investigación se utilizará un cronometro marca CASIO, modelo HS-3(V) que según el departamento de instrumentación y metrología de la empresa C.A Venezolana de Pinturas, tiene una precisión de  $\pm 0,0005$  %. Otro aspecto que es importante resaltar es que como se realizará un cronometrado intermitente no se consideran las fracciones decimales obtenidas de las lecturas del cronómetro, por lo que las mediciones serán registradas con a lo máximo 2 dígitos enteros, por la duración de las operaciones. Por último, el error que pueda generar el analista puede también considerarse como despreciable, ya que el departamento de metrología e instrumentación de la empresa estima que en los cronometrados el analista puede crear hasta  $\pm 0,2$  segundos de error.



**Figura 9.** Instrumentos de Medición de tiempo

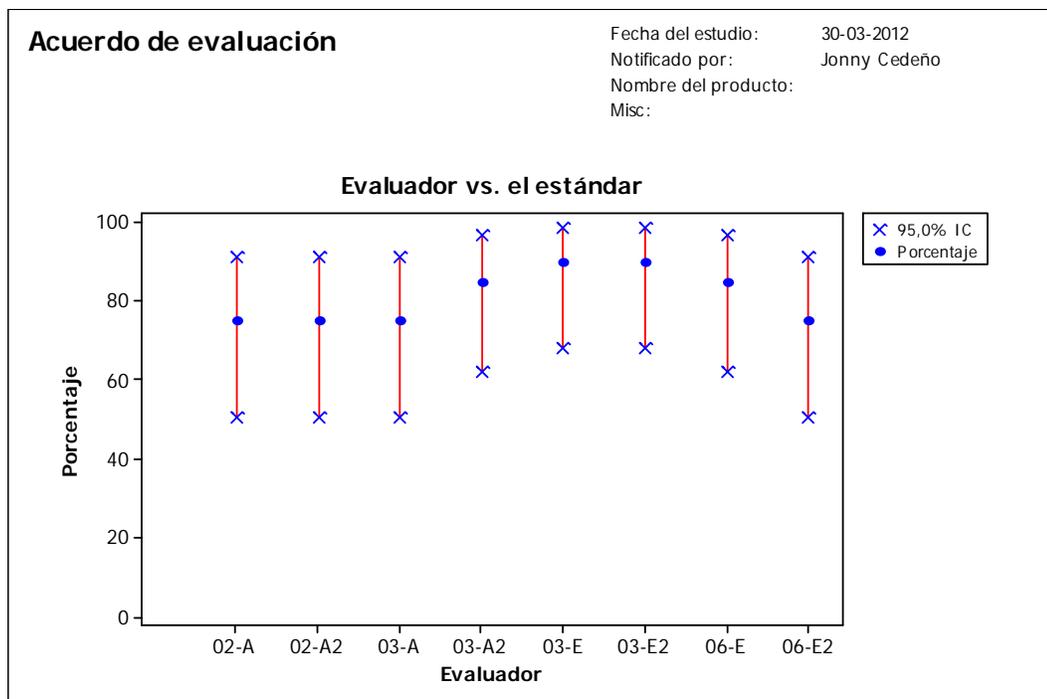
Sin embargo, para analizar el sistema de medición de las paradas no planificadas fue requerido realizar un cuestionario de veinte preguntas (para más detalle ver anexo C) a dos operarios de cada línea (02-A, 03-A, 03-E y 06-E), con la finalidad de corroborar el llenado de los formatos de control de procesos en dónde se registran la duración y el código de demora para las paradas no planificadas, los operarios han manifestado en reiteradas oportunidades que los códigos suelen ser confusos, y esto podría afectar considerablemente el sistema de medición, por ejemplo cuando se daña la máquina llenadora hay dos códigos que pueden ser utilizados, el primero es *desajuste en la calibración de la llenadora* en este caso en particular el operario deberá considerarla como una demora en el renglón de *Proceso* porque la demora corre por cuenta del operario ya que él tiene



que ajustar la máquina, mientras que el segundo código señala *mantenimiento correctivo de la llenadora*, entonces esa falla tendría que ser registrada en el renglón de *Mantenimiento*, ya que para este caso se requiere de un mecánico que solvante la situación (para más detalle sobre los códigos de paradas consultar Anexo A). El cuestionario fue desarrollado en dos partes de modo que en ambas partes tuviesen preguntas similares que permitiera evaluar la concordancia entre el criterio de llenado de los formatos entre los operarios. Para indicar las paradas no planificadas, los operarios utilizarán como referencia para registrar los tiempos el reloj de pared ya mencionado anteriormente. Una vez aplicado el cuestionario, se realizó un análisis de concordancia de atributos para validar el sistema de medición.

Picado (2008) señala que un análisis de concordancia de atributos evalúa la uniformidad de las respuestas dentro de un grupo de individuos y entre ellos y, en caso de ser apropiado, compara las respuestas con los valores referenciales, también denominados valores estándares. El análisis utiliza las calificaciones o clasificaciones de los atributos. Estos valores estándares fueron establecidos por la ingeniero de procesos del departamento de producción y por la jefe de planta de C.A Venezolana de Pinturas.

**Figura10.**Acuerdo de Evaluación



**Fuente:** Software estadístico Minitab 15

De acuerdo con el gráfico, del número inspeccionado, es decir, el número de preguntas realizadas (en total 20 preguntas entre las dos partes), se obtuvo una coincidencia de al menos 15 preguntas con respuestas iguales al valor referencial que representa un porcentaje de al menos 75% de aprobación. El 95% IC representa el intervalo de confianza que indica que existe una probabilidad del 95% que el porcentaje de coincidencias esté entre los valores mostrados, siendo el menor un intervalo entre (50,90 y 91,34). Por su parte, el mayor número de coincidencias la obtuvo la línea 03-E, con un total de 18, para un porcentaje de concordancia del 90% y un intervalo de confianza entre 68,30 y 98,77.

Análisis de concordancia de atributos



**Tabla 4.** Acuerdo de Evaluación. Cada evaluador vs. El estándar

Evaluador	No. inspeccionado	No. de coincidencias	Porcentaje	95 % IC
02-A	20	15	75,00	(50,90. 91,34)
02-A2	20	15	75,00	(50,90. 91,34)
03-A	20	15	75,00	(50,90. 91,34)
03-A2	20	17	85,00	(62,11. 96,79)
03-E	20	18	90,00	(68,30. 98,77)
03-E2	20	18	90,00	(68,30. 98,77)
06-E	20	17	85,00	(62,11. 96,79)
06-E2	20	15	75,00	(50,90. 91,34)

**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Después de interpretar las consideraciones anteriores, es requerido realizar otro análisis para verificar la concordancia de los datos. Para datos ordinales, que son los datos reseñados en el cuestionario, es decir, cuatro opciones que van a ser contrastadas con el valor de referencia. Picado (2008), indica que estos datos deben ser analizados con el estadístico Kappa que representa el grado de concordancia absoluta entre las calificaciones, es decir, Kappa trata todas las clasificaciones incorrectas de igual forma, sin tomar en cuenta su magnitud. La hipótesis nula es que Kappa es igual a 0, lo cual indicaría que la concordancia es la misma que la esperada en virtud de las probabilidades. Los valores de Kappa tienen un rango entre -1 y 1. Mientras más fuerte sea la concordancia absoluta entre las calificaciones, más alto será el valor de Kappa:

- Si  $Kappa = 1$ , la concordancia es perfecta.
- Si  $Kappa = 0$ , la concordancia es igual a la esperada en virtud de las probabilidades.
- Si  $Kappa < 0$ , la concordancia es más débil que la esperada en virtud de las probabilidades (Esto ocurre muy pocas veces).

Picado (2008) comenta que las directrices de laAutomotiveIndustryActionGroup (AIAG) sugieren que los valores de Kappa mayores que 0,75 indican una concordancia de buena a excelente, mientras que los valores menores que 0,40 indican poca concordancia.



**Tabla 5. Estadísticas de Kappa de Fleiss**

Evaluador	Respuesta	Kappa	Kappa de Error estándar	Z	P(vs. > 0)
02-A	1	0,687500	0,223607	3,07459	0,0011
	2	0,791667	0,223607	3,54044	0,0002
	3	0,658120	0,223607	2,94320	0,0016
	4	-0,081081	0,223607	-0,36261	0,6416
	General	0,637024	0,143227	4,44765	0,0000
02-A2	1	0,466667	0,223607	2,08700	0,0184
	2	0,791667	0,223607	3,54044	0,0002
	3	0,658120	0,223607	2,94320	0,0016
	4	-0,025641	0,223607	-0,11467	0,5456
	General	0,627561	0,152250	4,12190	0,0000
03-A	1	0,733333	0,223607	3,27957	0,0005
	2	0,680000	0,223607	3,04105	0,0012
	3	0,658120	0,223607	2,94320	0,0016
	4	-0,052632	0,223607	-0,23538	0,5930
	General	0,637024	0,146096	4,36032	0,0000
03-A2	1	0,856631	0,223607	3,83097	0,0001
	2	0,791667	0,223607	3,54044	0,0002
	3	0,780220	0,223607	3,48925	0,0002
	4	-0,025641	0,223607	-0,11467	0,5456
	General	0,774859	0,153278	5,05525	0,0000
03-E	1	0,856631	0,223607	3,83097	0,0001
	2	0,893333	0,223607	3,99511	0,0000
	3	0,893333	0,223607	3,99511	0,0000
	4	-0,025641	0,223607	-0,11467	0,5456
	General	0,850187	0,153259	5,54740	0,0000
03-E2	1	0,856631	0,223607	3,83097	0,0001
	2	0,893333	0,223607	3,99511	0,0000
	3	0,893333	0,223607	3,99511	0,0000
	4	-0,025641	0,223607	-0,11467	0,5456
	General	0,850187	0,153259	5,54740	0,0000
06-E	1	0,733333	0,223607	3,27957	0,0005
	2	0,780220	0,223607	3,48925	0,0002
	3	0,791667	0,223607	3,54044	0,0002
	4	*	*	*	*
	General	0,770992	0,159768	4,82569	0,0000
06-E2	1	0,856631	0,223607	3,83097	0,0001
	2	0,583333	0,223607	2,60875	0,0045
	3	0,658120	0,223607	2,94320	0,0016
	4	-0,052632	0,223607	-0,23538	0,5930
	General	0,633028	0,147032	4,30536	0,0000

**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

De acuerdo con lo expresado en la tabla, tomando como referencia los valores “General” para cada uno de los operarios se observa que cuatro de ellos, que sería la mitad exacta del número de operarios encuestados, tienen un valor del estadístico de Kappa superior a 0,75 lo que indica que existe una buena concordancia, mientras que la otra mitad obtuvo el valor del estadístico de Kappa por encima de 0,40 y por debajo de 0,75, por lo que no se puede inferir que la concordancia es poca, más bien los valores tienden a estar cercanos a 0,75. Con

esto se puede afirmar, que el sistema de medición para el registro de paradas no planificadas es válido para realizar un análisis para identificar las causas raíces que originan los tiempos improductivos en el área de envasado de productos de uso arquitectónicos.

#### 4.2.5. Análisis de la Capacidad de Proporción de defectuosos (Envases)

A continuación se presenta un análisis de capacidad sobre la proporción de envases defectuosos de cada una de las líneas a estudiar. Gutiérrez y De la Vara (2009) destacan que la carta  $p$  (proporción de defectuosos) es ampliamente usada para evaluar el desempeño de una parte o de todo un proceso, tomando en cuenta su variabilidad con el propósito de detectar causas o cambios especiales en el proceso, la idea de la carta es la siguiente:

- De cada lote, embarque, pedido o de cada cierta parte de la producción, se toma una muestra o subgrupo de  $n_i$  artículos, que pueden ser la totalidad o de una parte de las piezas bajo análisis.
- Las  $n_i$  piezas de cada subgrupo son inspeccionadas y cada una es catalogada como defectuosa o no. Las características o atributos de calidad por los que una pieza es evaluada como defectuosa, pueden ser más de uno, una vez determinados, los atributos bajo análisis, es preciso aplicar atributos bajo análisis, es preciso aplicar criterios y/o análisis bien definidos y estandarizados.
- Si de las  $n_i$  piezas del subgrupo  $i$  se encuentra que  $d_i$  son defectuosas (no pasan), entonces en la carta  $p$  se grafica y analiza la variación de la proporción  $p_i$  de unidades defectuosas por subgrupos:

$$p_i = \frac{d_i}{n_i}$$

Así, de acuerdo con la distribución binomial se sabe que la media y la desviación estándar de una proporción están dadas respectivamente por:

$$u_{p_i} = \bar{p} y \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

donde  $n$  es el tamaño del subgrupo y  $\bar{p}$  es la proporción promedio de artículos defectuosos en el proceso. De acuerdo con esto, los límites de control de la carta  $p$  con tamaño de subgrupo constante, están dados por:

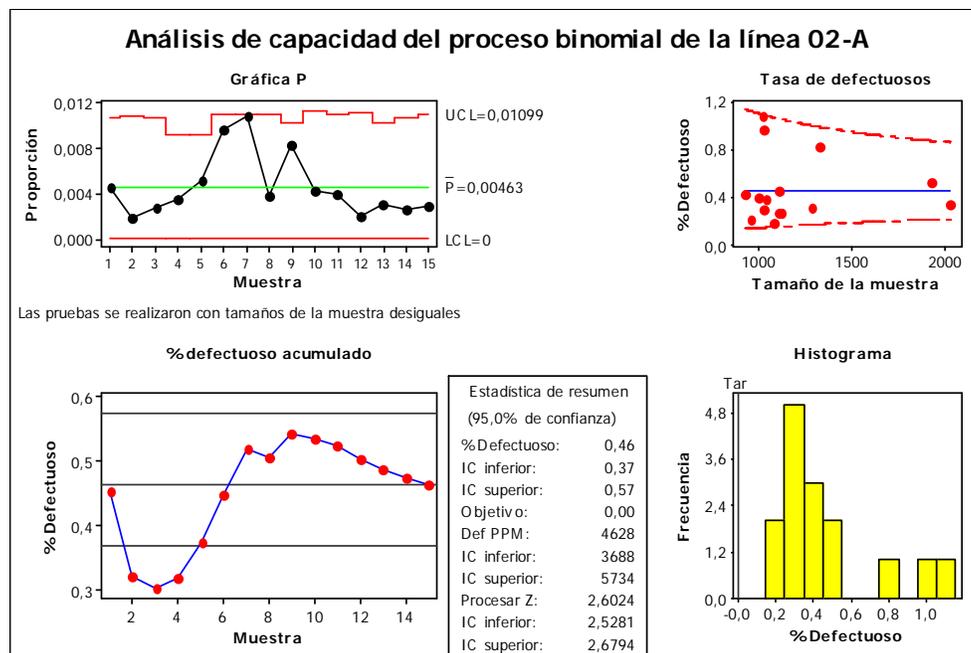
$$\text{Línea Central} = \bar{p}$$

$$\text{Límite de control inferior} = LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{Límite de control superior} = LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

A continuación se presentan los análisis de capacidad de proporción de defectuosos de las líneas estudiadas, cabe destacar que cuando se hace mención de proporción de defectuosos se hace referencia a aquellas proporciones de los lotes en donde los envases son desechados por distintas causas entre ellas, salpicaduras de pinturas y derramamiento de pintura, éstos envases no son recuperados por lo que son desechados. Un criterio que es utilizado, es que cuando se dañe la etiqueta el envase no puede ser desechado sino reprocesado.

**Figura 11.** Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 02-A, para los meses de Enero y Febrero de 2012



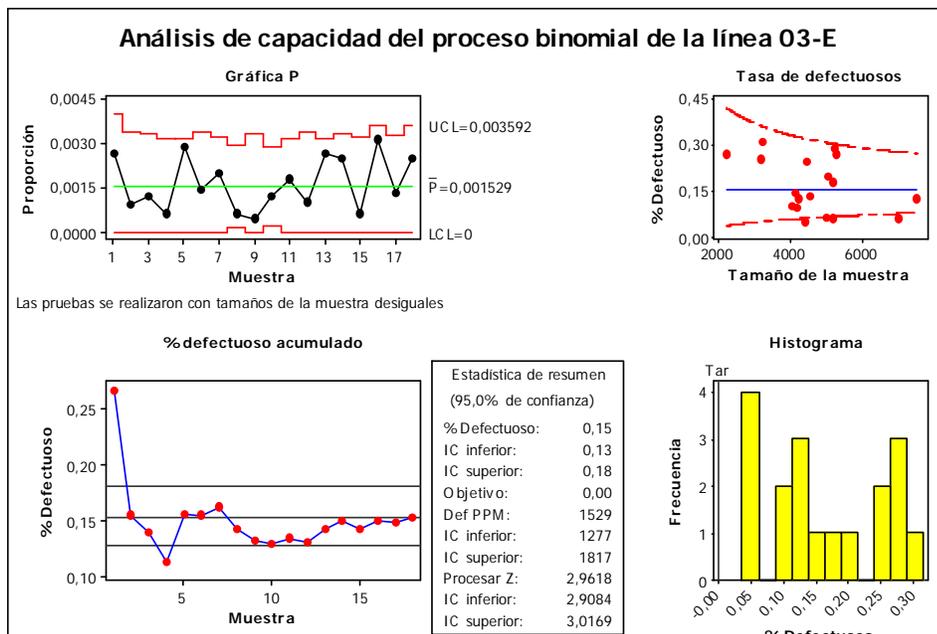
**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Como lo indica la gráfica anterior el gráfico  $p$  señala la proporción de galones defectuosos durante el tiempo de estudio con la finalidad de evaluar el desempeño del proceso de cumplir con las especificaciones establecidas, los límites de control fluctúan a lo largo del periodo debido a que los números de lotes de pintura no eran constantes, es importante destacar que la posibilidad de calcular un  $\bar{p}$  debido a la alta variabilidad de los lotes envasados. La gráfica  $p$  señala que no hay puntos fuera de los límites de control indicando que el proceso está estable.

En el histograma, se aprecia que existe una gran frecuencia a generar poco porcentaje de defectuosos inferior al 0,4%, mientras que hay una baja frecuencia para generar un gran porcentaje de defectuosos. La gráfica de tasa de defectuosos ayuda a determinar si el porcentaje de elementos defectuosos en un subgrupo (% Defectuoso) está correlacionado con el tamaño de la muestra del subgrupo, con el número de muestras cercanas a 1000, se observan una gran cantidad de puntos por lo que se podría asumir una correlación pero sólo para valores cercanos a 1000. En la gráfica de porcentaje de defectuoso acumulado se ayuda a verificar si se han recolectado datos de suficientes muestras para calcular

un estimado estable del porcentaje medio de elementos defectuosos (% de defectuosos) en el proceso. En la gráfica se observa que el estudio no incluye suficientes muestras para estimar la media de % de defectuosos, por lo que no se puede realizar un pronóstico acerca del promedio de defectuosos en la línea.

**Figura 12.** Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 03-E, para los meses de Enero y Febrero de 2012



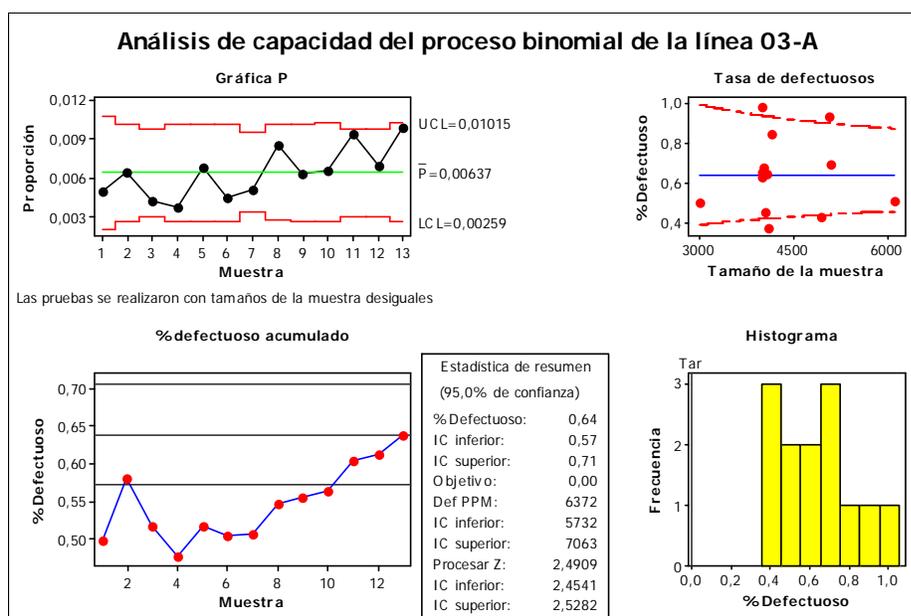
**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

En la línea 03 de emulsiones, se pudo apreciar un comportamiento similar a la gráfica de la línea 02-A. En la gráfica anterior se señala la proporción de galones defectuosos durante el tiempo de estudio con la finalidad de evaluar el desempeño del proceso de cumplir con las especificaciones establecidas, los límites de control fluctúan a lo largo del periodo debido a que los números de lotes de pintura no eran constantes. La gráfica *p* señala que no hay puntos fuera de los límites de control lo que indica que el proceso está bajo control estadístico. En el histograma, se aprecia que existe una gran frecuencia a generar poco porcentaje de defectuosos inferior al 0,20%, mientras que hay una baja frecuencia para generar un gran porcentaje de defectuosos (0,05%). Por su parte, la tasa de defectuosos señala que el porcentaje de elementos defectuosos en un subgrupo (%)

Defectuoso) no está correlacionado con el tamaño de la muestra del subgrupo, simplemente porque los datos están dispersos en el gráfico y no hay homogeneidad.

En la gráfica de porcentaje de defectuoso acumulado, indica que la proporción de defectuosos se mantiene en un rango comprendido entre 0,10 y 0,20 con una gran concentración de datos alrededor de la proporción promedio de defectuosos.

**Figura 13.** Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 03-A, para los meses de Enero y Febrero de 2012



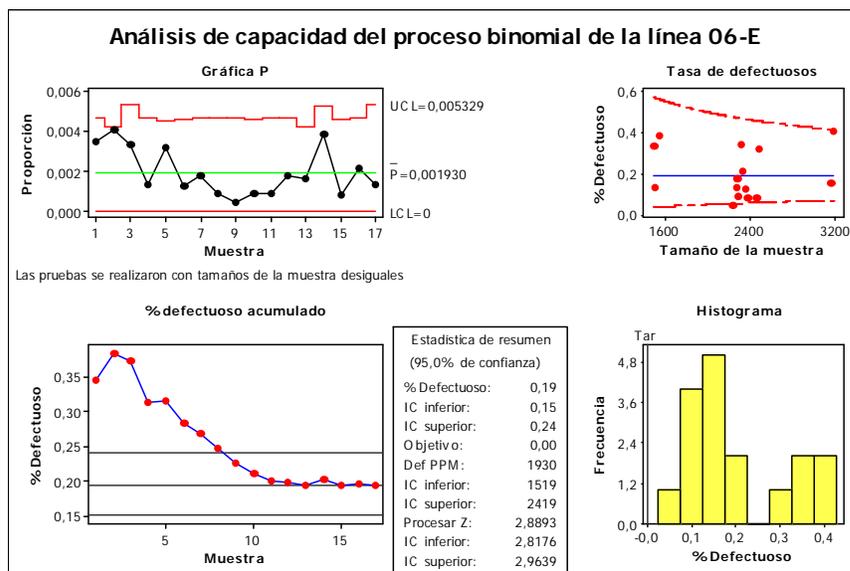
**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

En la línea 03 de esmaltes, se pudo apreciar un comportamiento distinto a las líneas analizadas anteriormente. Los límites de control son variables ya que no siempre se utiliza la misma cantidad de envases en los distintos lotes. La gráfica p señala que los puntos dentro de los límites de control indican que el proceso está bajo control estadístico. En el histograma, se aprecia que existe una gran frecuencia a generar poco porcentaje de defectuosos inferior al 0,4%, en esta línea en particular se observa que existen más barras de frecuencia que en las

otras líneas, sin embargo se observa que hay una baja frecuencia para generar un gran porcentaje de defectuosos (1 %). Por su parte, la tasa de defectuosos señala que el porcentaje de elementos defectuosos en un subgrupo (%defectuoso) no está correlacionado con el tamaño de la muestra del subgrupo, en la gráfica se observa que los datos están dispersos.

Por su parte, en la gráfica de porcentaje de defectuoso acumulado, indica que la proporción de defectuosos no mantiene ninguna tendencia para estimar la media de los envases defectuosos.

**Figura 14.** Análisis de capacidad proporción de defectuosos en la línea 06-E, para los meses de Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

En la línea 06 de emulsiones, en el gráfico *p* se señala la proporción de galones defectuosos durante el tiempo de estudio con la finalidad de evaluar el desempeño del proceso de cumplir con las especificaciones establecidas, los límites de control fluctúan a lo largo del período debido a que los números de lotes de pintura no eran constantes. La gráfica *p* señala que los puntos dentro de los límites de control indican que el proceso está bajo de control estadístico. En el histograma, se aprecia que existe una gran frecuencia a generar poco porcentaje



de defectuosos inferior al 0,2%, mientras que hay una baja frecuencia para generar un gran porcentaje de defectuosos (0,4%). Por su parte, la tasa de defectuosos señala que el porcentaje de elementos defectuosos en un subgrupo (% Defectuoso) no está correlacionado con el tamaño de la muestra del subgrupo, para un tamaño de muestra de 2400 envases, se encuentra una gran cantidad de puntos agrupados. Por otro lado, en la gráfica de porcentaje de defectuoso acumulado, indica que la proporción de defectuosos comienza a fluctuar de manera decreciente con valores cercanos a la media después de la muestra número 10, con esto se afirma que el estudio no incluye suficientes muestras para estimar la media de % de defectuosos.

#### **4.2.6. Análisis de la Capacidad de tiempos de Preparación y Puesta a Punto.**

A continuación se presenta un análisis de capacidad sobre el cumplimiento de los tiempos estimados para la preparación y puesta a punto para cada una de las líneas a estudiar. Por disposiciones del departamento de producción de C.A Venezolana de Pinturas, la preparación y puesta a punto de todas las líneas de envasado debe durar entre 10 y 30 min. Con esta información, los límites de especificación para determinar la capacidad estadística del proceso se encontrarán enmarcados entre los valores ya mencionados. (LSE=30 min y LIE=10 min). Para analizar la capacidad, se tomó un dato diario durante el periodo de estudio (Enero y Febrero de 2012) para cada una de las líneas al comienzo de la jornada laboral del tiempo registrado para la preparación y puesta a punto. Por otro lado, para realizar un estudio de capacidad de procesos es requerido que el proceso este bajo control estadístico, para ello se utilizará un gráfico de control por variable para comprobar la estabilidad del proceso; un índice de capacidad de proceso es una predicción, por lo tanto es fundamental realizar una prueba de estabilidad para poder realizar una predicción del comportamiento del proceso. Los gráficos de control se reseñan en la gráfica de capacidad de proceso presentada a continuación.

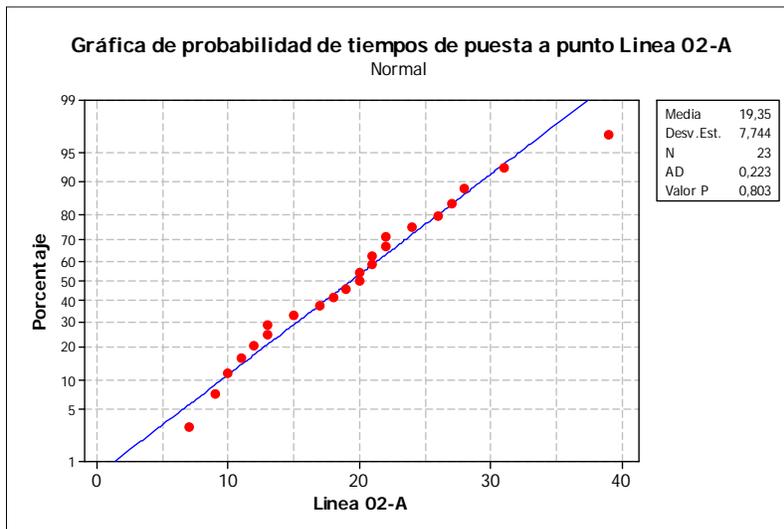
Para realizar un adecuado análisis estadístico de los datos, fue necesario corroborar sí el número de galones envasados por línea presentan un comportamiento normal para verificar que no existe alguna causa que distorsione el análisis o sí el comportamiento de los datos siguen otro comportamiento distinto a una distribución normal. Para ello se realizó el test de normalidad Anderson-Darling cuyos resultados se muestran a continuación para cada una de líneas estudiadas.

Marques (2001) señala que el estadístico Anderson-Darling está dado por la siguiente expresión:

$$A^2 = -n - \left(\frac{1}{n}\right) \sum [(2i - 1) \text{Ln}(p_{(i)}) + (2n + 1 - 2i) \text{Ln}\{1 - p_{(i)}\}]$$

Donde  $p_{(i)}$  es el área bajo la curva normal para el intervalo  $(-\infty, Z_{(i)})$ , o sea la función de la distribución normal estándar evaluada en el  $i$ -ésimo elemento (en orden ascendente) de la muestra. La hipótesis se plantea de la siguiente manera :  $H_0$ : La muestra aleatoria proviene de una distribución normal y  $H_1$ : La muestra aleatoria no proviene de una distribución normal. Para efectos de la presente investigación, como se evalúa la normalidad de los datos para un nivel de confianza de 95% y el P-valor (*P-Value*) deberá ser mayor que 0,05, para aceptar normalidad de los datos.

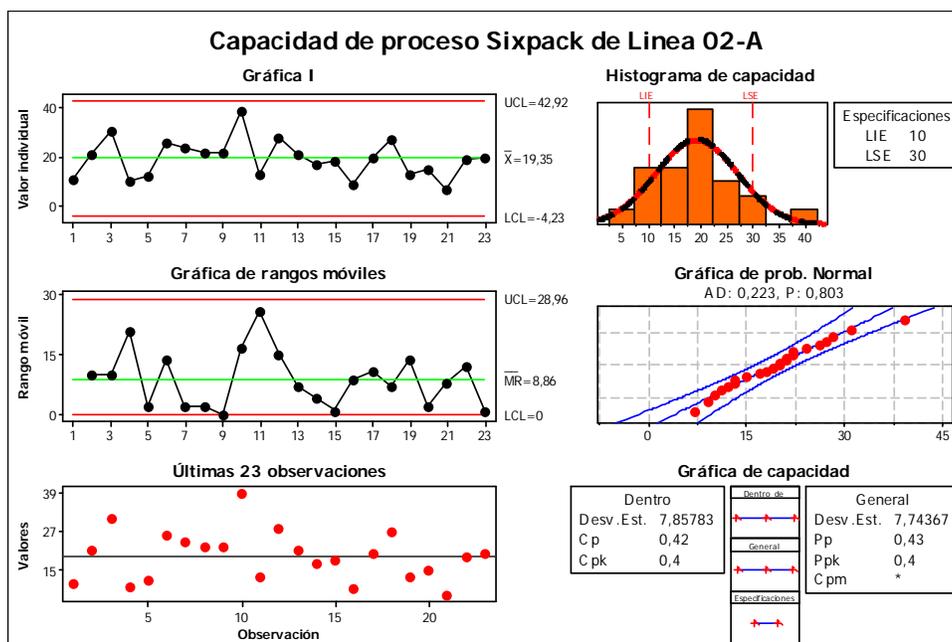
**Figura 15.** Test de Normalidad de tiempos de puesta a punto en la Línea 02-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

De acuerdo a lo que muestra la gráfica de probabilidad de la línea 02-A, los valores tienen un comportamiento normal, y lo afirma el valor del *P-Value* ya que éste es mucho mayor a 0,05, lo que indica que no existe evidencia estadística para rechazar  $H_0$ .

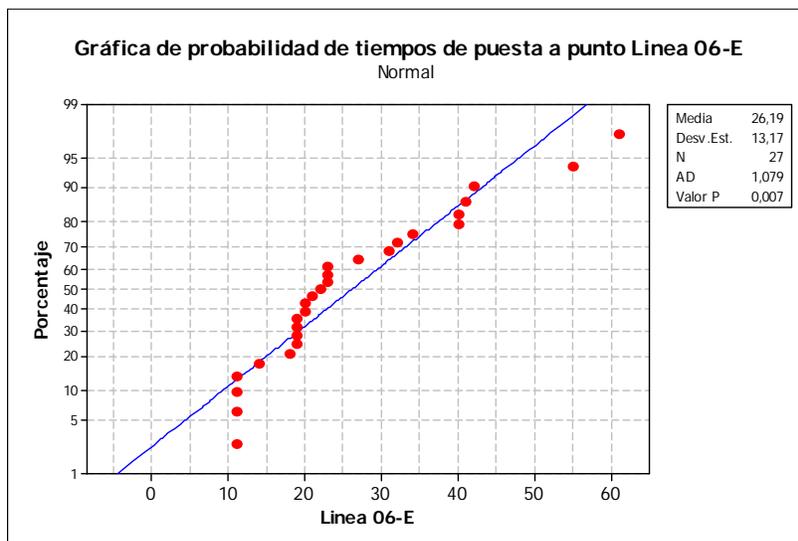
**Figura 16.** Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 02-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Cuando se menciona la capacidad del proceso se hace referencia a la aptitud que tiene éste para cumplir con las especificaciones, generalmente se describe por el coeficiente de capacidad ( $C_p$ ). En la abscisa del gráfico se denota los límites de especificación fijados por el cliente interno (el dpto. de producción), y la línea roja señala los tiempos generados por la puesta a punto durante los meses de Enero y Febrero de 2012. Las proyecciones a futuro en la gráfica que se representa por medio de una línea punteada denotan que es casi idéntica a la curva resaltada en rojo que indica la capacidad del proceso. Es ideal que la línea de envasado, se encuentre entre el rango de las especificaciones del cliente. Sí el proceso es capaz de producir entre los límites especificados, entonces el  $C_p$  y  $C_{pk}$  deben ser mayores a uno, comparando éstos valores con los valores del gráfico, se evidencia que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, ya que los valores de  $C_p$  es de 0,42 y  $C_{pk}$  de 0,40.

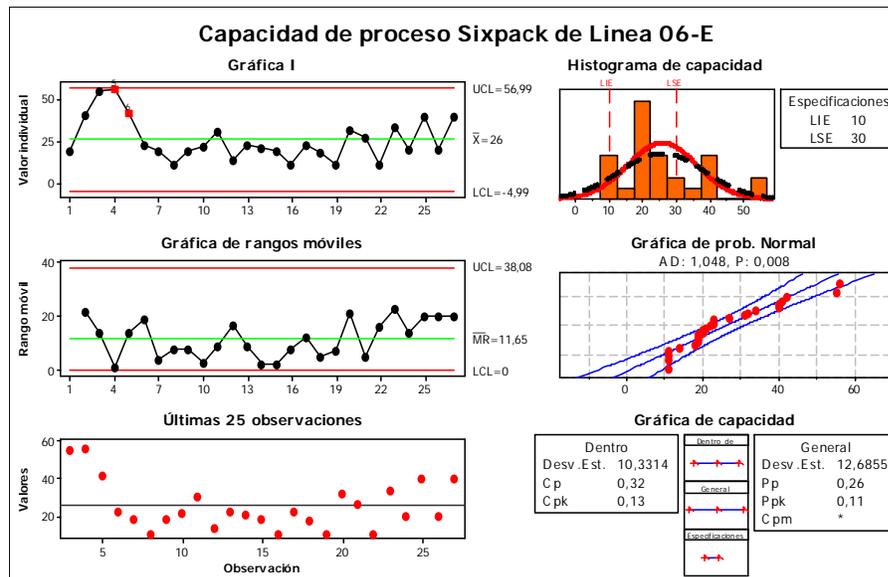
**Figura 17.** Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 06-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Como lo indica el gráfico de la línea 06-E, los valores tienen un comportamiento normal, y lo afirma el valor del *P-Value* ya que éste es mucho mayor a 0,05, lo que indica que se acepta la hipótesis nula la cual asume que los datos están normalmente distribuidos.

**Figura 18.** Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 06-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

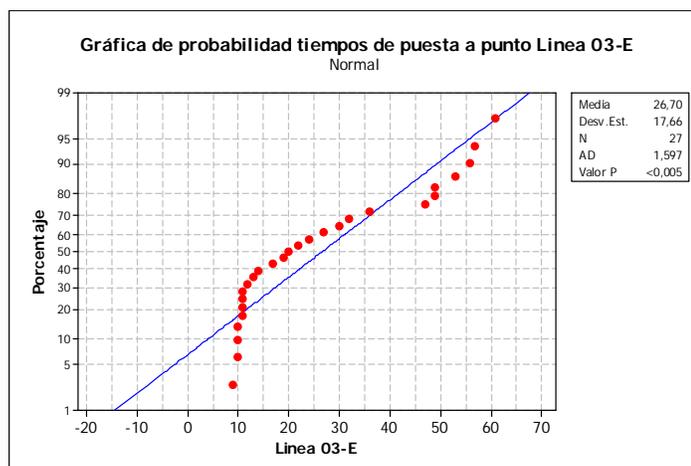
Según lo que indica la gráfica de Capacidad de envasado de la línea 06-E, el proceso no es capaz de producir entre los límites especificados, entonces los índices de capacidad Cp y Cpk deben ser mayores a uno, comparando éstos valores con los valores del gráfico, se evidencia que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, ya que los valores de Cp es de 0,26 y Cpk de 0,11.

Por otro lado, Lagos y Vargas (2003) destacan que cuando el supuesto de normalidad sobre la característica de calidad bajo estudio no se cumple, se presentan problemas para la aplicación de algunas técnicas en Control Estadístico de Procesos. Sin embargo, cuando esto sucede es posible transformar los datos no-normales a datos normales, a través de técnicas como el Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson. Se definen a continuación tres familias de distribuciones para una variable aleatoria  $X$  continua a saber:

- $S_B$ : Se refiere a  $X$  acotada.
- $S_L$ : Se refiere a  $X$  acotada por debajo o lognormal.
- $S_U$ : Se refiere a  $X$  no-acotada.

Para ajustar un conjunto de datos no-normales, es necesario establecer criterios que permitan determinar la pertenencia del mismo a una de las tres familias. Cada una de ellas tiene asociada una transformación de  $X$  a una variable normal estándar  $Z$ , así como condiciones especiales para los parámetros estimados y el rango de la variable  $X$ , que deben tenerse en cuenta cuando se va a escoger la familia con la que se quiere trabajar. El software Minitab 15 ajusta los datos de una vez de acuerdo al mejor criterio.

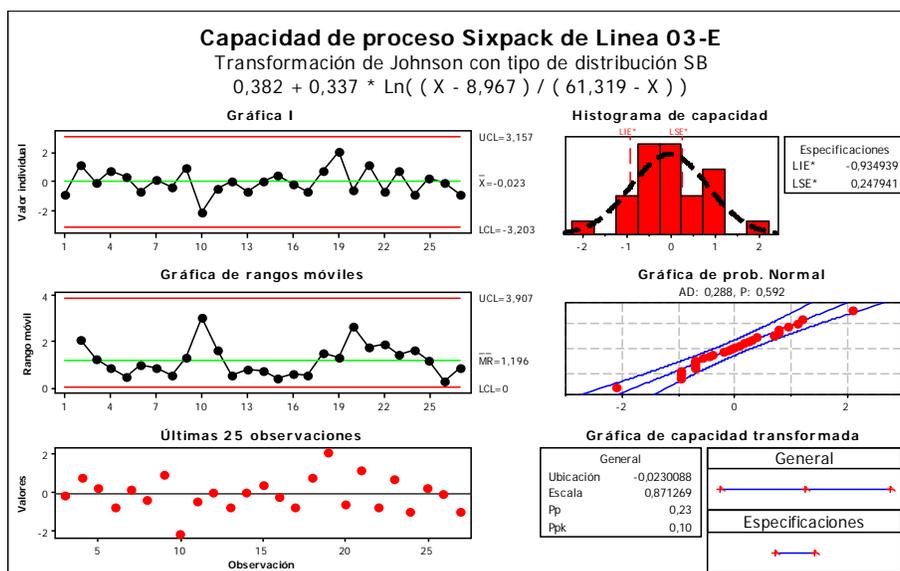
**Figura 19.** Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 03-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Como lo indica el gráfico, los valores no tienen un comportamiento normal, y lo afirma el valor del  $P$ -Value ( $P$ -Valor) ya que éste es mucho menor a 0,05, lo que indica que se acepta la hipótesis alternativa la cual asume que los datos no están normalmente distribuidos.

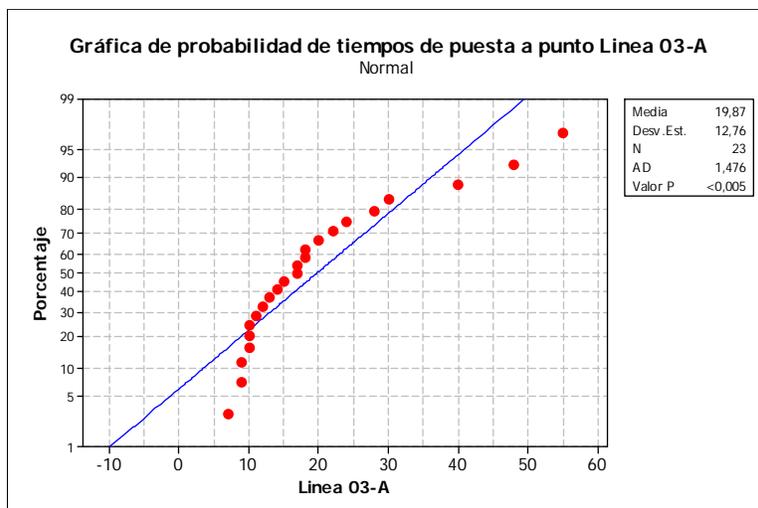
**Figura 20.** Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 03-E durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para este caso en particular como los datos no son normales, se realizó una transformación de Johnson para ajustar los datos. La línea punteada representa la proyección a largo plazo de la capacidad del proceso, es por ello que se utilizan los índices Pp y Ppk, estos índices estiman la capacidad del proceso bajo condiciones de operación más normales, en este caso se utiliza la variabilidad total del proceso (6S) en vez de la variabilidad natural (6 sigma). Como se puede apreciar, la gráfica de Capacidad del proceso de la línea 03-E, indica que el proceso no es capaz de cumplir los requerimientos, entonces los índices de capacidad Pp y Ppk deben ser mayores a uno, comparando éstos valores con los valores del gráfico, se evidencia que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, ya que los valores de Pp es de 0,23y Ppk de 0,10.

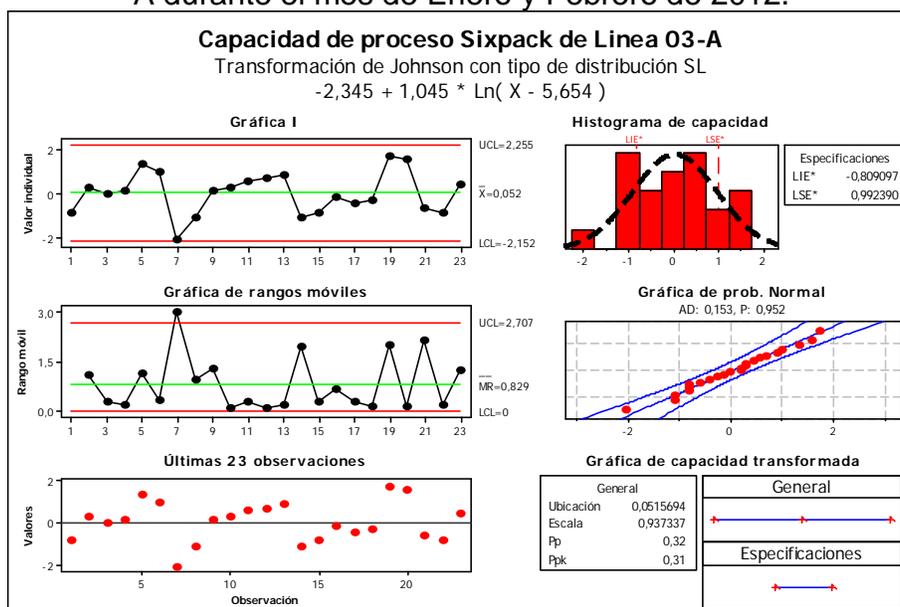
**Figura 21.** Test de Normalidad tiempos de puesta a punto en la Línea 03-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



Fuente: Software Estadístico Minitab 15

Como se puede apreciar en la gráfica de probabilidad de la línea 03-A, los valores no tienen un comportamiento normal, y lo corrobora el valor del *P-Value* ya que éste es mucho menor a 0,05, lo que indica que se acepta la hipótesis alternativa la cual asume que los datos no están normalmente distribuidos.

Figura 22. Capacidad del Proceso de Preparación y Puesta Punto de la Línea 03-A durante el mes de Enero y Febrero de 2012.



Fuente: Software Estadístico Minitab 15



Como se puede apreciar, la gráfica de Capacidad de envasado de la línea 03-A, indica que el proceso no es capaz de producir entre los límites especificados, entonces los índices de capacidad  $P_p$  y  $P_{pk}$  deben ser mayores a uno, comparando éstos valores con los valores del gráfico, se evidencia que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, ya que los valores de  $P_p$  es de 0,32y  $P_{pk}$  de 0,31.

Según Bahena (2006), en procesos Seis Sigma el valor ideal de  $C_p$  (o  $P_p$ ) y  $C_{pk}$  (o  $P_{pk}$ ) debería ser igual a 2 y a 1,5 respectivamente.

#### **4.2.7. Análisis de Modos y Efectos de fallas (AMEF)**

Gutiérrez y De la Vara (2009), indican que la metodología del análisis de modo y efecto de fallas permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las fallas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas.

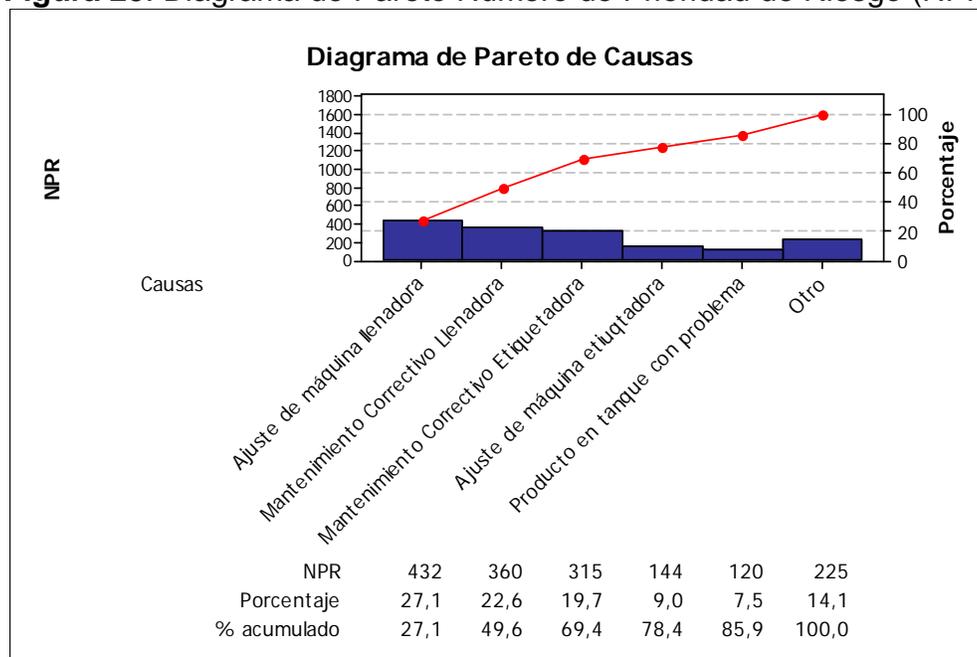
Para llevar a cabo esta metodología se conformó un equipo multidisciplinario comprendido por dos operarios con experiencia, el supervisor de envasado, un electricista, el supervisor de mantenimiento, un analista del laboratorio de calidad, un ingeniero de procesos y el tesista. Luego se identificaron y examinaron todas las formas posibles en que puedan ocurrir fallas en el proceso para determinar su severidad, ocurrencia y detección. Posteriormente, se realizó una lista de controles o mecanismos que existen para detectar la ocurrencia de la falla, antes de que el producto salga hacia procesos posteriores. Por último, se calculó el número prioritario de riesgo (NPR), que resulta de multiplicar la severidad por la ocurrencia por la detección. A continuación se reseña el análisis de modo y efectos de fallas para el área de envasado de productos arquitectónicos de C.A Venezolana de Pinturas:

Número	Función del Proceso	Efectos de fallaspotenciales	SEV	CausasPotenciales de fallas	OCC	Controles de ProcesosActuales	DET	NPR
1	Aprobación del laboratorio de calidad del producto	Retraso del proceso de envasado	3	Cuello de Botella en el proceso	7	Hoja de Verificación	3	63
		Baja productividad		Ocio en laslíneas		Formato de Control de Procesos		
		Disminución del desempeño de las líneas de envasado		Desperdicio de energía por inoperatividad en las líneas				
2	Ajuste de máquinas por parte del operario	Desajustes de la máquina etiquetadora	4	Fin de la vida útil de las partes de la máquina	9	Formato de Control de Procesos	4	144
				Temperatura inadecuada para el envasado		Observación del operario		
				Utilización de envases de diferentes proveedores				
		Desajustes de la máquina llenadora	8	Obsolescencia del equipo	9	Formato de Control de Procesos	6	432
				Falta de calibración de la máquina		Observación del operario		
Inestabilidad de las características del producto								
3	Orden y Limpieza en las líneas	Derramamiento de pinturas	3	Fallas en las distintas partes de la máquina	3	Hoja de Verificación	3	27
		Limpieza de los derrames		MáquinaLlenadoradescalibrada		Observación del operario		
		Parada de línea		Producto con grumos		Formato de Control de Procesos		
		Problemas de filtrado del producto						
4	Producto en tanque con problema	Retrabajo de producto en el tanque	8	Adición de materiales de manera no uniforme	3	Muestra de control del laboratorio de calidad	5	120
		Ajuste del producto con espuma		Residuos en el tanque de productos anteriores		Formato de Control de Procesos		
				Problemas en la dispersión del producto				
5	Cambio en la bobina de plástico de la máquina termoencogible	El producto no puede ser agrupado en bultos	6	El insumo no se encuentra disponible en el momento requerido	3	Observación del operario	1	18
		El operario encargado del paletizado incurre en ocio al no tener bultos que paletizar		El operario tiene que realizar largos recorridos para buscar la bobina de plástico				
		No habría producto para trasladar al almacén de producto terminado		El cambio de la bobina de plástico requiere un tiempo prudencial para evitar fallas posteriores				
6	Demora en el lavado del tanque	Retraso del proceso de envasado	5	Adherencia de productos anteriores en la paredes del tanque y tuberías utilizadas para el bombeo del producto	3	Observación del operario	3	45
		Requiere mayor cantidad de agua y solvente para limpiar los tanques y las tuberías		Mala Planificación al no llevar una secuencia de producción con productos de colores similares		Formato de Control de Procesos		
		El producto en el tanque puede requerir ajuste en sus características por residuos en las características						
7	MantenimientoCorre ctivo	Mantenimiento correctivo a la máquina etiquetadora	7	Fin de la vida útil de las partes de la máquina	9	Formato de Control de Procesos	5	315
				Temperatura inadecuada para el envasado		Orden de trabajo para el dpto. de mantenimiento		
				Utilización de envases de diferentes proveedores				
		Mantenimiento correctivo a la máquina llenadora	8	Obsolescencia del equipo	9	Formato de Control de Procesos	5	360
				Falta de calibración de la máquina		Orden de trabajo para el dpto. de mantenimiento		
Inestabilidad de las características del producto								
8	Retraso de insumos y Materia Prima	Retraso del proceso de envasado	6	No hay montcarguista para distribuir materia prima e insumos	3	Hoja de Verificación	4	72
		Retraso en la colocación de sticker y etiquetas		No hay en almacén insumos y materia prima		Observación del Operario		

**Tabla 6.** Análisis de Modo y Efecto de fallas en el área de envasado

Una vez realizado el Análisis de Modo y Efectos de fallas del área de envasado de productos arquitectónicos, se procedió a realizar un Diagrama de Pareto con la finalidad de organizar los datos para determinar las fallas con mayor incidencia en el proceso, es decir, que con el mayor número de prioridad de riesgo se puede conocer la falla que necesita una acción correctiva inmediata. A continuación se presenta el Diagrama de Pareto:

**Figura 23.** Diagrama de Pareto Número de Prioridad de Riesgo (NPR)



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Según lo que indica el gráfico, el 66,7% de las causas generan el 78,4% de los problemas siendo las causas más severas el ajuste de las máquinas por parte del operario (llenadora y etiquetadora) y mantenimiento correctivo a las máquinas (llenadora y etiquetadora). Para los números de prioridad de riesgo (NPR) más elevados se debe tomar acciones para disminuir severidad y/u ocurrencia, o en el peor de los casos mejorar la detección.



### **4.3. Fase III Seis Sigma. Analizar.**

Gutiérrez y De la Vara (2009), señalan que la meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Por lo tanto, en esta fase se deben desarrollar teorías que expliquen cómo es que las causas raíz generan el problema, y confirmar estas teorías con datos para tener las causas vitales que están generando el problema.

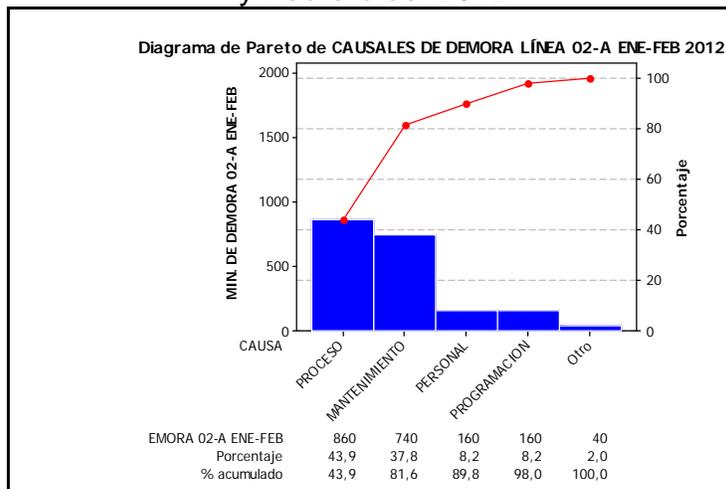
#### **4.3.1. Determinar Herramientas de Análisis**

La fase de Análisis puede mostrar deficiencias en el plan de recolección de los datos a utilizar en la investigación, lo que podría implicar en recolectar los datos nuevamente. Sin embargo, con la determinación de las herramientas de Análisis adecuadas se puede mostrar a detalle el desempeño y variabilidad del proceso. Muchas de éstas herramientas pueden ser gráficas que representan la interpretación de los datos. Entre las herramientas más destacadas a utilizar serán el Diagrama de Pareto, estadística descriptiva y el estudio de tiempos en el proceso de envasado.

#### **4.3.2. Análisis de Tiempos de paradas no planificadas/demoras en las líneas de envasado**

A continuación se presenta el diagrama de Pareto para registrar las demoras en minutos de las líneas 02-A, 03-A, 03-E y 06-E de los meses Enero y Febrero del año 2012. Dichos registros representan las demoras en las distintas líneas por paradas no planificadas durante los meses indicados.

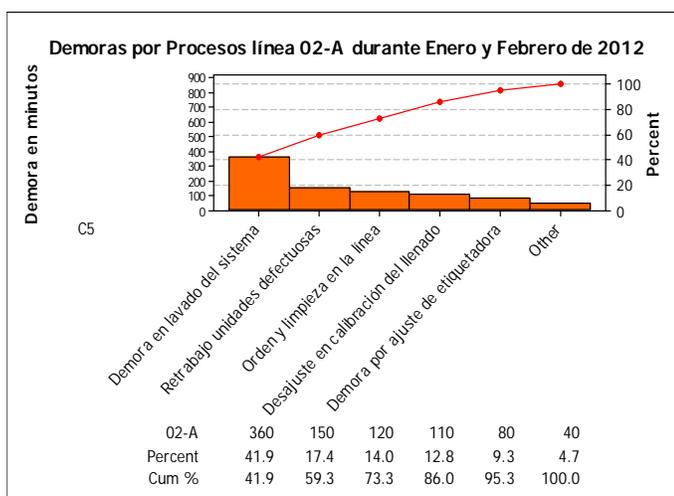
**Figura 24.** Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 02-A en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para los Meses de Enero y Febrero de 2012, en la línea el 81,6% de las demoras fueron originadas por el 28,6% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por mantenimiento entre lo que destaca mantenimiento correctivo a las máquinas y a su vez le siguió demoras en el proceso, es decir, por los métodos de trabajo en la planta.

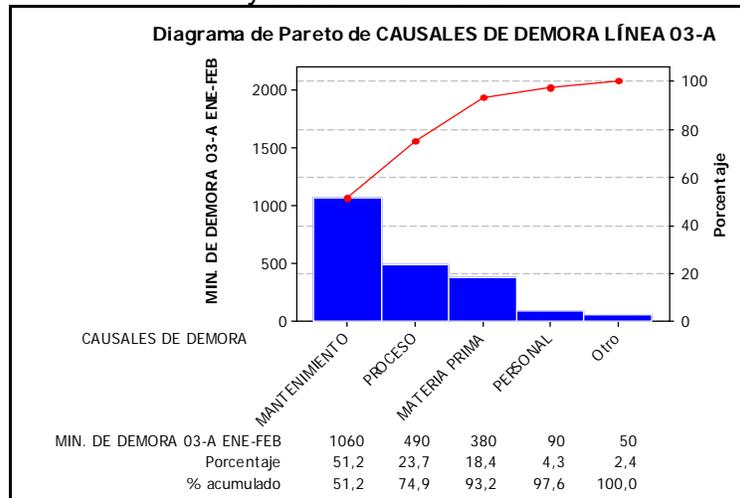
**Figura 25.** Diagrama de Pareto Demoras por Procesos Línea 02-A en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para los Meses de Enero y Febrero de 2012, en la línea el 73,3% de las demoras fueron originadas por el 50% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por demora en el lavado de los tanques, retrabajo de unidades defectuosas y limpieza de la línea causada por derramamiento de pintura en el área de llenado.

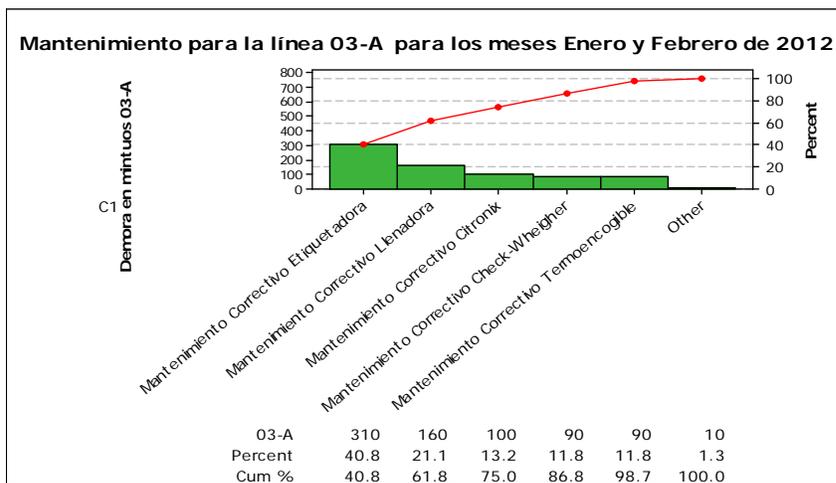
**Figura 26.** Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 03-A en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para los Meses de Enero y Febrero de 2012, en la línea el 74,9% de las demoras fueron originadas por el 28,6% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por mantenimiento entre lo que destaca mantenimiento correctivo a las máquinas y a su vez le siguió demoras en el proceso, es decir, por los métodos de trabajo en la planta.

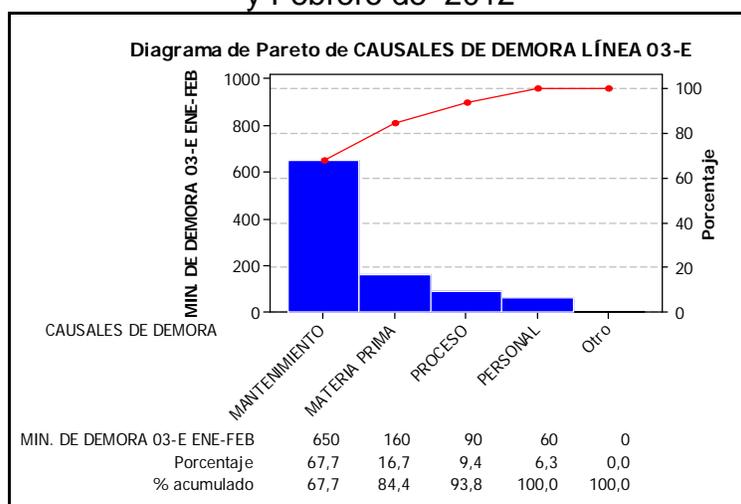
**Figura 27.**Diagrama de Pareto Demoras por Mantenimiento en la Línea 03-A en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para el inicio del año 2012 específicamente en los meses de Enero y Febrero, en la línea 03-A el 75% de las demoras fueron originadas por el 50% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por mantenimiento correctivo a la máquina etiquetadora, a la máquina llenadora y a la máquina impresora de información de lote (Citronix).

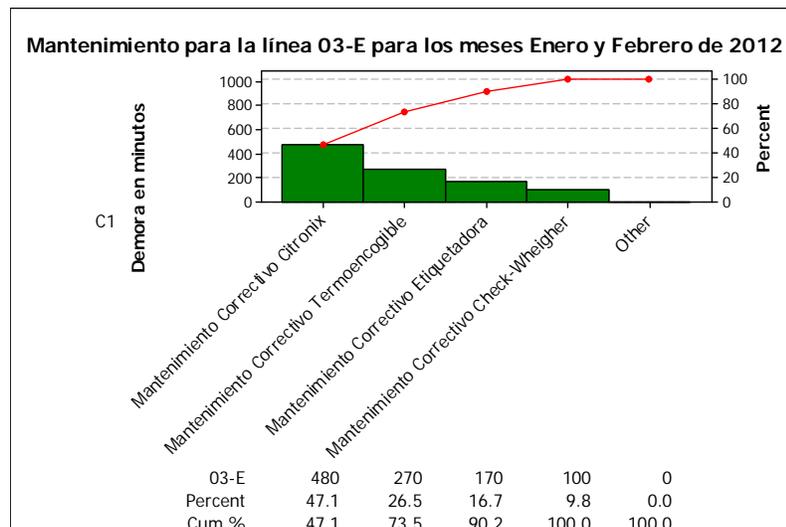
**Figura 28.** Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 03-E en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

En los dos primeros meses del año 2012, en la línea el 84,4%% de las demoras fueron originadas por el 28,6% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por mantenimiento entre lo que destaca mantenimiento correctivo a las máquinas y a su vez le siguió demoras en el despacho y suministro de materias primas para abastecer la línea.

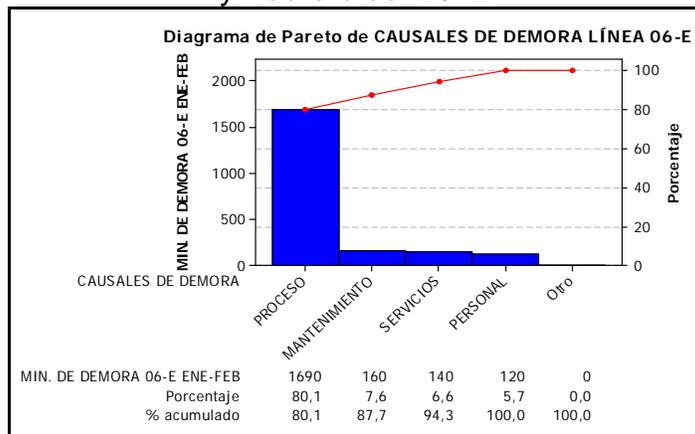
**Figura 29.**Diagrama de Pareto Demoras por Mantenimiento en la Línea 03-E en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para los dos primeros meses del año 2012, en la línea 03-E el 73,5% de las demoras fueron originadas por el 40% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas mantenimientos correctivos a las máquinas termoencogible y a la máquina impresora de la información de lotes de fabricación (Citronix).

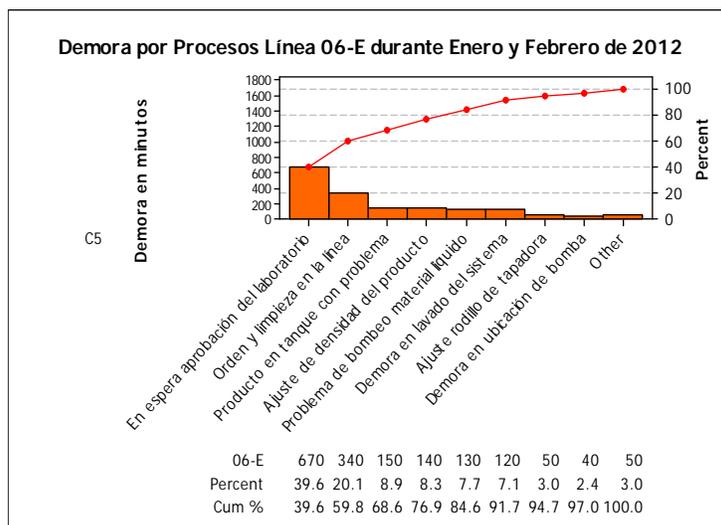
**Figura 30.** Diagrama de Pareto Causales de Demora Línea 06-E en el Mes Enero y Febrero de 2012.



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para el inicio del año 2012 específicamente en los meses de Enero y Febrero, en la línea el 80,1%% de las demoras fueron originadas por el 14,28% de las causas siendo las más determinantes las paradas no planificadas por demoras en el proceso que incide directamente en la ejecución de los métodos de trabajo.

**Figura 31.** Diagrama de Pareto Demoras por Procesos Línea 06-E en el Mes Enero y Febrero de 2012



**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

Para los dos primeros meses del año 2012, en la línea 06-E, el 76,9% de las demoras fueron originadas por el 44,4% de las causas siendo las más



determinantes las paradas no planificadas por esperas por aprobación del laboratorio de calidad, limpieza en las líneas por derramamiento de pintura, producto en tanque con problema y ajuste de densidad del producto.

### 4.3.3. Análisis de tiempos de puesta a punto en las líneas de envasado

*Kume*(1985), dice que cuando los valores observados se dividen en dos o más subpoblaciones según la condición que existía en el momento de recoger los datos, esas subpoblaciones se llaman estratos y la división de los datos en estratos se llama estratificación. Los valores observados siempre van acompañados de alguna variación. Por lo tanto, cuando los datos se estratifican según los factores que se cree que puedan causar variación, las causas de las variaciones se hacen más fácilmente detectables.

Para analizar los tiempos de puesta para las distintas líneas de envasado fue requerido aplicar la estratificación, debido a que los tiempos de puesta a punto varían considerablemente de acuerdo al tiempo de lavado del tanque para envasar otro producto con una nueva tonalidad. Cuando son colores similares no es necesario realizar el lavado de las tuberías y del tanque, pero en caso contrario si es requerido. Los datos fueron agrupados de tal forma que se pudieran clasificar de acuerdo con el requerimiento de lavado o no del tanque. A continuación se presentan las estadísticas descriptivas para cada una de las líneas:

**Tabla 7.** Estadísticas descriptivas: Líneas 02-A, 03-A, 03-E y 06-E. (Con lavado del tanque)

	Conteo					
Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Línea 02-A	9	30,00	10,00	20,00	40,00	20,00

	Conteo					
Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Línea 03-A	10	36,00	13,50	20,00	60,00	40,00

Conteo

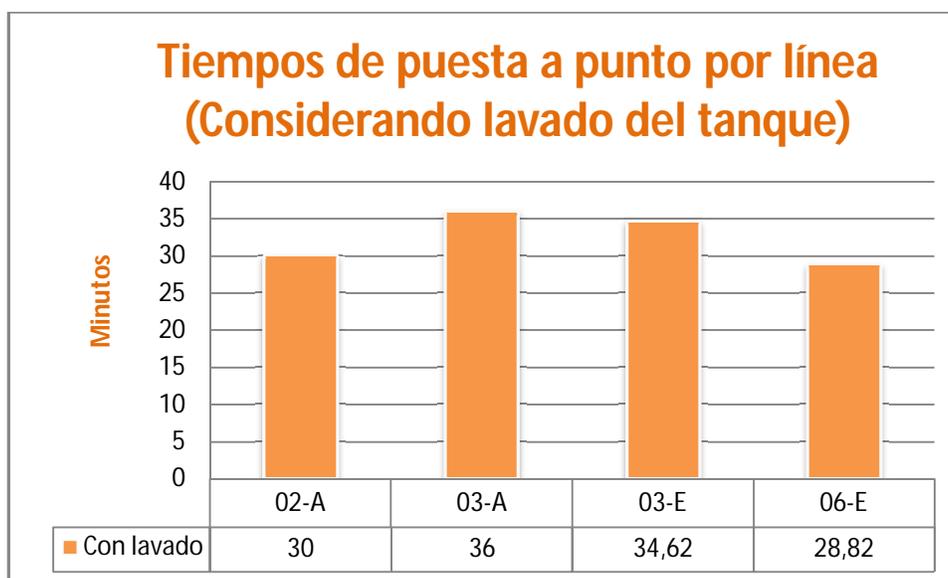
Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Línea 03-E	26	34,62	20,44	10,00	60,00	50,00

Conteo

Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Línea 06-E	17	28,82	13,64	10,00	60,00	50,00

**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

**Figura 32.** Tiempos de puesta a punto por línea considerando lavado del tanque



**Fuente:** Software Microsoft Excel 2007

De las estadísticas y de la gráfica anterior se puede analizar que el promedio de los tiempos de puesta a punto es muy similar entre cada una de las líneas, siendo la línea 03-A la línea que más tarda ya que como la línea envasados esmaltes la línea requiere un lavado especial aplicando solventes. Por otro lado, se evidencia una alta variabilidad en los tiempos de puesta de cada una de las líneas siendo la más crítica la línea 03-E con una desviación estándar de 20,44 minutos. Otro aspecto importante, es que el tiempo mínimo para preparar la línea es de 10 min, pero el máximo excede los 30 minutos establecidos por el



departamento de producción como el tiempo máximo permitido. En resumidas cuentas, el lavado del tanque ocasiona que aumente la variabilidad de los tiempos de puesta a punto ocasionando demoras. Cabe destacar que el número de observaciones entre líneas varía considerablemente, porque no todas las líneas envasan la misma cantidad de galones día a día y la segunda porque algunos registros en el formato de control de procesos estuvieron incompletos.

**Tabla 8.** Estadísticas descriptivas: Líneas 02-A, 03-A, 03-E y 06-E. (Sin lavado del tanque)

Conteo

Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Linea 03-E2	19	17,89	7,87	10,00	30,00	20,00

Conteo

Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
02-A	18	17,78	7,32	10,00	30,00	20,00

Conteo

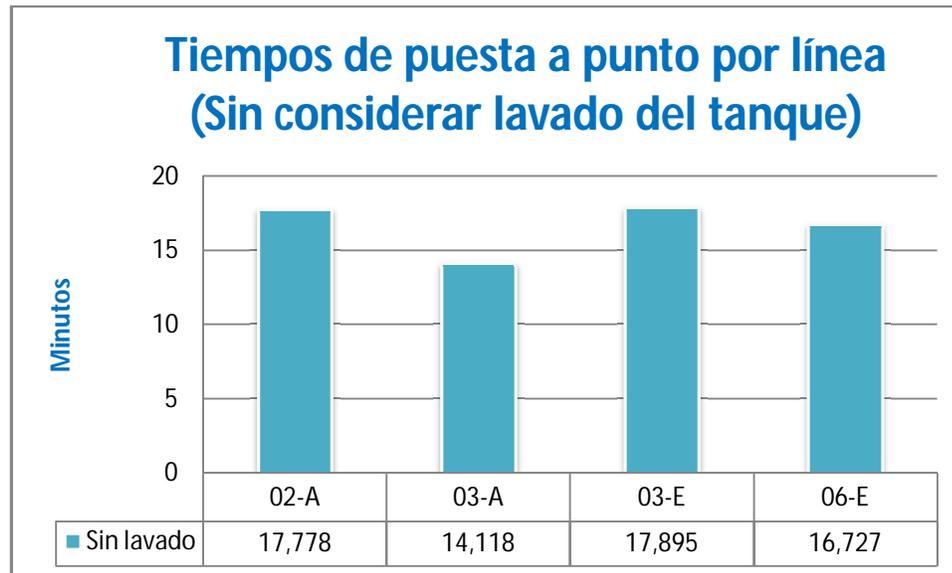
Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Linea 03-A2	34	14,12	6,09	10,00	30,00	20,00

Conteo

Variable	total	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
Linea 06-E2	55	16,73	7,95	10,00	40,00	30,00

**Fuente:** Software Estadístico Minitab 15

**Figura 33.** Tiempos de puesta a punto por línea sin considerar lavado del tanque



**Fuente:** Software Microsoft Excel 2007

De acuerdo con la gráfica reseñada anteriormente, se puede afirmar que al igual que los tiempos de puesta a punto por línea los promedios de cada una de las líneas son similares entre sí, lo que indica que existe un comportamiento parecido entre las líneas al momento de realizar la preparación. Otro aspecto importante, es que el tiempo mínimo para preparar la línea es de 10 min y el máximo de 30 minutos lo que señala que se cumple con la delimitación impuesta por el departamento de preparar la línea entre 10 y 30 minutos. A diferencia del análisis de los tiempos de puesta a punto considerando el lavado realizado previamente, se puede observar que la variabilidad es menor, teniendo como máximo 7,95 minutos en la línea 06-E.

Por otro lado, cabe destacar que el número de observaciones entre líneas varía considerablemente, por dos razones: la primera porque no todas las líneas envasan la misma cantidad de galones día a día y la segunda porque algunos registros en el formato de control de procesos estuvieron incompletos.



#### 4.3.4. Análisis de Tiempos Improductivos por procesar unidades defectuosas

Se realizó un estudio de tiempos con un cronometrado intermitente para registrar el tiempo de procesar una unidad no conforme. Para realizar un estudio de tiempos el analista debió normalizar la tarea, seleccionar el operario a observar, recolectar información complementaria, fijar una posición para el analista y dividir la operación en elementos. La tarea ya se encontraba normalizada, ya que siempre el llenado de los envases se realiza de la misma manera. Se observaron dos operarios, uno que coloca los envases antes de la máquina etiquetadora y otro que efectúa el llenado, se fijó una posición entre ambas posiciones de trabajo para observar todo el proceso y las operaciones se dividieron de la siguiente manera: colocación del envase, etiquetado y llenado. En la línea 06-E, los envases no son etiquetados porque según sus especificaciones ya vienen litografiados, en vez del etiquetado se le coloca antes del envasado un sticker de identificación de lote.

Para el cronometrado, se utilizó el método intermitente consiste en activar el cronometro al comienzo del estudio y luego, cada vez que finaliza un elemento se obtura la corona que devuelve la lectura a cero. En este caso se obtiene directamente la duración de cada elemento (para más detalle ver ANEXO E). De las diez observaciones que se realizaron se promediaron para cada operación, para determinar el tiempo promedio seleccionado. Este promedio se multiplicó por el número de envases defectuosos generados durante los meses de estudio para obtener el tiempo por procesamiento de unidades no conformes.

#### Cálculo tipo TPS(línea 06-E):

$$TPS = \text{Tiempopromediocolocacióndelenvase} + \text{Tiempopromedioetiquetado} + \text{Tiempopromediodelllenado}$$

$$= \left[ \frac{(6 + 5 + 5 + 5 + 4 + 4 + 4 + 5 + 4 + 5 + 5)}{10} + \frac{(5 + 7 + 3 + 5 + 5 + 7 + 4 + 4 + 4 + 3)}{10} + \frac{(27 + 26 + 31 + 33 + 30 + 29 + 30 + 31 + 27 + 28)}{10} \right]$$

$$TPS = 38,70 \text{ seg}$$



**Tabla 9.**Tabla resumen tiempos improductivos por procesar unidades defectuosas

Línea de Envasado	TiempoPro medio (seg)	Número de envases defectuosos Enero	Número de envases defectuosos Febrero	Tiempom uertoEne ro	TiempoMue rtoFebrero	Total Segundos	Total horas
02-A	30,1	11	177	331,1	5327,7	5658,8	1,571
03-A	25,4	147	639	3733,8	16230,6	19964,4	5,545
03-E	22,5	49	86	1102,5	1935	3037,5	0,843
06-E	38,7	24	65	928,8	2515,5	3444,3	0,956

De la tabla anterior se puede afirmar que la mayor cantidad de número de envases defectuosos proviene de las líneas de esmaltes (02-A y 03-A), y esto debido a que el producto tiene en su composición gran contenido de aceite lo que dificulta la remoción de cualquier mancha o salpicadura. Mientras que los envases de las pinturas emulsionadas pueden ser limpiados con mayor facilidad (producto de base acuosa) que los envases de pinturas de esmalte logrando evitar el desecho de la unidad.

#### **4.3.5. Identificación de las causas raíces de los problemas**

Los tiempos improductivos son generados en gran parte por tres de los indicadores mencionados anteriormente, los cuales son paradas no planificadas, preparación y puesta a punto y procesamiento de unidades no conformes. En el caso de los tiempos de preparación y puesta a punto, se consideran que son parte del proceso y no pueden ser considerados como demoras, sin embargo las tareas no estandarizadas y la mala planificación de colores a envasar puede retrasar de manera significativa el proceso.

A continuación se presenta una tabla resumen con los tiempos improductivos por paradas no planificadas y procesamiento de unidades no conformes, para los meses de Enero y Febrero de 2012:

**Tabla 10.**Tabla resumen tiempos improductivos Enero y Febrero de 2012.

Línea de Envasado	Procesar Unidades No conformes	Paradas No planificadas	Total (Hrs)
Línea 02-A	1,5720	52,833	54,405
Línea 03-A	5,5460	55,830	61,376
Línea 03-E	0,8440	24,500	25,344
Línea 06-E	0,9600	49,667	50,627
<b>Total</b>	8,922	182,830	191,752
<b>%</b>	4,652884976	95,34711502	

De la tabla se puede apreciar que las paradas no planificadas generan mayores retrasos que el procesamiento de unidades no conformes. Entre las causas principales destacan esperas prolongadas por aprobación del producto por el laboratorio de calidad, ajustes de la máquina por parte del operario en específico para la máquina etiquetadora y llenadora, demora en el lavado de los tanques, cambio de bobina de plástico en la máquina termoencogible, producto en tanque con problemas, mantenimiento correctivo a las máquinas anteriormente descritas y retrasos en los insumos. Por otro lado, el procesamiento de unidades no conformes se debe principalmente problemas con las máquinas durante el proceso.

**Tabla 11.**Resumen de tiempos de puesta a punto por línea.

Línea de Envasado	Media de tiempos de puesta punto sin lavado del tanque (Minutos)	Media de tiempos de puesta punto con lavado del tanque (Minutos)
02-A	17,778	30
03-A	14,118	36
03-E	17,895	34,62
06-E	16,727	28,82
<b>Promedio</b>	16,6295	32,36



Por último, como se puede apreciar en la tabla anterior los tiempos de puesta a punto son muy variables debido al lavado del tanque y por falta de estandarización de las operaciones. Sí se logra evitar el lavado del tanque y estandarizar los métodos de trabajo de la puesta a punto se puede reducir en al menos 50,39% los tiempos de preparación de las líneas.

#### **4.4. Fase IV Seis Sigma. Mejorar.**

Gutiérrez y De la Vara (2009), señalan que con lo que se realizó en la etapa previa se está listo para que en esta etapa se desarrollen, implementen y evalúen las soluciones que atiendan las causas raíces detectadas anteriormente.

##### **4.4.1. Aplicación de las Cinco Eses (5'S)**

La aplicación de esta metodología es requerida para fijar un patrón de orden y limpieza en las líneas de envasado. Sin duda alguna, esto marca un precedente para proponer mejoras en la estandarización y mejoras de los métodos para la preparación y puesta aplicando la metodología SMED (Single Minute of Exchange of Die). Manteniendo la línea siempre limpia y ordenada, se puede reducir los tiempos improductivos, ya que se puede ubicar “cada cosa en su lugar”.

Gutiérrez (2005), destaca que las Cinco Eses es una metodología que permite organizar el lugar de trabajo, mantenerlo funcional, limpio y con las condiciones estandarizadas y la disciplina necesaria para hacer un buen trabajo. Bajo este escenario es preciso aplicar la metodología de las 5'S, cuyo nombre proviene de la siguiente terminología en japonés:

- Seiri (seleccionar). Seleccionar lo necesario y eliminar lo que no es.

Con este principio lo que se busca es que en los espacios de trabajo, en este caso las líneas de envasado de productos para usos arquitectónicos, se debe seleccionar lo que es realmente necesario e identificar aquellas cosas que no agregan valor al proceso, para luego desecharlas sí es necesario.

- ✓ Utilizar las paletas que sean estrictamente necesarias para el desarrollo del proceso.



**Figura 34.** Fotografía de las paletas usadas en el proceso

- ✓ Adicionar en las líneas sillas que permitan la disminución de la fatiga de los trabajadores, estos señalan que duran toda la jornada de pie y que en tal caso, las sillas pueden ser ubicadas fácilmente sin afectar la producción diaria. En las demás líneas de envasado, se deberían reparar las sillas debido a que su gran mayoría se encuentra en muy mal estado.



**Figura 35.** Fotografía estado de las sillas en planta

- ✓ Reubicar tambores en la puerta lateral izquierda que obstaculiza el tránsito por el área, al igual que las cajas de mantenimiento industrial apiladas en una paleta ubicada en el otro lado de la puerta.



**Figura 36.** Fotografía de elementos a reubicar.

- Seiton (orden). Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa.
  - ✓ En las distintas líneas se observa que las cosas no se encuentran en su respectivo sitio, como por ejemplo los formatos de control de procesos se encuentran dispersos desde el área de etiquetado hasta el área de llenado, en cada línea se evidencia que la ubicación exacta de los formatos sólo es conocida por el personal asignado a la línea, por lo que cuando el supervisor de envasado requiere o alguna otra persona requiera encontrar los formatos pierde tiempo valioso en la búsqueda. Es requerido incorporar a las líneas un recipiente contenedor para ubicar los formatos de control de procesos a una altura adecuada para el contacto visual y la ubicación deberá ser próxima a una de las mesas con la finalidad de que los operarios puedan rellenar los formatos de la manera más cómoda posible.
  - ✓ Colocar un(os) estante(s) de herramienta(s) en una ubicación estratégica para que los operadores pierdan la menor cantidad de tiempo posible a la hora de hacer puesta a puntos y ajustes en las máquinas. Se ha observado, que existe una dependencia entre líneas con el uso de herramientas en el mismo momento, por lo que se necesita esperar que termine de utilizar la herramienta el operario para que otra la pueda usar.
  - ✓ Delimitar un área marcada que indique la colocación de envases y scrap, según una nomenclatura preestablecida (Color). (Para más detalle ver ANEXO D.)



**Figura 37.** Fotografía recolección de Scrap

- ✓ Alinear las paletas de modo que las aristas de la misma no obstruyan el paso de los montacargas.



**Figura 38.** Fotografía posicionamiento de las paletas

- ✓ Colocación de un dispensador o recipiente contenedor de rollos de plástico a una altura conveniente con la finalidad de eliminar la ejecución de movimientos disergonómicos de segundo orden por parte del operario.



**Figura 39.** Rollos para paletizado.

- ✓ Adaptar un dispensador en la termoencogible para almacenar los rollos de plástico que usa dicha máquina.



**Figura 40.** Bobina de plástico para la termoencogible

- Seiso (limpiar). Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas.
  - ✓ La limpieza deberá ser realizada una vez que termine de envasar un lote de producto esto con la finalidad de reducir los tiempos de preparación y puesta a punto de cada una de las líneas. El operario deberá tener en las líneas un kit de limpieza que incluya unos paños para limpiar, haragán, solvente para remover el producto que se derrame y bolsas plásticas de suficiente capacidad para botar desechos.
  - ✓ Identificar los tambores de basura, de modo que indique el tipo de desperdicio que recolecta. Además, sería provechoso colocar tres tambores de basura en cada línea, cerca de la llenadora a fin de evitar recorridos innecesarios por parte del operario, esto también con la finalidad de estandarizar el manejo de los desperdicios en planta. (Para más detalle sobre la ubicación de los contenedores de basura, ver ANEXO D).



**Figura 41.**Fotografía Contenedores de basura



- Seiketsu (estandarizar). Cómo mantener y controlar las tres primeras eses.
  - ✓ Para las distintas líneas sería beneficioso ubicar en el área de trabajo una fotografía del cómo debería estar en condiciones normales la línea, de modo que esto sirva como un patrón de referencia que permita que el operario tenga presente cómo debe permanecer su sitio de trabajo.
  - ✓ Amonestar al personal que incurra en faltas graves tales como ausencias injustificadas o incumplimiento del horario de trabajo.
  - ✓ Fijar metas de producción diaria por línea, para incentivar a los trabajadores. Se puede elaborar unas pancartas en donde se refleje el desempeño de cada una de las líneas en un lapso de tiempo, mostrando información acerca de metas fijadas y resultados obtenidos.
  - ✓ Otorgar al personal una planificación semanal, en dónde se señale de forma resumida la información básica de los lotes a envasar.
  - ✓ Los registros del formato de control de procesos deberá ser llenado de manera obligatoria sin ninguna salvedad, para ello se requiere la constante supervisión del encargado del área de envasado.
  - ✓ Reconocer de forma pública a las líneas que hayan cumplidos sus metas de envasado. El reconocimiento puede ser realizado mensualmente.
  - ✓ El personal deberá ser adiestrado constantemente, con talleres, conferencias y charlas.
- Shitsuke (autodisciplina). Convertir las 4 eses en forma natural de actuar.
  - ✓ Para lograr que las cuatro primeras eses sean una forma natural de actuar es indispensable toda la colaboración de los operarios de cada una de las líneas, además se requiere que periódicamente exista un mecanismo de control encabezado por los supervisores directos del área, en donde exista un registro del desempeño de la línea.



---

#### **4.4.2. Plan de Acciones Correctivas para disminuir unidades defectuosas y para reducir paradas no planificadas.**

A continuación se presenta una tabla con las acciones correctivas para disminuir la proporción de envases defectuosos y para reducir las paradas no planificadas. Es importante señalar, que el procesamiento de unidades no conformes se debe principalmente a problemas con las máquinas durante el proceso, en especial de la máquina llenadora, debido a fallas en el equipo o por problemas con el producto en el tanque (grumos, espuma, nata, etc.). Todas las demoras reseñadas se deben a paradas no planificadas, sin embargo, hay elementos que logran que incremente la proporción de defectuosos con las causas señaladas anteriormente.

Código de Parada/Demora	AcciónCorrectiva	Fecha Propuesta	Responsable
En espera por aprobación del laboratorio	Mejorar la notificación entre el las líneas de envasado y el laboratorio, de modo que los operarios que dejan la muestra puedan retirar sin contratiempos los resultados y aprobación de la muestra.	15/04/2012	Jefe de calidad/Analistas de Calidad
	Los secadores requieren ser reemplazados con un equipo de mayor capacidad que permita realizar el secado de múltiples muestras en simultáneo, de modo que no necesite realiza pruebas individuales.	18/06/2012	
	Evaluar la posibilidad de incorporar un analista de calidad a medio turno de modo que minimice la carga de trabajo al inicio de la jornada. Generalmente, hay "cuellos de botellas" para iniciar el envasado de lotes tanto de pinturas emulsionadas y de esmalte	01/07/2012	
Ajuste de la llenadora y Mantenimiento correctivo de la llenadora	Asignar a un jefe de las líneas las herramientas adecuadas para realizar los ajustes a las máquinas.	15/05/2012	Supervisor de Envasado/Supervisor de Mantenimiento/ Mecánico/Operario de la línea
	Dotar de copas y uniones (repuestos de las máquinas) en inventario que son las piezas de mayor desgaste.	01/07/2012	
	Determinar el ciclo de vida de los repuestos para estimar la reposición en inventario de dichos repuestos.	01/11/2012	
	Reemplazar periódicamente (cada 6 meses) los filtros de cesta para evitar los grumos obstruyan las tuberías.	01/07/2012	
	Para el inicio del envasado revisar la presurización de la máquina (entre 20 y 30 psi), para que el llenado sea uniforme cumpliendo con las especificaciones requeridas de masa de producto para el llenado.	15/04/2012	
	El operario debe asegurarse de verificar visualmente el nivel de espuma de producto. Dicha espuma, puede alterar considerablemente el volumen de llenado del producto.	15/04/2012	
	Cumplir a cabalidad el plan de mantenimiento preventivo desarrollado por el departamento de Mantenimiento de la empresa.	15/04/2012	
Ajuste de la etiquetadora y mantenimiento correctivo de la etiquetadora	Ubicar la pega caliente en los estantes para cubrir la planificación de la semana.	01/06/2012	Supervisor de Envasado/Supervisor de Mantenimiento/ Mecánico/Operario de la línea
	Calibrar los termostatos del sistema de la pega caliente de la etiquetadora para evitar posibles deformaciones en los envases	15/04/2012	
	Suplir a cada una de las líneas con las llaves de ajuste necesarias. La falta de herramientas ocasiona esperas prolongadas ya que hay muy pocas herramientas para suplir las necesidades de ajuste de todas las líneas.	02/07/2012	
Orden y Limpieza en la línea	Asignar un kit de limpieza a cada línea con un haragán, cepillo, esponja y espátula, para asegurarse de que la línea quede totalmente limpia luego de que ocurra un derramamiento de pintura.	02/07/2012	Supervisor de Envasado/Supervisor de Mantenimiento/ Mecánico/Operario de la línea
	Realizar un chequeo periódico del estado de las tuberías, tanto de las de bombeo como las de limpieza (las de agua) mensualmente con la finalidad de identificar cualquier desperfecto que afecte el desempeño de los equipos.	15/04/2012	
	Asignar un lugar para cada cosa con la finalidad de facilitar la búsqueda de materiales y herramientas en la línea.	15/04/2012	
Cambio de bobina de plástico	Suministro de vehículos de transporte (sistema de manejo de materiales) que sirva también como sistema de almacenaje de bobinas de plástico para reducir los recorridos para la búsqueda de las bobinas. Esto también permitirá facilitar al operario reducir los tiempos de preparación y puesta a punto.	01/06/2012	Supervisor de Envasado/Operario de la línea
	Ubicar en los estantes cinta adhesiva doble cara para unir la bobina que está por acabarse con una bobina nueva.	02/07/2012	
Demora en lavado del tanque	Mejorar la planificación de envasado por color, de modo que reduzca los tiempos de lavado en el tanque del tanque y tuberías, además de reducir la cantidad de agua y/o solvente a utilizar en la línea.		Analista de Planificación/Supervisor de Mantenimiento/Supervisor de Envasado/Operario de la línea
	Verificar el funcionamiento de las mangueras para realizar el lavado.	15/04/2012	
	Reemplazar periódicamente (cada 6 meses), los filtros de los tanques.	01/06/2012	
	Reactivar el sistema de bombeo de hipoclorito en las líneas, para rociar en el tanque dicha sustancia para lograr condiciones estables en el tanque, con la finalidad de eliminar las bacterias que puedan contaminar el producto.	01/06/2012	
Producto en tanque con problema	Calibrar los equipos de dosificación de materias primas con la finalidad de reducir la variabilidad de suministro de solventes y sólidos al tanque.	15/05/2012	Supervisor de Plataforma/Químico Formulator/Supervisor de Envasado/Analista de Laboratorio de Calidad
	Realizar un chequeo a los discos que realizan la molienda en la etapa de dispersión con la finalidad de evitar que el producto tenga sólidos en su composición. Los discos tienen un desgaste que no se ha registrado con anterioridad, por lo que sería conveniente realizar una inspección cada tres meses con el objetivo de estimar el tiempo de vida útil en función de las horas trabajadas, cabe destacar que la unidad de medición deberá ser en horas o minutos, ya que en determinado período del año la empresa trabaja con un segundo turno de ocho horas laborables o en otras oportunidades trabaja con sobre tiempo. Con la estimación de la vida útil de los discos se puede planificar el reemplazo de los mismos y además se puede prever de cuántos discos se deben tener en inventario.	15/05/2012	
	Incorporar un temporizador en cada uno de los tanques de dispersores, con la finalidad de realizar éste proceso en un lapso de tiempo previsto. El exceso de tiempo en la etapa de la dispersión puede ocasionar que el producto tenga grandes proporciones de espuma.	15/06/2012	
	Las pinturas emulsionadas contienen pequeñas cantidades de amoníaco, dicha sustancia puede alterar de forma considerable las características de calidad del producto. Un indicador clave para controlar el comportamiento del amoníaco en el producto es el PH y no hay manera de medirlo. Una solución al problema podría ser dotar al personal con papel tomasol para que mida el PH de la sustancia.	02/07/2012	
	Incorporar nuevamente el sistema de bombeo de hipoclorito con el objetivo de limpiar los tanques y tuberías. El hipoclorito es una sustancia que permita desinfectar y eliminar bacterias.	15/05/2012	
	Mejorar la planificación del color en los tanques utilizando agua reprocessada de la misma línea del color que se va a producir. El agua reprocessada es aquella que fue utilizada para lavar los tanques y tuberías.	15/05/2012	
	Posicionar las mangueras de dosificación en una dirección de modo que los aditivos y materias primas deslicen por las paredes de los tanques dispersores, evitando la generación de espuma en el tanque.	15/05/2012	
Retraso de materias primas e insumos (Área de envasado)	Una vez terminada la jornada laboral, se debería suplir a la línea con al menos una paleta con envases y las tapas para comenzar el envasado al inicio de la jornada laboral del día siguiente. Las tapas y los envases deberían también estar desembalados para minimizar el tiempo de puesta punto.	15/05/2012	Montacarguista del área/ Supervisor de Envasado/Operario de la línea
	Colocar un sistema de identificación para la reposición de paletas con una señal fluorescente de modo que cuando el montacarguista la observe sepa que tiene que reponer las paletas ya sea con envases o retirar las paletas con bultos de productos terminados. Se realizó un estudio para generar propuestas de mejoras creando un modelo de marcaje para la ubicación de las paletas (para más detalle ver anexo E). En cada línea, se planteó colocar en promedio dos paletas con envases, cuándo se acabe la primera paleta el operario deberá colocar el sistema de identificación para que el montacarguista reponga la paleta, esta consideración también aplica para las paletas con producto terminado.	15/04/2012	

**Tabla 12.** Plan de Acciones Correctivas en el área de envasado de productos de uso arquitectónicos.



#### **4.4.3. Aplicación SMED**

García (1998), señala que el SMED debe fraccionarse en cuatro fases fundamentales entre ellas análisis y fragmentación, clasificación de las operaciones en internas y externas, determinación del método de trabajo e implantación y seguimiento. Para efectos de la presente investigación se presentan la aplicación de las tres primeras fases de la metodología, para la fase de seguimiento es recomendable la estandarización de las operaciones, para luego llevar un registro de los tiempos promedios de duración de cada una de las actividades, para mejorar continuamente el proceso. A continuación se presentan las fases:

## 1. Análisis y fragmentación de las actividades

Número	Actividad	Observación
1	Espera de mecánico para encendido de las máquinas	No todas las máquinas son encendidas por el mecánico, también participan los operarios de las líneas.
2	Recibir hoja de verificación con aprobación del laboratorio de calidad	
3	Recibir tapas y envases en el área de trabajo por un montacarguista	
4	Calibrar máquina llenadora	
5	Ajustar máquina etiquetadora	
6	Búsqueda de herramientas para ajuste de máquinas	
7	Verificación de producto en el tanque	
8	Lavado del tanque	
9	Posicionar tapas en el área de llenado de los envases	
10	Ajustar tapadora	
11	Cambio de bobina de la máquina termoencogible	
12	Búsqueda y colocación de sticker para identificación de bulto	
13	Posicionar paletas en el área de trabajo	En esta operación se posicionan las paletas en la última etapa del proceso
14	Reposición de tinta para el citronix	
15	Realizar pruebas de llenado	
16	Búsqueda de rollos para paletizado del producto	

**Tabla 13.**Análisis y fragmentación de las actividades SMED

## 2. Clasificación de las operaciones:

Operaciones Externas: Este tipo de operaciones son las que pueden ser realizadas mientras la máquina está funcionando.

Número	Actividad	Observación
2	Recibir hoja de verificación con aprobación del laboratorio de calidad	
3	Recibir tapas y envases en el área de trabajo por un montacarguista	
9	Posicionar tapas en el área de llenado de los envases	
12	Búsqueda y colocación de sticker para identificación de bulto	
13	Posicionar paletas en el área de trabajo	Esta operación se le puede reducir el tiempo de colocación apilando las paletas en la jornada anterior
15	Realizar pruebas de llenado	
16	Búsqueda de rollos para paletizado del producto	Se pueden reducir los tiempos colocando un recipiente contenedor para eliminar esta operación

**Tabla14.**Operaciones Externas SMED



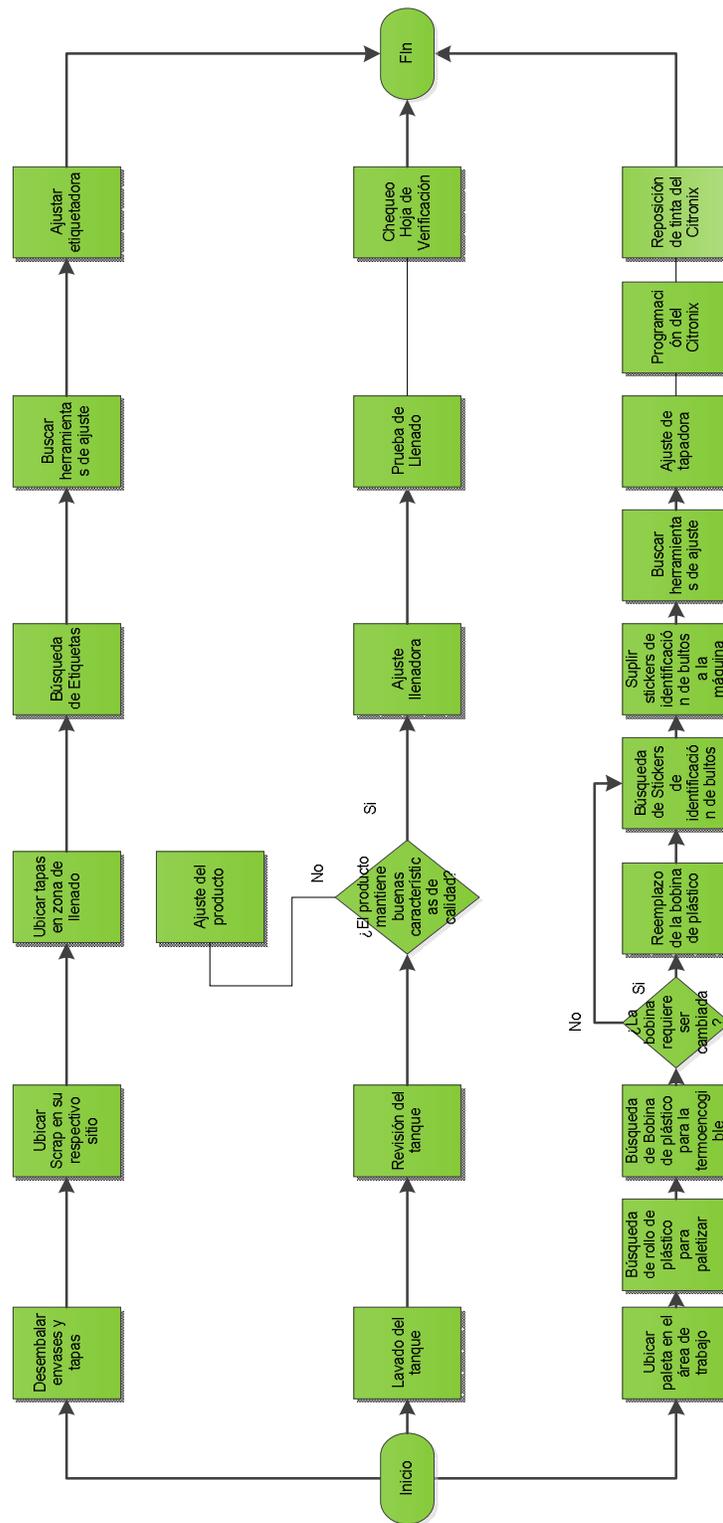
**Operaciones Internas:** Son aquellas operaciones que se requieren realizar cuando la máquina no esté funcionando, entre ellas se destaca:

Número	Actividad	Observación
1	Espera de mecánico para encendido de las máquinas	
4	Calibrar máquina llenadora	
5	Ajustar máquina etiquetadora	
6	Búsqueda de herramientas para ajuste de máquinas	Se puede reducir el tiempo ubicando las herramientas en un sitio estratégico en el que el operario no tenga que trasladarse
7	Verificación de producto en el tanque	
8	Lavado del tanque	El tiempo de lavado del tanque se puede minimizar planificando mejor la secuencia de cambios de colores
10	Ajustar tapadora	
11	Cambio de bobina de la máquina termoencogible	Las bobinas de la máquina termoencogible se pueden colocar en el área de cambio en la jornada anterior
14	Reposición de tinta para el citronix	Requiere herramientas específicas ubicadas en un sitio para poder efectuar la reposición de la tinta

**Tabla 15.**Operaciones Internas SMED

A continuación se presentan las propuestas para determinar los métodos de trabajo en las líneas de envasado:

### 3. Determinación del método de trabajo Todas las líneas de Envasado



**Figura 42.** Determinación del método de trabajo (SMED)

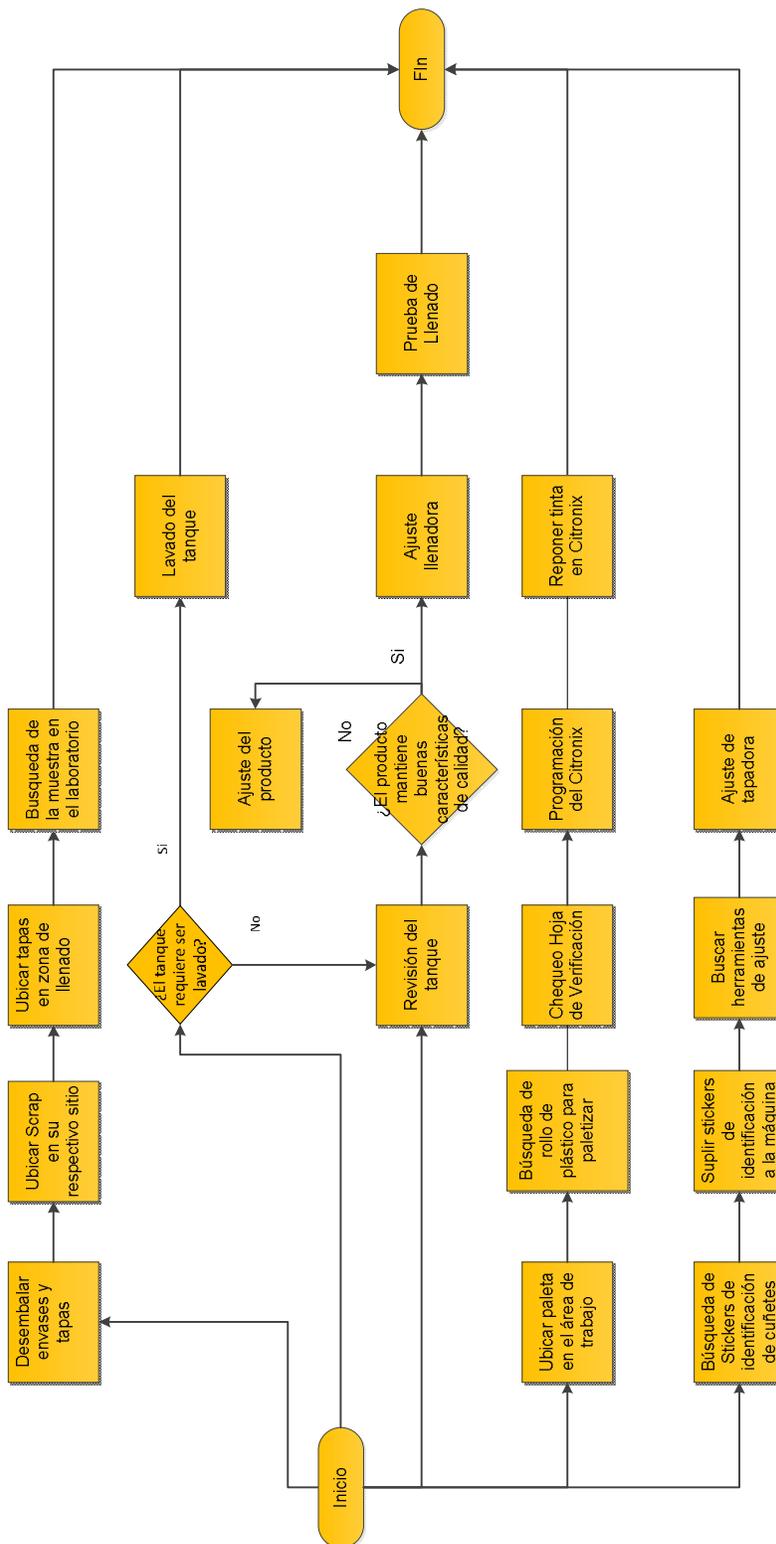


Primero, el operario encargado para la colocación de los envases tiene que desembalar los envases y las tapas que son suministros por un montacarguista, luego tiene que ubicar el scrap de acuerdo a su clasificación (sí es plástico, cartón u otro material para el reciclaje), luego para facilitarle al trabajo al operario asignado en la llenadora le ubica las tapas en una mesa justo a al lado de la máquina llenadora, luego tendría que buscar las etiquetas para suministrarlas a la máquina etiquetadora, después buscaría las herramientas para realizar los ajustes a la máquina que varía dependiendo del modelo de los envases.

El segundo operario asignado a realizar las operaciones de llenado, tendrá que realizar el lavado del tanque, en caso de que sea requerido, luego una vez que el producto ya ha sido bombeado desde el tanque reductor el operario verificar que el producto se encuentra en condiciones óptimas para iniciar el envasado, luego se tendría que calibrar la máquina hasta que alcance la presión adecuada y después se debería hacer una prueba de llenado con envases reutilizables. Por último, el operario deberá revisar la hoja de verificación.

Un tercer operario, tendría que primero ubicar la paleta en el área de trabajo, luego buscaría los rollos de plástico para paletizar los bultos y las bobinas de plástico para la máquina termoencogible en caso de requieran ser cambiadas. Luego, de que realice estas operaciones el operario debería buscar los stickers de identificación de bultos y suplir a la máquina. Posteriormente, se tiene que buscar las herramientas de ajuste para ajustar la máquina tapadora. Una vez que se hayan realizado todas operaciones, el operario deberá programar la máquina codificadora de lotes (citronix) con la información del lote a envasar.

#### 4. Determinación del método de trabajo línea 06-E



**Figura 43.** Determinación del método de trabajo (SMED), línea 06-E



La propuesta es la siguiente, es requerido dividir las operaciones entre cinco operadores, cabe destacar que la línea 06-E, es la línea que tiene mayor capacidad de producción en la planta, ya que envasa cuñetes de 4 o 5 galones. El primer operario tendría que desembalar las tapas y los envases una vez que el montacarguista las despache en el área, luego tendría que ubicar los desperdicios en su respectivo sitio(es indispensable agrupar el scrap según el tipo de desperdicio), después tendría que ubicar en las tapas en el área del llenado para evitar que el operario asignado en la llenadora tenga que detener las operaciones, por último tendría que buscar la muestra en el laboratorio de calidad. Por otro lado, otro operario estaría asignado a lavar el tanque partiendo de la premisa que sí es requerido, en caso contrario compartiría labores con el operario encargado de revisar las características de calidad del producto.

Un tercer operario, tendría que revisar el producto en el tanque y en caso de que el producto presente una condición atípica éste tendrá que ser ajustado para cumplir con los requerimientos, en caso de que no necesite ajustar tendría que calibrar la máquina llenadora hasta que obtenga la presión necesaria empezar el envasado. Antes de empezar a envasar el lote, se debería hacer una prueba con envases que puedan ser reutilizables con la finalidad de no dañar los envases nuevos.

Un cuarto operario, tendría que ubicar las paletas en el área de trabajo, buscar los rollos de plástico que se utilizan para el paletizado, realizar el chequeo a la hoja de verificación, programar la máquina codificadora de lotes (citronix) y por último reponer los niveles de tinta en dicha máquina. Un quinto operario, tendría que buscar los stickers de identificación para los cuñetes, surtir a la máquina con dichos stickers, luego tendría que buscar las herramientas de ajuste para realizar cualquier modificación a la tapadora.



#### **4.4.4. Propuesta para la secuencia de cambio de color para emulsiones y esmaltes**

Se ha elaborado una propuesta para generar una matriz que muestra la secuencia de cambio de color en los tanques con la finalidad de reducir los tiempos de lavado en los tanques. Dicha matriz se ha desarrollado con la aprobación del laboratorio del color. Se agruparon diversos códigos de uso interno en la empresa de acuerdo al tono y a las distintas familias de productos, se estableció una lista en la que se ordenan los productos de más claro a más oscuro y también se representó por clase de producto, es decir, según clase C, B y A.

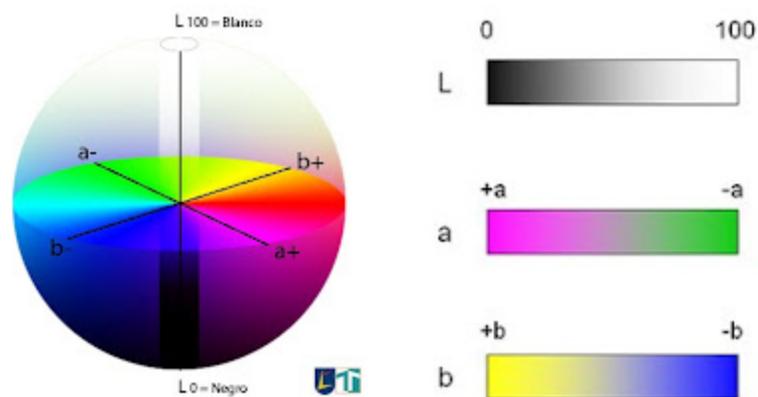
La propuesta es la siguiente: se dispone de un color base que sería el blanco en sus distintas tonalidades, para luego realizar un cambio a tonos claros que serían colores que requieren poca cantidad de tintas, las tintas a utilizar puede ser amarillas, rojas, azules, entre otras. Si se sigue en línea recta, se puede envasar otros tipos de colores como los amarillos hasta llegar hasta los colores naranjas. En la misma línea de sucesión se pueden envasar tonalidades marrones que contienen tintas amarillas, rojas y negras. Por otro lado, si se sigue la línea después de los tonos claros se puede encontrar los tonos azules que van desde tonos sutiles hasta tonos fuertes o ligeramente verdosos, luego vendrían los tonos verdes, luego los tonos rojos comenzando desde tonos rosados claros hasta rojos intensos, luego de la misma línea de los rojos con la adición de tintas azules para formar tonos violetas. Por último, luego de envasar los tonos claros se debería envasar colores con tonos grisáceos hasta llegar al color negro.

Todas estas consideraciones han sido elaboradas en caso de envasar pinturas emulsionadas, por su parte para el envasado de pinturas de esmalte, la secuencia de cambio de color es similar a la de emulsiones con la diferencia de que no se envasan colores violetas.

En el diagrama de las coordenadas del color, se encuentran tres ejes principales: el primero el eje L denota el grado de luminosidad del color, siendo para un valor 0 el color negro y para un valor 100 el color blanco. En el segundo

eje a, se encuentra la degradación de los colores rojo-verde y en el eje b se encuentra la degradación entre los colores amarillo y azul. De acuerdo con lo descrito anteriormente, se recomienda para el envasado utilizar colores que se ubiquen en el mismo eje, porque sino ocasiona un fenómeno llamado metamerismo que es cuando dos colores se ven distintos de acuerdo en una fuente luminosa baja pero que pueden verse iguales con una alta fuente de luz o viceversa. Es importante señalar que cuando se realiza la puesta punto de un nuevo lote a envasar, se realiza un “barrido” de la tubería bombeando una cantidad aproximada de diez galones de agua limpia hasta los tanques de las líneas de envasado para quitar algún residuo que perjudique las características de calidad del producto. Para las líneas de esmalte, se realiza un bombeo de cinco galones de solvente para limpiar las tuberías. Con esto el nuevo color a envasar no se modifica drásticamente.

**Figura 44.** Coordenadas del color



**Fuente:** Rivera (2010)

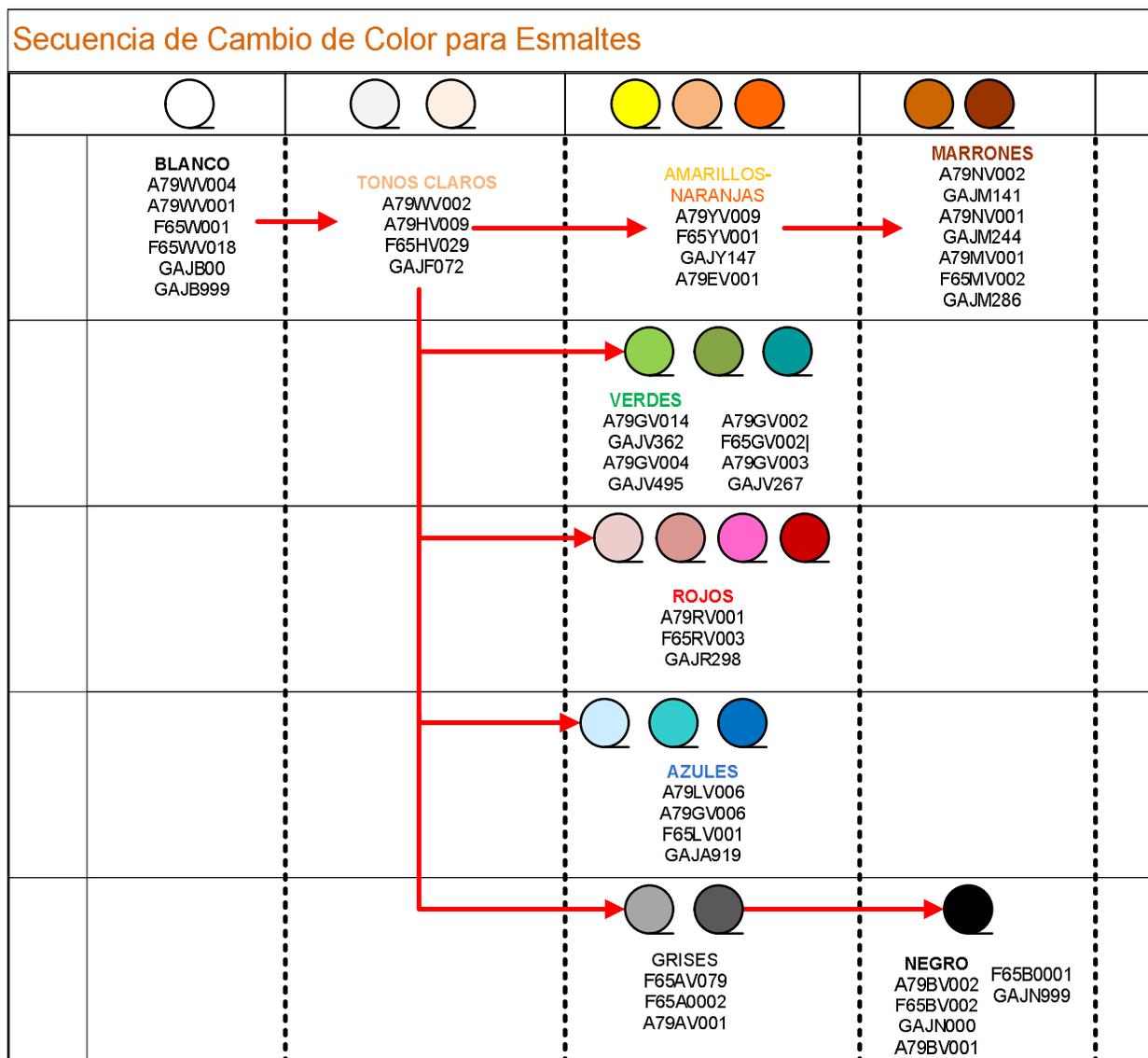
A continuación, se presenta la propuesta para la secuencia de cambio de color para emulsiones y esmaltes.

## Propuesta de Secuencia de Cambio de color para emulsiones

Secuencia de Cambio de Color para Emulsiones			
○	○ ○	● ● ●	● ●
<b>BLANCO</b> A59WV005 GXXB00 A58WV014 K07WV039 A75WV001 B05WV001 B09WV001	<b>TONOS CLAROS</b> A59HV001 GXXB052 GXXF035 GXXR121 A75HV005 A75HV004 A58HV001 A58HV004 A58HV007	<b>AMARILLOS-NARANJAS</b> A89WV012 K07HV010 K07YV002 K07HV007 B05HV011 A59YV003 GXXY110 A59YV005 GXXY127 A59NV001 GXXY212 A59EV001 GXXY215 A75YV020 A58YV025 K07YV013 A58EV007 K07YV008 K07YV012 K07EV013 K07EV015 K07HV015 B05HV003 B05EV011	<b>MARRONES</b> GXXY199 GXXR239 K07MV001 B11MV001 A75NV008 A75RV015 A75RV018 A58MV001
		● ● ● <b>AZULES</b> A59LV013 GXXA869 A59LV016 A58LV022 GXXA532 A75GV008 B05GV007 A59LV012 B05LV011 A75LV027 A58LV025 K07LV054 A58LV025 GXXA900	
		● ● ● <b>VERDES</b> A59GV010 GXXV366 GXXV322 A58GV028 A59GV007 GXXV445 K07GV020 GXXV446 A58GV015 K07GV057 B05GV011 A59GV002 GXXV502 A75GV005	
		● ● ● ● <b>ROJOS</b> A59RV003 GXXR154 A58RV018 K07HV009 GXXJ206 K07WV013 A59RV005 A59RV016 GXXR234 A58RV025 B05RV011 K07RV051	● ● <b>VIOLETAS</b> GXXP791 A59PV004 B05PV006 K07PV008
		● ● <b>GRISES</b> A58WV004 GXXG727 A58AV015 K07WV015 A75AV015 K07AV007	● <b>NEGRO</b> K07BV001 B11BV001

Tabla 16. Secuencia de Cambio de color para emulsiones.

## Propuesta de Secuencia de Cambio de color para esmaltes



**Tabla 17.** Secuencia de Cambio de color para esmaltes

#### 4.4.5. Diagrama de Acciones de Mejoras



**Figura 45.**Diagrama de acciones de mejoras



---

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La mayor cantidad de tiempos improductivos (95,347%) fueron generados por las paradas no planificadas.
- Luego de realizar el análisis del sistema de medición para el registro de paradas no planificadas se pudo obtener una buena concordancia entre los operarios, con valores del estadístico de Kappa comprendidos entre 0,40 y 1, lo que indica que los trabajadores están en capacidad de identificar las causas que originan las demoras en el proceso.
- De acuerdo con la capacidad actual de los tiempos de preparación y puesta a punto de las cuatro líneas estudiadas se obtuvo valores  $C_p$  o  $P_p$  y  $C_{pk}$  o  $P_{pk}$  inferiores a 1. En procesos Seis Sigma el valor ideal de  $C_p$  (o  $P_p$ ) y  $C_{pk}$  (o  $P_{pk}$ ) debería ser igual a 2 y a 1,5 respectivamente, lo que indica que las líneas estudiadas no son ni potencialmente ni realmente capaces de cumplir los tiempos establecidos para la preparación y puesta a punto de la línea.
- Existe una alta variabilidad en la proporción de defectuosos para los distintos lotes de pinturas, lo que indica que no se puede estimar un promedio de unidades defectuosas. Por otro lado, la proporción de defectuosos no excede el 1%. Además, se evidencia una alta variabilidad de unidades no conformes en las líneas estudiadas lo que dificulta la estimación de un promedio de defectuosos confiable.



- Para los tiempos de puesta a punto considerando lavado del tanque y tiempos de puesta a punto sin considerar lavado del tanque, se pudo concluir que los tiempos tienen medias similares. Con esto se puede afirmar que a pesar de que las líneas tienen características distintas, los tiempos de la puesta a punto tienen medias iguales, lo que indica que la aplicación de los cambios rápidos de utillajes (SMED) puede ser aplicada a otras líneas diferentes a las estudiadas.
- Se pudo apreciar que las paradas no planificadas generan mayores retrasos que el procesamiento de unidades no conformes. Entre las causas principales destacan esperas prolongadas por aprobación del producto por el laboratorio de calidad, ajustes de la máquina por parte del operario en específico para la máquina etiquetadora y llenadora, demora en el lavado de los tanques, cambio de bobina de plástico en la máquina termoencogible, producto en tanque con problemas, mantenimiento correctivo a las máquinas anteriormente descritas y retrasos en los insumos. Por otro lado, el procesamiento de unidades no conformes se debe principalmente problemas con las máquinas durante el proceso. Por último, los tiempos de puesta a punto son muy variables debido al lavado del tanque y por falta de estandarización de las operaciones.
- Entre las propuestas de mejora para disminuir los tiempos de puesta a punto se encuentra: realizar una matriz de secuencia de cambio de color para emulsiones y para esmaltes, estandarizar las operaciones de puesta a punto utilizando metodologías de cambio rápidos de utillaje (SMED). Para la reducción de tiempos improductivos por paradas no planificadas y por procesamiento de unidades no conformes, se elaboró un plan de acción para disminuir la tasa de ocurrencia de fallas en el proceso.
- Con la propuesta de secuencia de cambio de color y la estandarización de las actividades de la puesta a punto se puede evitar el lavado del tanque



---

logrando reducir en al menos 50,39% los tiempos de preparación de las líneas.

Con la aplicación de la metodología Seis Sigma se pudo confirmar que se puede lograr: la satisfacción tanto al cliente interno como externo, la reducción de los tiempos de ciclo de envasado de lotes de pinturas tanto de emulsiones como esmaltes y también la reducción de la proporción de productos no conformes.



## RECOMENDACIONES

- Elaborar un plan piloto que logre evaluar las bondades y beneficios de poner en marcha un plan de acción con las propuestas de mejoras desarrolladas en la presente investigación.
- Se recomienda que una vez evaluadas y ejecutadas las propuestas de mejoras al proceso de envasado, se ejerza un control riguroso del proceso que permita evitar la recurrencia del problema.
- Aplicar las propuestas de mejoras desarrolladas en el presente trabajo de investigación para contrarrestar los efectivos negativos que producen los tiempos improductivos a la capacidad del proceso en un corto plazo, logrando que las mejoras vayan evolucionando de acuerdo con las exigencias del cliente.
- Extender las acciones propuestas a otros departamentos en el que puedan ser aplicada con operaciones de manufactura similares (Mantenimiento Industrial, Automotriz, Lacas y Pintura en Polvo).
- Capacitar y adiestrar al personal para involucrarlos en las mejoras del proceso ya sea con herramientas de mejora continua, control estadístico de procesos y filosofía Seis Sigma.
- Evaluar la posibilidad de realizar con mayor frecuencia el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) con la finalidad de reunir a un grupo multidisciplinario que logre identificar las fallas y además logre generar acciones correctivas para aminorar la frecuencia de estas.
- Analizar el beneficio económico que traerá para la organización la aplicación de las propuestas de mejoras
- Brindar todo el apoyo requerido para la búsqueda de soluciones a los distintos problemas que afecten la rentabilidad del negocio.



## Referencias Bibliográficas

- Arévalo, S. (2009). *Evaluación del proceso de ensamble de camiones usando la estrategia Seis Sigma. Caso: Chrysler de Venezuela L.L.C. Valencia, Edo. Carabobo*. Universidad de Carabobo, Bárbula.
- Bahena. M. (2006). *Aplicación de la metodología Seis Sigma para mejorar la calidad y productividad de una planta de bebidas*. Universidad Iberoamericana de Puebla. Puebla, México.
- Burgos. F. (2009). *Ingeniería de métodos Calidad-Productividad*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela
- Canelón, F.(2010). *Propuesta de un modelo de gestión basado en el Control Estadístico de Procesos para mejorar la toma de decisiones en las plantas procesadoras de alimentos en Valencia Estado Carabobo* .Tesis de Grado, Maestría en Administración de Empresas mención Gerencia, Universidad de Carabobo, Bárbula. Venezuela
- Deming, E., (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad: La Salida de la Crisis*. 1era Edición. España: Ediciones Díaz de Santos.
- García,A.(1998).*Conceptos de Organización Industrial*.Editorial Marcombo S.A. Barcelona España .
- Gutiérrez, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. Segunda edición. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Procesos y Seis Sigma*. Editorial Mc Graw Hill. 2da Edición. México.
- Feigenbaum, A. (1986).*Control Total de la Calidad. Nueva Edición*. Editorial Mc Graw Hill. México
- Harrington, J. (1993). *Mejoramiento de los Procesos de la empresa*. McGraw-Hill Interamericana Editores. Colombia.
- Juran, J.M. (1998). *Juran y la Planificación para la Calidad*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- Kume, H. (1985). *Herramientas Estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Grupo Editorial Norma. Colombia.



- 
- Lagos y Vargas (2003). *Sistema de familias de distribuciones de Johnson, una alternativa para el manejo de datos no normales en cartas de control*. Revista colombiana de Estadística. Volumen 26 Nro1. Pág. 25 a 40.
  - Lynn, C. (2006). *Contabilidad centrada en los beneficios*. Deusto S.A Ediciones. España.
  - Rivera, L. (2010). *El espacio Lab*. Disponible en <http://www.lfrivera-itgt.com/2010/04/el-espacio-lab.html>. Consultado el 10 de Abril de 2012.
  - Marques, M. (2001). *Estadística Básica. Un enfoque no paramétrico*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
  - Montgomery, D. (1985). *Control Estadístico de la Calidad*. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. México.
  - Montgomery y Runger. (2003). *Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería*. Mc Graw Hill. 2da Edición. México.
  - Organización Internacional para la Estandarización (ISO) .*Norma Internacional ISO 9000:2005.Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario*.
  - Picado, F. (2008). *Análisis de concordancia de atributos*. Tecnología en Marcha, Vol. 21, N.º 4, Octubre-Diciembre 2008, P. 29-35. Disponible en [www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial.../cap%203.pdf](http://www.tec.ac.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial.../cap%203.pdf). Consultado el 22 de Marzo de 2012.
  - Rodríguez, C. (2007) .*Propuesta para la reducción del tiempo aplicando la Metodología Seis Sigma en la gestión de proceso de esmaltes horneables de la empresa C.A Venezolana de Pinturas*. Tesis de Grado, especialidad en Gerencia de la Calidad y Productividad, Universidad de Carabobo, Bárbula. Venezuela.
  - Rodríguez, J. (2002). *Administración de pequeñas y medianas empresas*. Quinta edición. Editorial Thompson. México.
  - Ruiz, C. (2001). *Gestión de la Calidad de Servicio*. España: Universidad de Zaragoza.



- 
- Ruíz, M. (s.f). *Tema 7: Análisis de capacidad de procesos*. Universidad de Granada. España. Disponible en [http://www.ugr.es/~mruiz/temas/Tema\\_7.pdf](http://www.ugr.es/~mruiz/temas/Tema_7.pdf). Consultado el 04/01/2012.
  - Senn, J. (1990). *Sistemas de Información para la Administración*. México. Grupo Editorial Iberoamericana.
  - Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998). *Manual de Trabajos de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: Autor.
  - Walpole, R.; Myers, R.; Myers S. y Ye, K. (2007). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias* .Pearson Educación. 8va edición. México.



## Anexo A

### Formatos de Control de Procesos

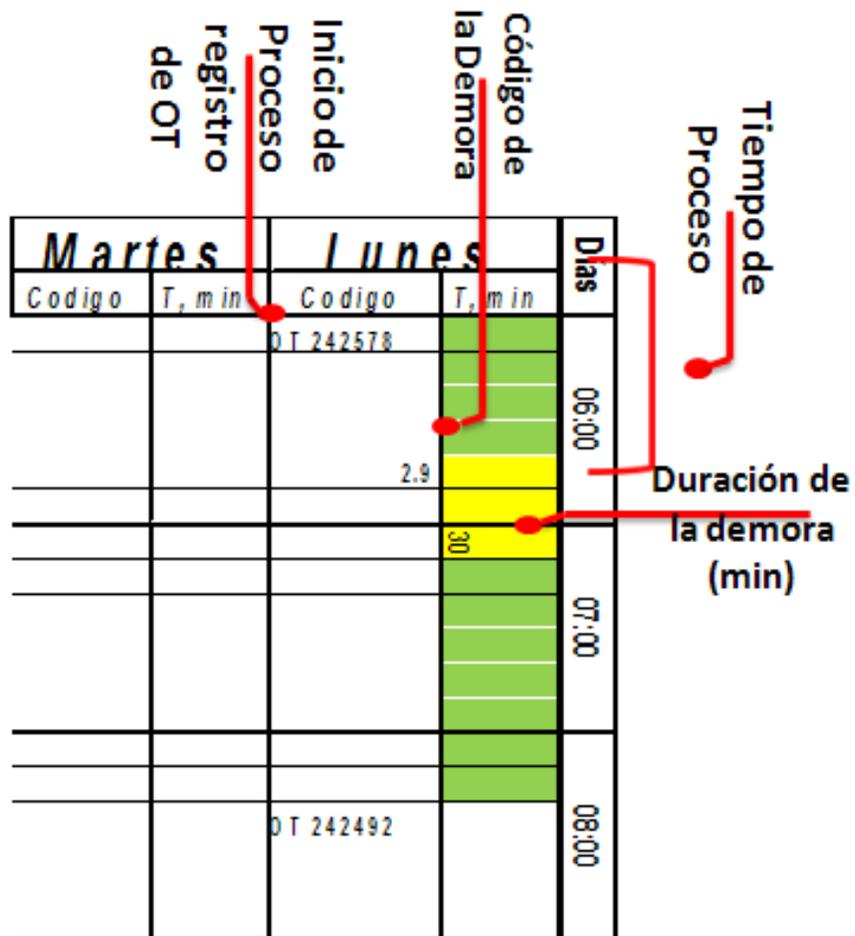
Tabla 18. Lista de Códigos de Paradas/Demoras.

Código	Elemento	Código	Elemento	Código	Elemento	Código	Elemento
1	<b>MATERIA PRIMA</b>	2.10	Mantenimiento Preventivo Llenadora	5.5	Retrabajo unidades defectuosas	6	<b>PROGRAMACION</b>
1.1	Retraso de suministro de Envases	2.11	Mantenimiento Preventivo Tapadora	5.6	Orden y limpieza en la línea	6.1	No hay programa para el equipo
1.2	Retraso de suministro de tapas	2.12	Mantenimiento Preventivo Check-Weighter	5.7	Ajuste rodillo de tapadora	6.2	Cambio programación
1.3	Retraso de etiquetas para envase	2.13	Mantenimiento Preventivo Citronix	5.8	Filtro cesta tanque envasado tapado	7	<b>OTROS(Especifique)</b>
1.4	Retraso de Sticker	2.14	Mantenimiento Preventivo Termoencogible	5.9	Trampa solidos tanque envasado tapada		
1.5	Retraso de suministro de plástico	3	<b>SERVICIOS</b>	5.10	En espera aprobación del laboratorio		
1.6	Envases deformados	3.1	Falla Energía Eléctrica	5.11	Espera por montacarguista en distribución		
1.7	No hay suministros	3.2	Falla Aire comprimido	5.12	Falta recurso para montacarga		
2	<b>MANTENIMIENTO</b>	4	<b>PERSONAL</b>	5.13	Problema de bombeo material liquido		
2.1	Mantenimiento Correctivo Etiquetadora	4.1	Personal no asignado	5.14	Demora en ubicación de manguera		
2.2	Mantenimiento Correctivo Llenadora	4.2	Personal no asistio	5.15	Demora en ubicación de bomba		
2.3	Mantenimiento Correctivo Tapadora	4.3	Personal en curso-charla	5.16	Demora en el despacho de stickers-etiquetas		
2.4	Mantenimiento Correctivo Termoencogible	4.4	Personal en servicio medico	5.17	Desembalando envase-tapa		
2.5	Mantenimiento Correctivo Check-Wheigher	5	<b>PROCESO</b>	5.18	Demora por ajuste de etiquetadora		
2.6	Mantenimiento Correctivo Citronix	5.1	Demora en lavado del sistema	5.19	Desajuste en calibración del llenado		
2.7	Reparación tuberías y válvulas	5.2	Ajuste de densidad del producto	5.20	Falta tinta en Citronix		
2.8	En espera de mecánico para corregir falla	5.3	Producto en tanque con problema	5.21	Demora por ajuste de impresión		
2.9	Mantenimiento Preventivo Etiquetadora	5.4	Desviación de color	5.22	Cambio de bobina Plástico		

Fuente: Departamento de Procesos C.A Venezolana de Pinturas



Figura 47. Hoja de Control de Procesos



Fuente: Departamento de Procesos C.A Venezolana de Pinturas

## Anexo B

### Índices de Ponderación del AMEF

**Tabla 19.** Ponderación de Severidad del AMEF.

<b>Efecto</b>	<b>Criterio: Severidad del efecto definido</b>	<b>Ranking</b>
Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.	10
Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.	9
Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.	6
Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.	5
Muy bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.	4
Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.	3
Muy pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.	2
Ninguno	Ningún efecto.	1

**Fuente:** Manuales de Calidad C.A Venezolana de Pinturas

**Tabla 20.** Ponderación de Ocurrencia del AMEF

Probabilidad de fallas	Ratas posibles de fallas	Cpk	Ranking
Muy alta	$\geq 1$ en 2	$< 0.33$	10
Falla es casi inevitable	1 en 3	$\geq 0.33$	9
Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han fallado frecuentemente	1 en 8	$\geq 0.51$	8
	1 en 20	$\geq 0.67$	7
Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones significativas	1 en 80	$\geq 0.83$	6
	1 en 4000	$\geq 1.00$	5
	1 en 2000	$\geq 1.17$	4
Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15000	$\geq 1.33$	3
Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150000	$\geq 1.5$	2
Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	$\leq 1$ en 1.500.000	$\geq 1.67$	1

**Fuente:** Manuales de Calidad C.A Venezolana de Pinturas

**Tabla 21.** Ponderación de Detección del AMEF

Probabilidad de fallas	Ratas posibles de fallas	Cpk	Ranking
Muy alta	$\geq 1$ en 2	$< 0.33$	10
Falla es casi inevitable	1 en 3	$\geq 0.33$	9
Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han fallado frecuentemente	1 en 8	$\geq 0.51$	8
	1 en 20	$\geq 0.67$	7
Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos que han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones significativas	1 en 80	$\geq 0.83$	6
	1 en 4000	$\geq 1.00$	5
	1 en 2000	$\geq 1.17$	4
Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15000	$\geq 1.33$	3
Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150000	$\geq 1.5$	2
Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	$\leq 1$ en 1.500.000	$\geq 1.67$	1

**Fuente:** Manuales de Calidad C.A Venezolana de Pinturas



## Anexo C

### Modelo de Cuestionario para el Análisis del Sistema de Medición

#### Parte 1

Indique con una **x**, la opción que considere correcta:

1. Cuando el producto en el tanque es más “líquido” de lo habitual, Ud. registra en la hoja de control de procesos la demora como :

- A. Producto en tanque con problema*
- B. Ajuste de densidad del producto*
- C. Filtro cesta de tanque de envasado tapado*
- D. Otros*

2. Suponiendo que usted se encuentra en la línea antes de iniciar a envasar un Batch y los envases NO están presentes en la línea pero sí hay en inventario a que causa le atribuye la demora:

- A. En espera por montacarguista en distribución*
- B. No hay suministro*
- C. Retraso de suministro de Envases*
- D. Retraso Suministro de Plástico*

3. Supongamos que en las líneas de envasado el producto en el tanque no corresponde al que indica la hoja de verificación, dónde se registra la causa de demora:

- A. En hay cambio en la programación*
- B. Producto en tanque con problemas*
- C. No hay programa para el equipo*
- D. Demora en lavado del sistema*



4. Cuando se hace referencia a “Orden y Limpieza en la línea”, se registra:
- A. Cuando limpio la línea por derramamiento de pintura*
  - B. Desembalaje de envases-tapas*
  - C. Cambiobobina de plástico*
  - D. No se registra porque es parte del puesta a punto*
5. Cuando observa que el Citronix requiere cambio de tintas porque esta se agotó, se registra:
- A. No se registra porque es parte del puesta a punto*
  - B. Faltatinta en Citronix*
  - C. MantenimientoCorrectivoCitronix*
  - D. En espera de mecánico para corregir fallas*
6. Luego de iniciar el envasado de un lote, cuando la llenadora empieza a presentar fallas con llenados irregulares a qué le atribuyo la falla:
- A. No se registra porque es parte del puesta a punto*
  - B. DesajusteCalibración en la llenadora*
  - C. MantenimientoCorrectivoLlenadora*
  - D. Otros*
7. Suponiendo que la etiquetadora presenta fallas y deja de funcionar a las 10:00 Am, pero el mecánico indica que tiene mucha carga de trabajo y llega a la línea a las 10:40 Am, a realizar el mantenimiento correctivo a la máquina termina a las 11:00 Am. Indique cuantos minutos registra en el formato de control de procesos por mantenimiento correctivo.
- A. 40 min**
  - B. 35 min**
  - C. 20 min**
  - D. 60 min**



8. Para registrar una demora/parada, se considera:
- A. Que es parte de la puesta a punto*
  - B. Es una causa atípica en el proceso que detiene las operaciones*
  - C. Es un elemento normal en el proceso*
  - D. Otros*
9. Cuando se requiere ajustar la calibración de la llenadora, cambiar la bobina de plástico, reponer la tinta del citronix , se registra:
- A. En espera por mecánica para corregir falla*
  - B. Se registra la demora en el renglón de PROCESO*
  - C. Se registra la demora en el renglón de MANTENIMIENTO*
  - D. Otros*
10. Suponiendo que hay producto para envasar y la línea está preparada a envasar pero no le han suministrado la muestra del producto aprobada, a qué causal le atribuye la demora:
- A. En espera por aprobación del laboratorio*
  - B. Problema de bombeo de material líquido*
  - C. Demora en el lavado del sistema*
  - D. En espera de montacarguista en distribución*

## **Parte 2**

Indique con una **x**, la opción que considere correcta:

1. Suponiendo que hay producto para envasar pero el nuevo producto a envasar tiene un color más claro del que se está envasando, a qué se le puede atribuir la demora:
- A. En espera por aprobación del laboratorio*
  - B. Problema de bombeo de material líquido*
  - C. Demora en el lavado del sistema*
  - D. En espera de montacarguista en distribución*



2. Cuando una de las máquinas se averían durante el proceso , se registra:
- A. En espera por mecánica para corregir falla*
  - B. Se registra la falla en el renglón de PROCESO*
  - C. Se registra la falla en el renglón de MANTENIMIENTO*
  - D. Otros*
3. Para NO registrar una demora/parada, es decir, cuando se realizan ciertas operaciones que necesariamente son parte del proceso y no son consideradas como demora, se registra:
- A. Se considera que es parte de la puesta a punto*
  - B. No se considera que es parte de la puesta a punto*
  - C. La demora es un elemento normal en el proceso*
  - D. Otros*
4. Suponiendo que la termoencogible presenta fallas y se paro a las 8:40 Am, pero el mecánico se encuentra ocupado con otra emergencia y llega a la línea a las 9:10 Am corrigiendo el problema permitiendo reanudar el envasado a las 9:40 Am. Indique cuantos minutos registra en el formato de control de procesos por espera del mecánico.
- A. 60 min*
  - B. 30 min*
  - C. 20 min*
  - D. 50 min*
5. Cuando la termoencogible presenta problemas con la bobina de plástico , es decir, que detiene las operaciones, se registra :
- A. No se registra porque es parte de la puesta a punto*
  - B. Cambio de la bobina de plástico*
  - C. MantenimientoCorrectivoTermoencogible*
  - D. MantenimientopreventivoTermoencogible*



6. Cuando observa que el Citronix está imprimiendo de manera difusa de modo que no se visualiza bien el número de lote, y Ud. detiene el proceso para efectuar limpieza de cabezal, como registra la demora en el control de proceso:

- A. No se registra porque es parte del puesta a punto*
- B. Faltatinta en Citronix*
- C. MantenimientoCorrectivoCitronix*
- D. En espera de mecánico para corregir fallas*

7. Cuando Ud. Lava el tanque porque va a iniciar el envasado de un siguiente lote, lo registra como una demora por:

- A. Orden y Limpieza en la línea*
- B. MantenimientocorrectivoLlenadora*
- C. No se registra porque forma parte de la puesta a punto)*
- D. Producto en tanque con problema*

8. Supongamos que en las líneas de envasado el producto en el tanque no corresponde al que indica la hoja de verificación, pero requiere ser envasado en otra línea, dónde se registra la causa de demora:

- A. En hay cambio en la programación*
- B. Producto en tanque con problemas*
- C. Personal no asignado*
- D. Demora en lavado del sistema*

9. Suponiendo que usted se encuentra en la línea antes de iniciar a envasar un Batch y los envases NO están presentes en la línea pero se sabe que no hay en inventario a que causa le atribuye la demora:

- A. En espera por montacarguista en distribución*
- B. No hay suministro*
- C. Retraso de suministro de Envases*
- D. RetrasoSuministro de Plástico*



**10.** Cuando Ud. debe detener el envasado porque el producto se está derramando en el tanque y observa que el filtro cesta está tapado por grumos, Ud. registra en la hoja de control de procesos la demora como:

- A.** *Producto en tanque con problema*
- B.** *Ajuste de densidad del producto*
- C.** *Filtro cesta de tanque de envasado tapado*
- D.** *Otros*

### Anexo D

## Propuesta Marcaje de líneas y Estandarización de los recipientes de basura

Figura 48. Propuesta Marcaje de líneas y Estandarización de los recipientes de basura

