

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

comisión de estudios de postgrado



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE LLENADO DEL
PRODUCTO METOMIL, ENVASADO EN UNA EMPRESA FORMULADORA DE
AGROQUIMICOS DEL ESTADO ARAGUA.**

**AUTORES:
ING. FRANCYS CHIRINOS
ING. JULIO FIGUERA
TUTOR: MSc. WILFRE MACHADO**

MARACAY, ABRIL 2016



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE SISTEMAS DE
CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE LLENADO
DEL PRODUCTO METOMIL, ENVASADO EN UNA EMPRESA FORMULADORA DE
AGROQUÍMICOS DEL ESTADO ARAGUA.**

Ing. Francys Chirinos

Ing. Julio Figuera

Abril, 2016

**Trabajo Especial de Grado, presentado como requisito final para optar al título de
Especialista en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos.**

Comité Consejero:

Wilfre Machado

Tutor

Mairett Rodríguez



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN ESTADÍSTICA
VEREDICTO



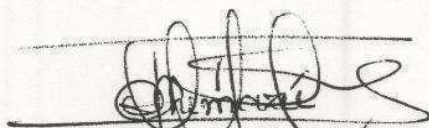
Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo Especial de Grado** presentado por: **FRANCYS ZORANYER CHIRINOS CATARI**, Cédula de identidad N° 17.941.797 y **JULIO CÉSAR FIGUERA PÁEZ**, Cédula de Identidad No. 8.790.663, bajo el título "**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA PARA EL PROCESO DE LLENADO DEL PRODUCTO METOMIL, ENVASADO EN UNA EMPRESA FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS DEL ESTADO ARAGUA**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **ESPECIALISTA EN GERENCIA DE SISTEMAS DE CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**, dejando constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 21 de Julio de 2016 a las 03:00 PM., para que los autores lo defendieran en forma pública, lo que éstos hicieron en el Salón de Reuniones del Postgrado en Estadística, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondieron satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por los autores, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado representa un aporte metodológico, que logra integrar herramientas de la mejora continua de procesos y el Diseño de Experimentos para dar solución a problemas reales en una empresa.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 21 días del mes de Julio del año 2016.
Conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como
Coordinador del jurado M.Sc. Wilfre Machado.



Esp. Shimazú Martínez/ C.I. 8.584.052
FAGRO-UCV.



Dr. Ronald Maldonado / C.I. 9.659.031
FAGRO-UCV



MSc. Wilfre Machado/ C.I. 8.678.651
FAGRO-UCV.
Tutor

Miriam
21-07-16

RESUMEN

El presente trabajo especial de grado comprendió la aplicación sistemática de las herramientas del control estadístico de la calidad, en el análisis, evaluación y diagnóstico de las causas de variabilidad existentes en el proceso de llenado que se efectúa para el producto METOMIL, en la línea de producción de insecticidas líquidos (PIL-1), perteneciente a una empresa formuladora de agroquímicos, ubicada en el estado Aragua. La aplicación de dichas herramientas se efectuó en todas las actividades que involucran el proceso de producción del referido producto, especialmente en el proceso de llenado, donde se evidenció la alta variabilidad en el peso del producto terminado, en referencia con las especificaciones establecidas para el mismo, identificando los factores con incidencia significativa en tal variabilidad; siendo éstos, la velocidad de grifo (G) y la velocidad de banda (B); seguidamente, se procedió a establecer los parámetros de operación adecuados para tales factores, esto con el uso de la metodología del diseño experimental en un experimento comparativo (arreglo en parcelas divididas), resultando como la mejor combinación de factores, para la velocidad de grifo ($G = 3 \text{ ml./seg.}$) y para la velocidad de banda ($B = 8 \text{ rpm.}$), luego se efectuó la validación correspondiente en una corrida confirmatoria; todo ello con el principal objetivo de proponer un plan de mejora que facilite revertir esa situación, permitiendo minimizar la variabilidad referida, además de establecer una guía de trabajo y operaciones, tendientes a mejorar continuamente, tanto como sea posible, el proceso en cuestión.

Palabras Clave: Control estadístico de calidad ; Mejora Continua ; Herramientas Básicas del control estadístico de procesos ; Plan de Mejora ; Acción Correctiva ; Diagrama de Flujo de Proceso ; Diagrama de enfoque de proceso ; Diseño comparativo ; Diseño experimental.

ABSTRACT

This paper included the systematic application of the statistical control of quality in the analysis, evaluation and diagnosis of the probable causes of variability existing tools in the process of filling that occurs for METHOMYL product, on the production line for liquid insecticides (PIL-1), belonging to a formulator of Agrochemicals Company, located in Aragua State. The application of these tools was carried out in all the activities that involve the process of production of the product concerned, especially in the filling process, where evidenced the high variability in the weight of the finished product, in reference to established specifications for the same, identifying the factors with a significant impact on such variability; with these, the tap (G) speed and the speed of bandwidth (B); then proceeded to establish operation parameters suitable for such factors, this with the use of the methodology of experimental design in a comparative experiment (arrangement in divided parcels), resulting as the best combination of factors, the speed of tap ($G = 3 \text{ ml. / sec.}$) and for the speed of bandwidth ($B = 8 \text{ rpm.}$), then it made the corresponding validation in a confirmatory run; all this with the main objective to propose a plan to improve that facilitates reverse that situation, allowing to minimize the variability referred, in addition to establishing a guide work and operations, aimed to improve continuously, as far as possible, the process in question.

Key words: statistical quality Control; Improved continuous; Basic statistical process control tools; Improvement plan; Corrective action; Process flow diagram; Diagram of process approach; Comparative design, experimental design.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
Resumen	i
Abstract	ii
Índice General	iii
Índice de figuras	iv
Índice de Cuadros.....	v
Introducción.....	1
1. Materiales y Métodos	2
2. Resultados y Discusión	8
3. Conclusiones	38
4. Referencias Bibliográficas	39
5. Anexos.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Gráfico R para el peso del producto METOMIL.....	8
Figura 2. Gráfico $\bar{X}$ para el peso del producto METOMIL.....	9
Figura 3. Gráfico para la fracción disconforme $\hat{p}$ del producto METOMIL.....	10
Figura 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Llenado del Producto METOMIL.....	11
Figura 5. Diagrama de Enfoque del Proceso.....	12
Figura 6 . Diagrama Causa – efecto para el proceso de llenado del producto METOMIL en la línea PIL- 1.....	15
Figura 7. Diagrama de Pareto para las causas contempladas en la Categoría “MAQUINARIA”.....	23
Figura 8 . Variación del peso respecto a la Velocidad de Grifo.....	26
Figura 9. Variación del peso respecto a la Velocidad de Banda.....	27
Figura 10. Interacción velocidad de grifo y velocidad debanda.....	28

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Factores y niveles del experimento	4
Cuadro 2. Resumen de la información obtenida a través de la TGN.....	22
Cuadro 3. Resumen de la identificación o descripción para cada una de las causas evaluadas en la categoría “MAQUINARIA”	24
Cuadro4. Análisis de la varianza para el peso neto (g), de acuerdo con el arreglo de tratamientos en parcelas divididas, bajo el diseño de bloques completos al azar.....	25
Cuadro 5. Valores de medias para cada combinación de tratamiento.....	29
Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL.....	32
Cuadro 6. Plan de Mejora Métodos de Operación.....	33
Cuadro 6. Plan de Mejora en el desempeño laboral para actividades de producción.....	34
Cuadro 6. Plan de Mejora para el Almacén de Materia Prima y Empaque.....	35
Cuadro 6. Plan de Mejora para Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.....	36
Cuadro 6. Plan de Mejora para la Calibración de equipos de medición.....	37

INTRODUCCIÓN

En este mundo globalizado, es cada día más importante el requerimiento generalizado de las organizaciones y clientes en todo el mundo de mejores estándares de calidad; los cuales son alcanzados por aquellas que tienen como premisa de acción la mejora continua en sus procesos. En tal sentido, la presente investigación se enmarcó dentro de la aplicación de las herramientas estadísticas pertinentes para la evaluación y diagnóstico de la problemática planteada en la línea de producción PIL-1, perteneciente a una empresa formuladora de agroquímicos del estado Aragua.

Es de necesidad vital, establecer pautas y criterios de acción que permitan dilucidar los parámetros y especificaciones de operación en las líneas de producción para el logro deseado, destacando el uso de las herramientas de calidad para la evaluación y diagnóstico de la problemática existente (**Pire y Reina, 2011**).

Existe una amplia gama de herramientas estadísticas que se pueden mencionar, como lo son: El diagrama de flujo, diagrama causa – efecto, diagrama de pareto, graficas de control; entre otras, todas con la base técnica requerida para la recolección de información, medición de variabilidad e identificación de patrones, como lo enuncia Montgomery (**Montgomery , 2010**).

En el caso de estudio del presente trabajo, se efectuó en principio, la evaluación, análisis y diagnóstico de la alta variabilidad presentada en la línea de producción PIL-1, específicamente para el producto METOMIL; aplicando dichas herramientas estadísticas, logrando detectar entre las causas, la falta de calibración de los parámetros, velocidad de grifo (G) y velocidad de banda (B). Seguidamente se establecieron las condiciones y parámetros de operación adecuados, con el uso del diseño experimental; esto con la respectiva validación de los resultados obtenidos a través de corridas confirmatorias y finalmente se concluyó con el objetivo general del presente trabajo :propuesta de un plan de mejora para el proceso de llenado del producto metomil, envasado en una empresa formuladora de agroquímicos del estado Aragua.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación, se desarrolló la siguiente metodología:

1.1 Lugar de la ejecución : las actividades descritas en esta sesión se realizaron en la línea de envasado PIL-1 , ubicado dentro de las instalaciones de la empresa Insecticidas Internacionales , situada al final de calle la redoma Zona Industrial Soco Sector La Chapa, La Victoria Estado Aragua.

1.2 Metodología

1.2.1.- Diagnostico de la variabilidad presentada en la línea PIL-1.

Con el propósito de establecer la condición inicial del proceso, se procedió a la elaboración del gráfico de control para variables $\bar{x}$ y R, para la característica de calidad (peso del producto envasado), y a la determinación de la proporción de demérito. En ambos casos se utilizó la metodología de muestreo aleatorio simple (MAS).

Para el gráfico de control se procedió a la evaluación de datos históricos tomados por el laboratorio de control de calidad de la empresa, correspondiente al peso neto (970 g +/- 20 g) del producto (METOMIL). Dichos datos fueron recolectados desde el día Lunes 10 de Noviembre hasta el Jueves 20 de Noviembre del año 2014, se tomaron un total de 20 muestras, 2 muestras por día, cada una con $n=5$; lo cual generó 100 datos (peso del producto envasado), para los 10 días de estudio efectuados. En cuanto a la proporción de demérito se tomaron un total de 10 muestras, 2 muestras por día, cada una con $n=100$ y 30 minutos de separación entre muestras; lo cual generó 1000 datos, para los 5 días de estudio.

El gráfico de control para variables $\bar{x}$ y R se elaboró con la finalidad de determinar la presencia o no de causas especiales de variación en el proceso.

Para el caso de la proporción de demérito ($\hat{p}$), la misma se define como la fracción disconforme, respecto a la totalidad de observaciones realizadas en un lote o proceso,

una estimación insesgada de $\hat{p}$ viene dada por: $\hat{p} = x / n$, (Montgomery., 2010); siendo x , el número de observaciones disconformes y n , el número total de observaciones realizadas. En la presente investigación, la proporción de deméritos o fracción disconforme, se avaluó para 10 subgrupos de tamaño igual a 100 unidades cada uno y está representada por aquellos envases que salían de la línea con la condición de llenado por exceso ó defecto; los cuales requerían de intervención por parte de los operarios, en el sentido de completar su peso ó vaciado parcial de forma manual, para luego incorporarlos a la banda transportadora nuevamente, para su correspondiente etiquetado hasta su embalaje.

1.2.2.-Determinación de las causas que generan la alta variabilidad registrada en el proceso de Llenado para el Producto METOMIL en la línea de producción Pil-1, por medio de herramientas de control estadístico de procesos.

Se procedió a la recolección de toda la información relacionada con el proceso en cuestión, para su posterior análisis y evaluación; siendo éstas: la materia prima, maquinaria, fuerza laboral, planificación de la producción, actividades que intervienen en el proceso de llenado, planes de mantenimiento, distribución en planta y almacenamiento de producto terminado; así mismo se utilizaron diversas herramientas estadísticas para dicha recolección de información, como lo son:

El diagrama de flujo de procesos (Besterfield., 1994), Diagrama de enfoque de procesos, la observación directa (González, 1997), tormenta de ideas (Aiteco, 2004) y la entrevista no estructurada (Royo, 1990); todas éstas aplicadas con el propósito de elaborar finalmente el diagrama causa-efecto, considerando toda la información obtenida anteriormente. En el caso de la tormenta de ideas, participaron todos los operarios pertenecientes a la línea PIL – 1, así como también supervisores de ésta, además del coordinador de Producción y el coordinador de Mantenimiento de la Planta.

En relación a la aplicación de la entrevista no estructurada, se aplicó a todo el personal que participó en la tormenta de ideas, adicionando a los dos supervisores de Mantenimiento que laboran en la empresa.

Seguidamente, se elaboró el respectivo diagrama causa-efecto (Juran y Gryna, 1993), técnica de grupo nominal (Villa y Marauri, 2004) y diagrama de Pareto (Asaka T, 1988); logrando además establecer un orden jerárquico para los factores o variables con primordial incidencia en la problemática descrita en el referido proceso.

1.2.3.- Establecimiento de las condiciones de operación adecuadas, conforme a las causas detectadas, por medio del uso de experimentos comparativos.

A raíz de los análisis realizados en el objetivo anterior se detectó claramente que los factores velocidad de grifo (caudal expresado en ml/seg) y velocidad de la banda eran dos de las causas que estaban generando efecto de variabilidad en el proceso de llenado del Metomil. De manera que, dar respuesta a las condiciones de operación para esos factores implicaba la aplicación del diseño de experimento, para lo cual surgió como primera interrogante cuáles serían los niveles de los factores que se utilizarían para el experimento; para poder definir esto, fue necesario recurrir a información técnica, información histórica y de la experiencia del personal en la operación de los equipos involucrados con en esos factores. Mediante el análisis anterior se obtuvieron los siguientes niveles para cada uno de los factores:

Cuadro 1. Factores y niveles del experimento.

Factores y Niveles	
VG	VB
a ₀ : 1 ml/seg	b ₀ : 6 rpm
a ₁ : 2 ml/seg	b ₁ : 7 rpm
a ₂ : 3 ml/seg	b ₂ : 8 rpm
a ₃ : 4 ml/seg	

Claramente se evidencia que con estos dos factores y estos niveles se pudiera plantear en un principio un experimento factorial, no obstante se verificó que el manejo del equipo o la aleatorización de los niveles velocidad de grifo tenía cierta limitación ya que el cambio de un nivel a otro implicaba realizar una parada para hacer el respectivo ajuste, lo que se traducía en un tiempo muerto y por ende impactaría negativamente en el cumplimiento de la meta de producción definida para el día. Dada esa limitación en la

aleatorización se llegó a la conclusión que se tenía que utilizar un arreglo en parcelas divididas, colocando los niveles del factor velocidad de grifo en la parcela principal ya que es la que presenta la limitación y los niveles de velocidad de banda en la parcela secundaria. Esto nos conllevaba a 12 combinaciones o tratamientos. Ante la imposibilidad de correr todas esas combinaciones en un mismo día y previendo el hecho de que pudiera presentarse algún factor de ruido entre un día y otro, se adoptó la alternativa de ejercer control local y usar el diseño de bloques al azar de manera tal que el diseño del experimento es un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamiento en parcelas divididas, con la velocidad de grifo en la parcela principal y velocidad de banda en la parcela secundaria.

Las unidades experimentales sobre las cuales se efectuó la medición estuvieron representadas por 20 envases, para cada corrida se hicieron 5 repeticiones por día, se tomó la previsión de cumplir con los principios básicos del diseño de experimento como lo son aleatorización, control local y repetición, en cuanto a la aleatorización la misma se alcanza al correr dentro de un mismo bloque las diferentes combinaciones en un orden aleatorio (anexo 1). Para el control local se toman los días como bloque (repeticiones) ya que se sospecha que no todos los días la línea de producción se comporta de la misma manera.

Materiales:

- La variable respuesta (peso del envase, expresado en kilogramos) fue medido en una balanza con las siguientes características: Balanza marca Epelsa, modelo Cyber, valor de resolución y escalón de verificación de 0.001 kg.

1.2.4.- Validación las condiciones de operación adecuadas, establecidas en el objetivo anterior, por medio de un experimento confirmativo.

Es bien conocido, la propiedad y particularidad de la información obtenida por medio de experimentos comparativos, que consiste en su alta validez interna, pero poca validez externa, es decir, que los resultados obtenidos en los experimentos comparativos, son válidos, bajo las condiciones en las cuales se condujo el experimento, cuando los resultados de estos experimentos se pretenden llevar dentro de las recomendaciones a nivel de una línea de producción, en donde ya está sometida a los ruidos y variaciones

en el entorno natural de esta línea de producción, los resultados no necesariamente se verifican como se han obtenido en el experimento, esto hace necesario una parte de verificación de validación de resultados experimentales directo en la línea de producción.

Para validar las condiciones de operación se procedió a efectuar una corrida confirmatoria, en la línea de producción PIL-1, utilizando los niveles de los factores involucrados en el experimento que resultaron ser los mejores (velocidad de Grifo 3 ml/seg y velocidad de banda 8 rpm). En total se tomaron 20 muestras a las cuales se les registró el peso.

La herramienta a utilizar para efectuar la validación una vez obtenidos los resultados de la corrida confirmatoria no es otra cosa que lo que se conoce como los intervalos de confianza, donde, con la información del experimento confirmatorio se efectuarán o se construirán unos intervalos de confianza. De acuerdo a lo que indica Machado (2000), si la media poblacional del i-esimo tratamiento en la correspondiente parcela grande, se encuentra contenida en el intervalo generado con las repeticiones de dicho tratamiento en el ensayo intensivo, entonces se consideran validados los resultados de dicho experimento en un escala mucho mayor. A continuación se muestra la fórmula empleada para el cálculo del intervalo de confianza:

$$I.C. = [\bar{x} - q_2 * S_n / (n)^{1/2}, \bar{x} - q_1 * S_n / (n)^{1/2}]$$

La cual representa un intervalo de confianza $(1-\alpha)100\%$ para la estimación de un parámetro μ para una población normal con varianza desconocida donde :

q_1 : Es el valor cuantil $(\alpha/2)$ de la distribución de t de Student con n-1 grados de libertad $t_{(\alpha/2)(n-1)}$.

q_2 : Es el valor cuantil $(1 - \alpha/2)$ de la distribución de t de Student con n-1 grados de libertad $t_{(\alpha/2)(n-1)}$.

$\bar{x}$: Promedio de las observaciones de la corrida confirmatoria

S_n : desviaciones estándar de las observaciones de la corrida confirmatoria

n: número de repeticiones de la corrida confirmatoria

$(1 - \alpha)$: Coeficiente de confianza

1.2.5.- Propuesta de acciones correctivas que de ser implementadas permitan mejorar el proceso de Llenado para el Producto METOMIL.

Se procedió bajo la metodología propuesta por el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior de Planes de Mejoramiento Continuo (SINAES 2003), enfocando el estudio respectivo para todos los elementos que conforman el proceso de llenado del METOMIL (Maquinaria, Condiciones y medio ambiente de trabajo, Métodos de operación, desempeño laboral y almacén de materia prima, entre otros); esto con la respectiva adaptación a la problemática en estudio. En atención a esto, se tomó en consideración toda la información obtenida a través de las herramientas estadísticas previamente utilizadas para el logro del objetivo específico, correspondiente a la determinación de las causas que generan la alta variabilidad registrada en el proceso de Llenado para el Producto **METOMIL** en la línea de producción Pil-1. Seguidamente se ejecutaron las correspondientes fases o etapas contenidas en la referida metodología:

I Etapa: Se analizaron las causas a cada debilidad identificada, se listaron las posibles acciones a tomar, estudiando la viabilidad de cada una de éstas; para ello se utilizó el formato contenido en el anexo.

II Etapa: Se diseñó el plan de mejoramiento; el cual a su vez, está estructurado por dos sub-etapas, siendo la primera de ellas, la definición de la debilidad o necesidad, el objetivo, las acciones correctivas y los indicadores como componentes de dicho plan de mejoramiento. La segunda sub-etapa, la constituye el diseño de un formato para el plan de mejoras que haga viable la implementación y seguimiento del mismo; el cual se presenta en la última parte de la sección de resultados y discusión.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Determinación de las causas que generan la alta variabilidad en el proceso de Llenado para el Producto METOMIL en la línea de producción Pil-1.

2.1.1 Diagnóstico

Mediante el uso de la respectiva data histórica, se elaboró el gráfico de control $\bar{R}$, logrando establecer la condición de inestabilidad del proceso al inicio de esta investigación, para la característica de calidad correspondiente al peso neto del producto METOMIL, al salir de la máquina llenadora.

El gráfico $\bar{R}$ evidenció una condición fuera de control para el proceso, expresada en la figura 1, con una considerable dispersión entre valores de muestras que explican la alta variabilidad Inicial del proceso de llenado del producto METOMIL, si se compara con las especificaciones del producto para la variable peso (970 gramos $\pm$ 20 gramos), observándose una clara tendencia ascendente, definida en los puntos 1,2,3,4,5,6,7,8, y dos valores por encima del límite superior de control (LCS); correspondientes a los puntos 9 y 11; todo esto nos indica que efectivamente, existen causas especiales de variación.

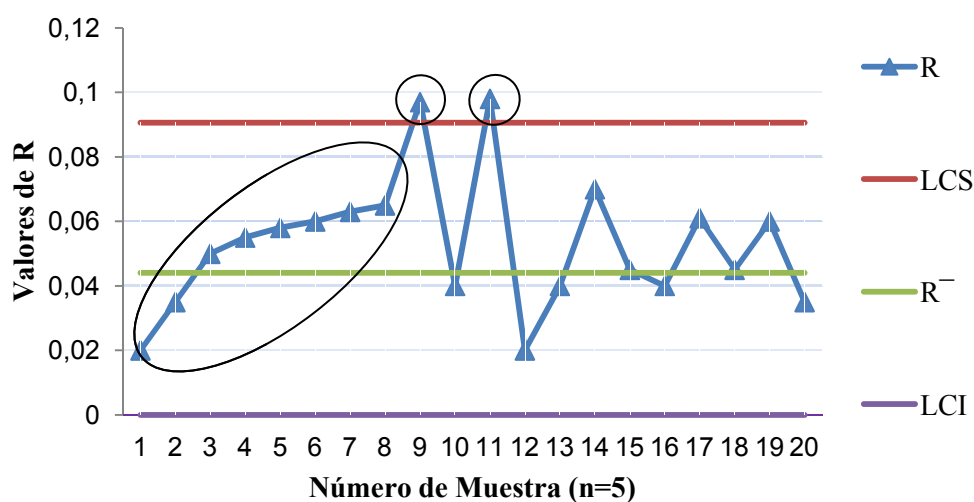


Figura 1. Gráfico $\bar{R}$ para el peso del producto METOMIL.

De igual forma en el gráfico $\bar{x}$, se puede apreciar un corrimiento en el valor de la media del proceso; específicamente hacia la parte baja de la línea central ($\bar{X}$); lo cual indica la existencia de causas especiales de variación que pudiesen haber generado que el proceso no estuviese centrado; tal como se observa en la figura 2.

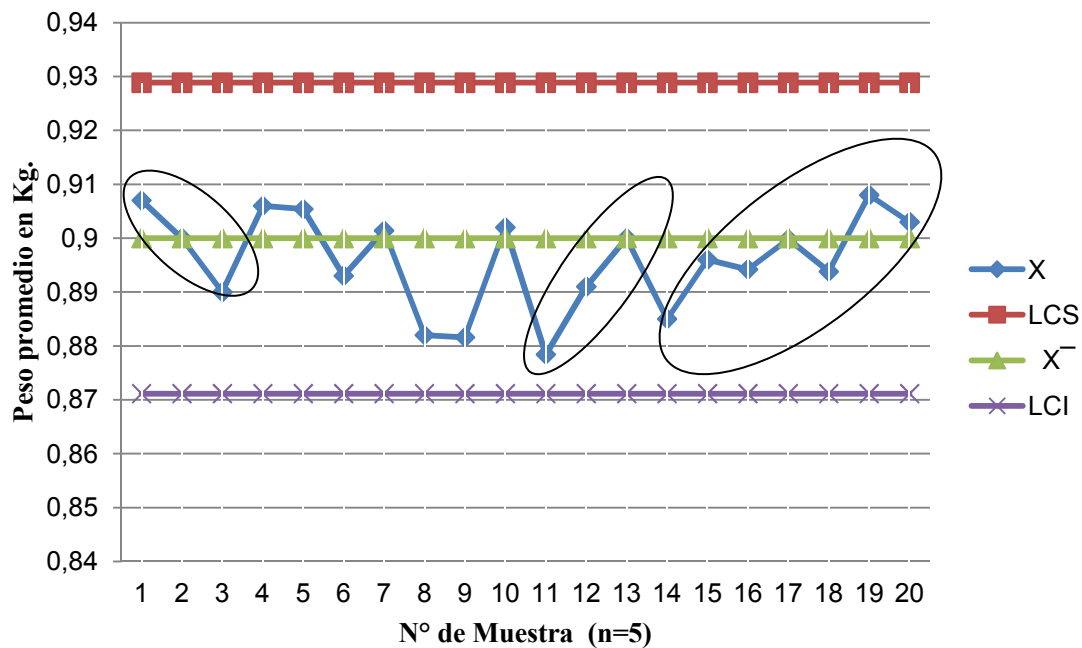


Figura 2. Gráfico $\bar{X}$ para el peso del producto METOMIL.

En relación con la fracción disconforme, se verificó un alto porcentaje de envases con defecto de llenado (peso neto), por el orden del 27,2 %. Estas disconformidades requerían de la paralización de la línea y efectuar el trabajo de corrección de forma manual por parte de los operadores; significando una pérdida considerable de tiempo y dinero. Por otra parte, el tamaño mínimo de una orden de producción para el referido producto METOMIL, está por el orden de 20.000 unidades; lo que en términos prácticos representa 5.440 envases con disconformidad en el contenido del producto. Con base en todo lo expuesto, se verifica, el estado de descontrol del proceso al inicio de la presente investigación. En la figura 3, correspondiente al gráfico de la fracción disconforme, se sospecha la existencia de un patrón no aleatorio con desplazamiento cíclico de los valores, indicando muy posiblemente la existencia de causas especiales de variación en dicho proceso.

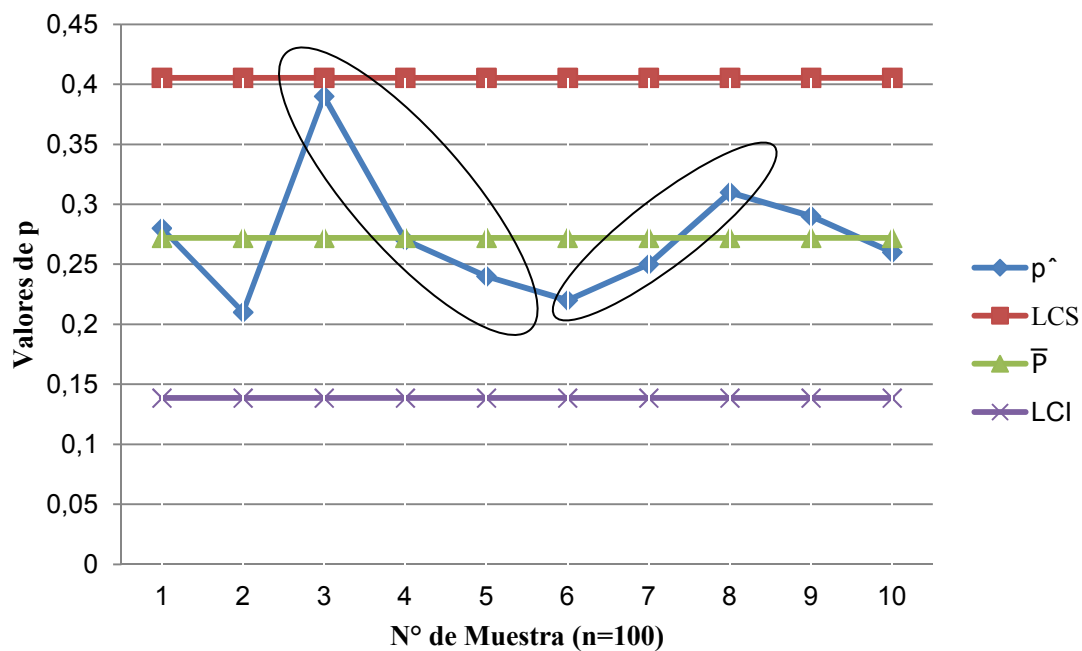


Figura 3. Gráfico para la fracción disconforme $\hat{p}$ del producto METOMIL.

2.1.2 Identificación de causas de variabilidad

Por medio del diagrama de flujo del proceso, que se muestra a continuación en la figura 4, se logró describir de una manera clara el proceso de llenado del producto METOMIL, permitiendo una comprensión global de éste; lo cual resultó de gran utilidad para la elaboración posterior del diagrama de enfoque de proceso; el cual se muestra en la figura 5, en donde, se identificaron las respectivas entradas, salidas y restricciones del referido proceso.

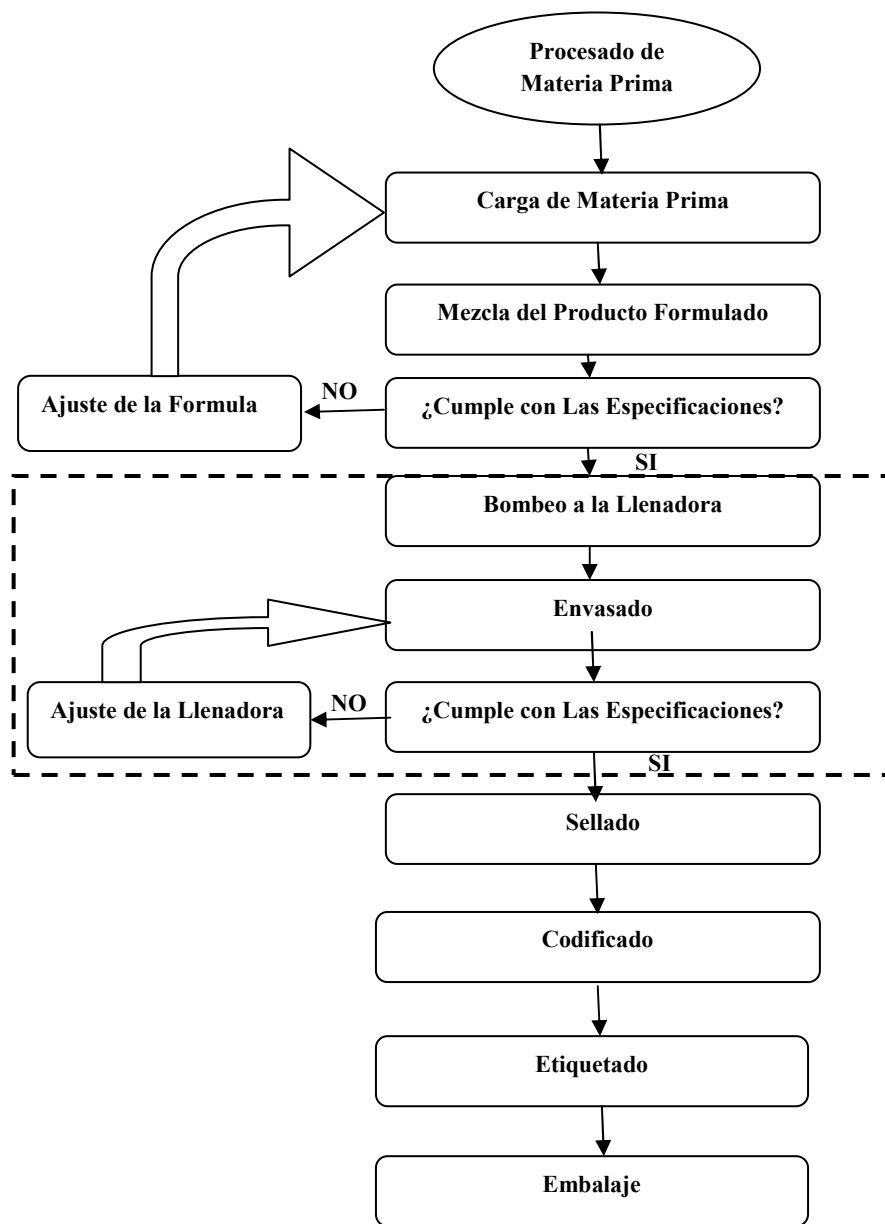


Figura 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Llenado del Producto METOMIL.

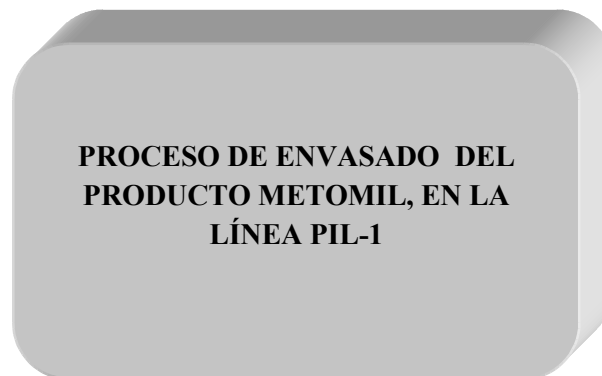
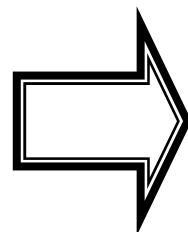
Materia Prima: METOMIL Formulado, cajas, envases, tapas, etiquetas, pega, foil, solvente, envoplas, paletas de madera, flejes.

Mano de Obra:

- ❖ Operarios.
- ❖ Electricistas.
- ❖ Mecánicos.
- ❖ Supervisor.
- ❖ Analistas

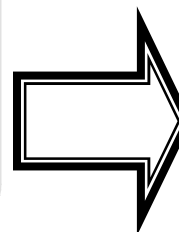
Servicios:

- ❖ Energía eléctrica.
- ❖ Aire comprimido.
- ❖ Vapor de agua.
- ❖ Servicio de Mantenimiento



RESTRICCIONES

- ❖ Falla en la maquinaria (llenadora, etiquetadora, codificadora y banda transportadora).
- ❖ Incumplimiento de normas de seguridad industrial.
- ❖ Carencia de manuales de operación para las actividades de producción.
- ❖ Ausencia de programas de adiestramiento para el personal.
- ❖ Deficiencias en la supervisión del proceso.



Salida Principal

- ❖ Envases llenos de acuerdo a especificación en cajas de cartón corrugada 12x1, 12 cajas por ruma, en paletas de 5 rumas c/u.

Salida Secundaria

- ❖ Envases con contenido de metomil, fuera de especificación.

Figura 5. Diagrama de Enfoque del Proceso.

Con este Diagrama, se lograron identificar las entradas al proceso, salidas y sus correspondientes restricciones, de acuerdo a lo que se expone a continuación:

Se tienen como entradas, los siguientes ítems:

Por Materia Prima: El producto METOMIL, formulado, cajas corrugadas 12x1, envases, tapas, etiquetas, pega, foil, tinta, solvente, envoplas, paletas de madera y flejes.

Por la Mano de Obra: operarios, electricistas, mecánicos, supervisores y analistas.

Por Servicios: energía eléctrica, aire comprimido, vapor de agua y servicio de mantenimiento.

Como salida principal, se tienen: envases de 1000 cc, llenos de METOMIL, de acuerdo con las especificaciones, contenidos en cajas de 12 unidades, organizadas en paletas de 60 cajas, dispuestas en 5 camadas de 12 cajas cada una..

Como salida secundaria: envases de METOMIL, con peso fuera de especificaciones.

Además se identificaron las restricciones correspondientes de dicho proceso de envasado, entre las cuales se tienen:

Falla en la maquina (Llenadora, etiquetadora codificadora y banda transportadora); distracción de los operarios por el uso de equipos de telefonía celular en la línea; carencia de manuales de operación; ausencia de programas de adiestramiento para el personal; deficiencias en la supervisión del proceso.

Utilizando las características propias que, cada una de las diferentes herramientas estadísticas tienen en el diagnóstico de la problemática en cuestión, se inició con la aplicación de la observación directa, permitiendo así detectar de manera diáfana, algunas situaciones, problemáticas ó causas que inciden en la alta variabilidad presente en el proceso en estudio.

Seguidamente, se procedió a la aplicación de la entrevista no estructurada, en la cual se obtuvo información adicional, no revelada anteriormente, debido a que ésta resultó más personalizada, flexible y abierta, permitiendo enfocar las preguntas a los objetivos de la investigación.

Continuando con el proceso de recolección de información, se procedió a aplicar la técnica denominada tormenta de ideas, en donde también se identificaron causas de la

problemática en estudio, arrojando resultados similares a los obtenidos anteriormente, con algunas excepciones de particular interés, lo cual permitió categorizar y organizar dichas causas en función a la metodología de las 6 M's.

Finalmente, toda esa gran cantidad de información recolectada a través de las herramientas aplicadas anteriormente, sirvió como base para la elaboración del correspondiente diagrama causa – efecto, el cual se muestra a continuación en la figura 6.

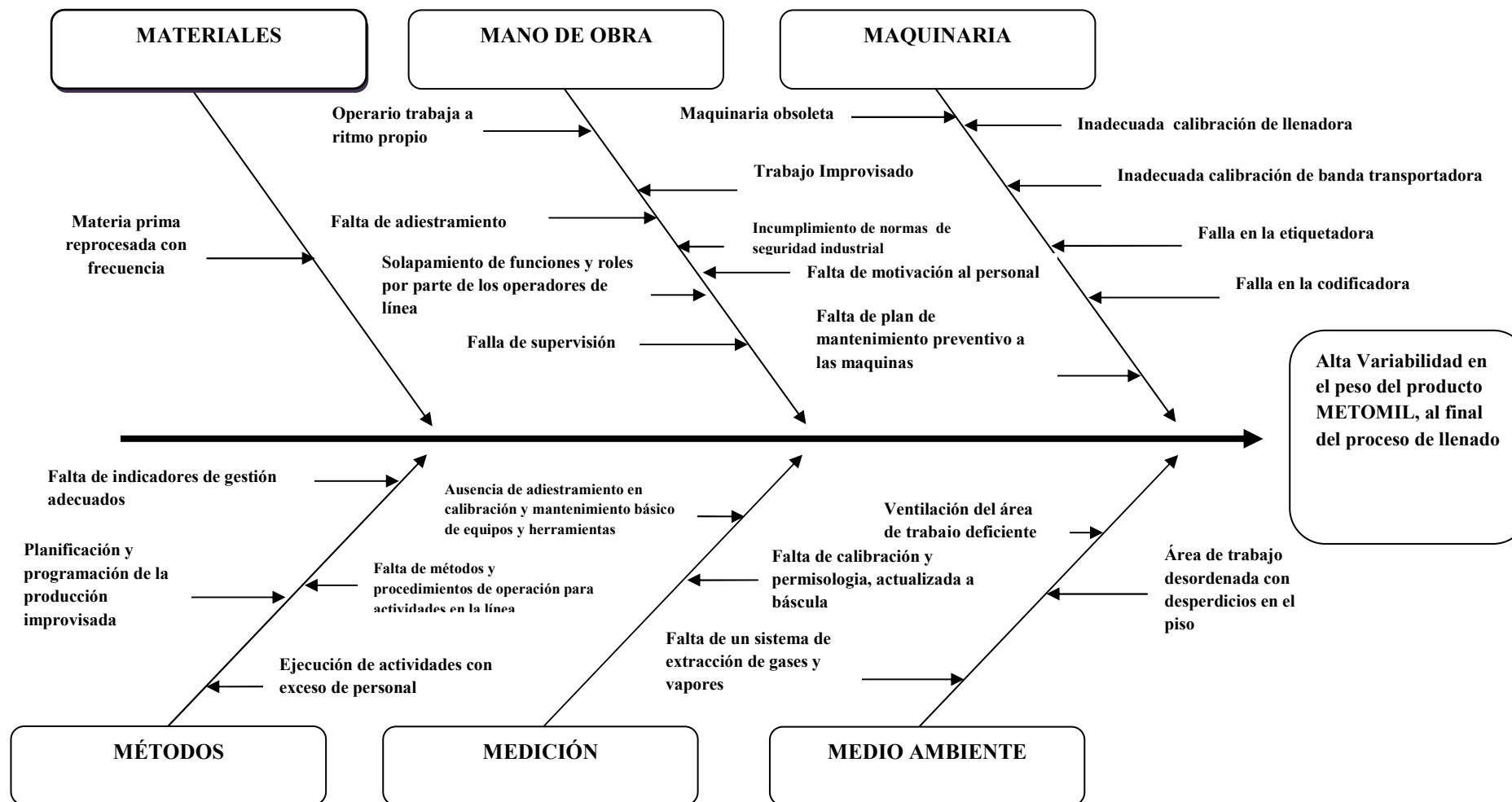


Figura 6. Diagrama Causa – efecto para el proceso de llenado del producto METOMIL en la línea PIL- 1.

La elaboración del referido diagrama causa – efecto, se realizó ilustrando las relaciones existentes entre los efectos y las causas que influyen en el resultado que se ha obtenido hasta ahora, en cuanto a la alta variabilidad en el peso final del producto METOMIL.

Seguidamente se describen de manera detallada cada una de las causas generadas para cada categoría, identificadas, evaluadas y clasificadas.

1) Materiales

A. Materia prima reprocesada con frecuencia: En su gran mayoría, los materiales que se utilizan para las formulaciones correspondientes al producto METOMIL, es reprocesada con frecuencia debido a la deficiente planeación y programación de las órdenes de producción; lo cual incide negativamente en el incremento de los costos de producción, pérdida de tiempo y en la calidad del producto final; además de que algunos insumos, como los envases, presentan perforaciones, partículas extrañas y la tinta utilizada en la codificadora es inadecuada.

2) Mano de obra

B. Operario trabaja a ritmo propio: cada operador realiza las actividades pertinentes en la línea de producción como le parece, sin atender a una norma o procedimiento de acción estandarizado que permita hacerlo de manera idónea y eficiente; esto genera coas en la ejecución de las actividades, pérdida de tiempo y alta probabilidad de ocurrencia de accidentes.

C. Falta de adiestramiento: aunque los operadores conocen de manera empírica las actividades a realizar dentro de la línea de producción, se hace necesario la implementación de un plan de adiestramiento con el propósito de dotar a los mismos de la herramienta indicada para mejorar sustancialmente la forma como vienen desarrollando dichas actividades, disminuyendo así los tiempos de producción y mejorando la calidad del producto.

D. Falla de supervisión: se deben emprender jornadas de concienciación dentro del cuerpo de supervisores de producción sobre la importancia de ejercer de manera eficiente dicha supervisión para obtener un mejor producto final, puesto

que los mismos muestran poca atención al trabajo dentro de la línea de producción, promoviendo el desorden en el desempeño de las actividades de producción.

E. Incumplimiento de normas de seguridad industrial: es común ver a los operadores trabajar sin las máscaras para gases y vapores; además de no colocarse los guantes protectores para prevenir el contacto con sustancias químicas tóxicas; lo que ha generado intoxicaciones e irritación cutánea en algunos operadores, por lo que deben efectuarse talleres y charlas para incorporar al trabajador a una política de seguridad laboral que evite todos estos riesgos; adicionalmente se evidencia la falla respectiva en el uso de equipos de telefonía celular en la línea, a pesar de que está prohibido.

F. Trabajo improvisado: el personal que labora en la línea efectúa sus actividades sin una planeación establecida previamente; lo que se traduce en un peligro latente de **accidentes** debido al riesgo de inadecuada manipulación de equipos y herramientas por improvisación, pérdida de tiempo y dinero.

G. Solapamiento de funciones y roles por parte de los operadores de línea: Los operadores de línea ejecutan indistintamente las funciones asignadas habitualmente a otros compañeros de línea, sin la debida preparación ni planificación para ello, propiciando el desorden, la pérdida de tiempo y dinero.

H. Falta de motivación para el personal técnico: Se requiere un plan integral de adiestramiento, que contemple talleres de motivación al trabajo, sentido de pertenencia y trabajo en equipo; los cuales permitan elevar el nivel de participación activa y constructiva en función de los planes y políticas de la empresa.

3) Maquinaria

I. Maquinaria obsoleta: todos los equipos de la línea tienen poco más de 20 años de operación ininterrumpida; por lo que han excedido su vida útil, además de tener una tecnología anticuada; es por esta razón que se requiere considerar un

plan de adquisición y montaje progresivo de equipos y líneas de producción con tecnología de punta que permita poner al día en esta área a la empresa y contribuir a mejorar los niveles de producción.

- J. Falta de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas:** los mantenimientos que se realizan generalmente en la línea de producción son del tipo correctivo, obviando la importancia que tienen los mantenimientos preventivos para el adecuado desempeño de las máquinas y equipos con que cuenta dicha línea, evitando las paradas no programadas, la pérdida de tiempo y dinero; específicamente se evidencia en las frecuentes fallas de la tapadora, llenadora, etiquetadora y codificadora, por lo que la gerencia general de la planta debe garantizar el cumplimiento efectivo de dicho plan de mantenimiento preventivo.
- K. Inadecuada calibración de la llenadora:** La calibración programada para la llenadora se efectúa sin un criterio adecuado en función al rendimiento esperado (producción / hora); por el contrario, en muchas ocasiones, se utiliza el mayor valor de velocidad de flujo de la llenadora, solo para cumplir la meta de producción día lo más pronto posible; sin importar los riesgos de derrames y las paradas que se suceden como consecuencia de éstos, además del defectuoso llenado de los envases de METOMIL (por exceso ó por defecto) , ocasionando pérdida de tiempo y deficiencias en la calidad del producto.
- L. Inadecuada calibración de la banda transportadora:** La calibración asignada a la banda transportadora, se efectúa sin un criterio adecuado en función del rendimiento esperado (producción / hora); por el contrario en muchas ocasiones, se utiliza el mayor valor de velocidad de la banda, solo para cumplir la meta de producción día, lo más pronto posible; sin importar los riesgos de derrames y las paradas que se suceden como consecuencia de éstos, ocasionando pérdida de tiempo, dinero y deficiencias en la calidad del producto.
- M. Falla en la etiquetadora:** La etiquetadora no realiza su función adecuadamente por falta del mantenimiento oportuno, fijando las etiquetas para el envase del producto METOMIL, de forma irregular, sin el pegamento adecuado y desniveladas; lo que ocasiona paradas en la línea y pérdida de tiempo.

- N. **Falla en la codificadora:** las frecuentes fallas en la codificadora, producto de la falta del mantenimiento preventivo, causan paradas en la línea y pérdida de tiempo.

4) Métodos

- O. **Falta de indicadores de gestión apropiados:** No se utilizan indicadores de gestión adecuados, que permitan un seguimiento y control de la actividad de producción de manera eficiente y práctica, ocasionando el mal uso de insumos para la actividad de producción, con la respectiva pérdida de tiempo y dinero.
- P. **Planificación y programación de la producción improvisada:** capacidad de producción sub utilizada, debido a la ausencia de una política concreta para la planeación y programación de la actividad de producción, que responda a las necesidades reales presentes y futuras en tiempo y cantidades por producto; lo cual genera pérdida de tiempo, dinero y pérdida de capacidad de suministro oportuno de insumos necesarios para la actividad agrícola.
- Q. **Falta de métodos y procedimientos de operación para actividades en la línea:** No existen instrucciones de trabajo debidamente documentadas para la ejecución de las diferentes actividades involucradas directamente al proceso de producción, lo que ocasiona pérdida de tiempo y dinero en horas / hombre y maquinaria utilizadas inadecuadamente.
- R. **Ejecución de actividades con exceso de personal:** La plantilla de operadores con la cual se realizan actualmente las actividades de producción en la línea, está sobrecargada, puesto que, para un trabajo en el cual históricamente se requerían 7 operarios, hoy se realiza con 12 trabajadores; lo cual eleva el costo de producción en poco más del 40 %.

5) Medición

- S. **Falta de mantenimiento y permisología de la báscula:** la báscula no cuenta con el mantenimiento preventivo adecuado y los certificados de revisión pertinentes desde hace más dos años, lo cual es un factor de incertidumbre en las mediciones efectuadas a través de la misma, poniendo en riesgo la calidad final del producto.

T. Ausencia de adiestramiento en calibración y mantenimiento básico de equipos y herramientas: En la línea, los operadores carecen del conocimiento necesario en cuanto a la correcta calibración de equipos y herramientas; así como el mantenimiento básico de las mismas, lo que redundará en el mal uso de éstas, ocasionando pérdida de tiempo, dinero y riesgo de accidentes.

6) Medio ambiente

U. Ventilación del área de trabajo deficiente: no se cuenta con una ventilación, adecuada que permita a los operadores de la línea trabajar de acuerdo a las normas que regulan las condiciones y medio ambiente de trabajo y que se deben cumplir para bienestar del operador; ocasionando un riesgo latente de enfermedades respiratorias y cutáneas, además de los riesgos jurídicos que conlleva el incumplimiento de la ley y posibles inspecciones por parte de INSAPSEL.

V. Falta de un sistema de extracción de gases y vapores: el área de trabajo adolece de un sistema eficiente de extracción de gases y vapores que se generan en la línea al realizar las actividades de producción; lo cual constituye un alto riesgo de ocurrencia de accidentes y de intoxicación respiratoria y cutánea para los trabajadores de dicha área.

W. Área de trabajo desordenada con desperdicios en el piso: el área de trabajo presenta una condición de suciedad y desorden tal, que constituye un riesgo latente de ocurrencia de accidentes, intoxicación respiratoria y cutánea para todos los trabajadores de dicha área; lo cual va en detrimento de la calidad del producto por efecto de la contaminación.

Con la aplicación de la técnica de grupo nominal se lograron generar respuestas e información importante por parte de los participantes invitados, mediante opiniones individuales sobre las causas de la problemática planteada en relación al proceso de llenado del producto METOMIL; esto permitió, jerarquizar dichas causas, mediante la

asignación de ponderaciones o puntuaciones a las de mayor y menor incidencia en dicha problemática.

Se procedió a establecer la unidad de estudio, conformada por los trabajadores involucrados directamente en el proceso en cuestión y de más experiencia, identificando a cada uno de los participantes con una sigla o simbología, tal como se muestra a continuación:

CP: Coordinador de Producción ; CM: Coordinador de mantenimiento ; SP: Supervisor de producción ; E: Electricista ; M: Mecánico ; OP1: Operador 1 ; OP2: Operador 2 ; OP3: Operador 3 ; OP4: Operador 4 ; OP5: Operador 5 ; OP6: Operador 6 ; OP7: Operador 7.

La ejecución de esta técnica se realizó, evaluando las ideas de las herramientas aplicadas anteriormente para el diagrama causa efecto, que fueron consideradas relevantes por la unidad de estudio. Seguidamente la unidad de estudio estableció la ponderación respectiva para cada una de las causas planteadas, utilizando la tabla de ponderaciones (Anexo), de acuerdo a la incidencia que éstas tenían en la problemática generada en el proceso en estudio (Muy importante, importante, poco importante y sin importancia).

Tal y como se desprende del análisis de los resultados obtenidos en el proceso de asignación de puntuación a las respectivas causas, éstas fueron ubicadas en orden descendente; en donde se constató que , las mayores puntuaciones asignadas a través de la Técnica de Grupo Nominal, justamente fueron las seis causas que pertenecen a la categoría “MAQUINARIA” (K,L,I,M,N,J), obtenidas en la tormenta de ideas aplicada anteriormente; esto generó información concreta y confiable acerca de las causas con incidencia principal en la problemática en estudio.

A continuación se presenta en forma resumida la información obtenida de la Técnica de Grupo Nominal (**TGN**), en el cuadro 2

Cuadro 2. Resumen de la información obtenida a través de la TGN.

CAUSA	PUNTUACIÓN	PORCENTAJE TOTAL (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)
K	600	22,39	22,39
L	555	20,73	43,12
I	435	16,25	59,37
M	160	5,97	65,34
N	150	5,59	70,93
J	120	4,47	75,40
G	60	2,23	77,63
H	60	2,23	79,86
O	60	2,23	82,09
R	60	2,23	84,32
S	60	2,23	86,55
T	60	2,23	88,78
P	57	2,12	90,90
Q	57	2,12	93,02
C	45	1,67	94,69
E	35	1,30	95,99
F	30	1,11	97,10
D	27	1	98,10
A	24	0,89	98,99
B	24	0,89	100,00
TOTAL	2679		

De esta tabla resumen, se logró establecer una incidencia significativa de las principales causas o factores involucrados en la problemática en estudio, expresada en el porcentaje acumulado de 75,40 %, para las 6 causas, pertenecientes a la categoría “MAQUINARIA”; lo cual facilitó la identificación real de las causas que de manera determinante inciden en el problema de la alta variabilidad en el peso del producto METOMIL para el proceso de llenado.

El diagrama de Pareto, se elaboró con los datos del cuadro 2, para estas seis causas o factores pertenecientes a la categoría antes mencionada, identificadas a través de la técnica de grupo nominal, se jerarquizaron las mismas con el propósito de hacer el estudio respectivo y solventar la problemática antes descrita; lo cual se aprecia a continuación en la figura 7.

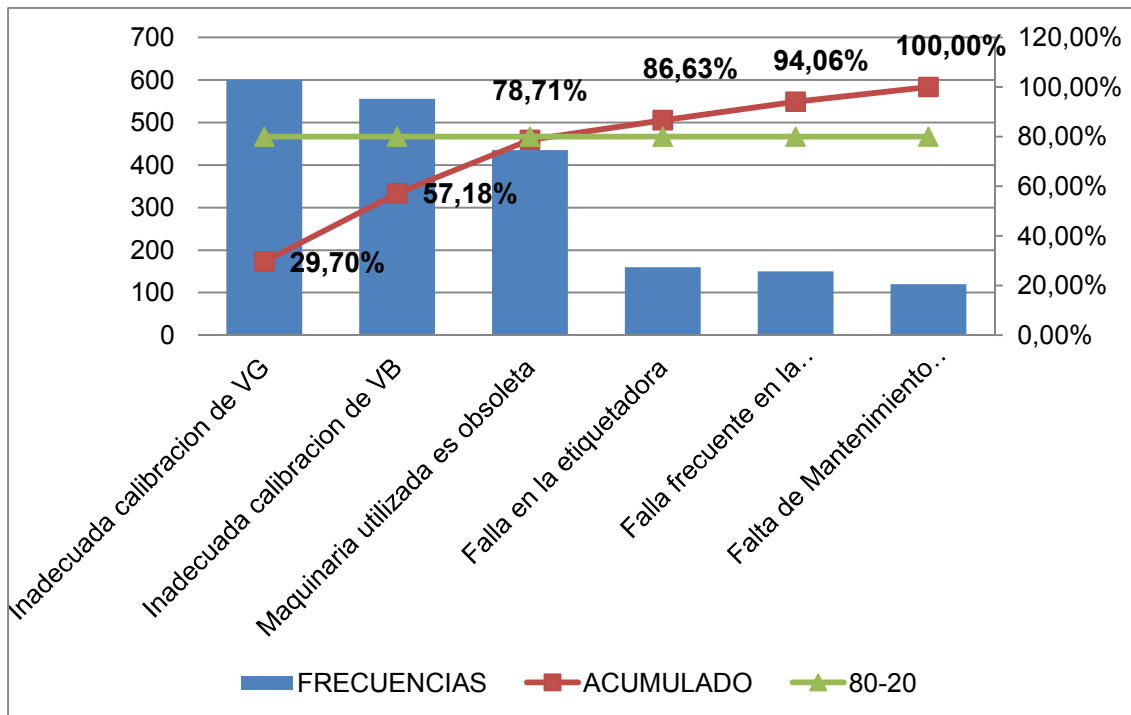


Figura 7.Diagrama de Pareto para las causas contempladas en la categoría “MAQUINARIA”.

El diagrama de pareto, permitió determinar dentro de las causas o factores de mayor incidencia, cuales son los principales que deben ser atacados, controlados o regularizados con la finalidad de mejorar el proceso en estudio.

Las principales causas o factores determinados y jerarquizados, representaron un porcentaje acumulado del 78,71% (**Pocos Vitales**), como responsables de la alta variabilidad en el proceso de llenado del producto METOMIL; siendo en primer término, la inadecuada calibración de la velocidad de flujo o grifo de la llenadora (K), en segundo lugar, la inadecuada calibración de la velocidad de banda transportadora (L) y finalmente, se presenta la causa correspondiente a lo obsoleto de la maquinaria utilizada en el proceso en cuestión (I).

Para efectos de la investigación, los primeros dos factores o causas determinadas, fueron evaluadas y analizadas mediante la aplicación de experimentos comparativos, con el propósito de recomendar las acciones correctivas pertinentes (H e I); mientras que el resto de las causas o factores identificados y evaluados, se sometieron a la metodología SINAES, para el correspondiente planteamiento del plan de mejora para todo el proceso en estudio.

En el Cuadro 3, que puede apreciarse a continuación, se resume la identificación o Descripción, para cada una de las causas evaluadas en la categoría “MAQUINARIA”.

CUADRO 3. Descripción Para cada una de las causas evaluadas en la categoría “MAQUINARIA”

CAUSA	DESCRIPCIÓN
K	Inadecuada calibración de la velocidad de flujo de la llenadora *
L	Inadecuada calibración de la velocidad de banda transportadora. *
I	Maquinaria utilizada es obsoleta.
M	Falla en la etiquetadora.
N	Falla frecuente en la codificadora por falta de mantenimiento preventivo.
J	Falta de mantenimiento preventivo a las maquinas.

2.2 Establecimiento de las condiciones de operación adecuadas, por medio de un experimento comparativo.

Una vez verificada la no violación de los supuestos del análisis de la varianza, se aplicó el referido procedimiento a las observaciones de peso neto (anexo 5) ,obtenidas mediante el experimento comparativo. En el cuadro 4, se muestran los resultados.

Cuadro 4. Análisis de la varianza para el peso neto (g), de acuerdo con el arreglo de tratamientos en parcelas divididas, bajo el diseño de bloques completos al azar.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	Fc	P- valor
Bloque(Día)	4	6927.5	1731.9		
Velocidad de Grifo (G)	3	60668.9	20223	135.56	0.0000
Error (A)	12	1790.2	149.2		
Velocidad de Banda (B)	2	12567.1	6283.5	17.97	0.0000
G*B	6	3801.2	633.5	1.81	0.1281
Error (B)	32	11187.1	349.6		
Total	59	59	96942		

Media general 927g

CV(BLOQUE*G) 1.32

CV(BLOQUE*G*B) 2.02

De la información contenida en el cuadro 4 se desprende que, existen diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), entre los pesos promedio registrados para cada una de las velocidades de grifo y las velocidades de la banda. Además, el efecto del incremento de la velocidad de grifo (G) sobre el peso neto, es independiente de la velocidad de banda utilizada (V), ya que la interacción resultó no significativa. Estos resultados pueden ser considerados confiables, en virtud de los bajos coeficientes de variación obtenidos.

Como no existe interacción entre los factores se procedió a analizar por separado el comportamiento de cada uno.

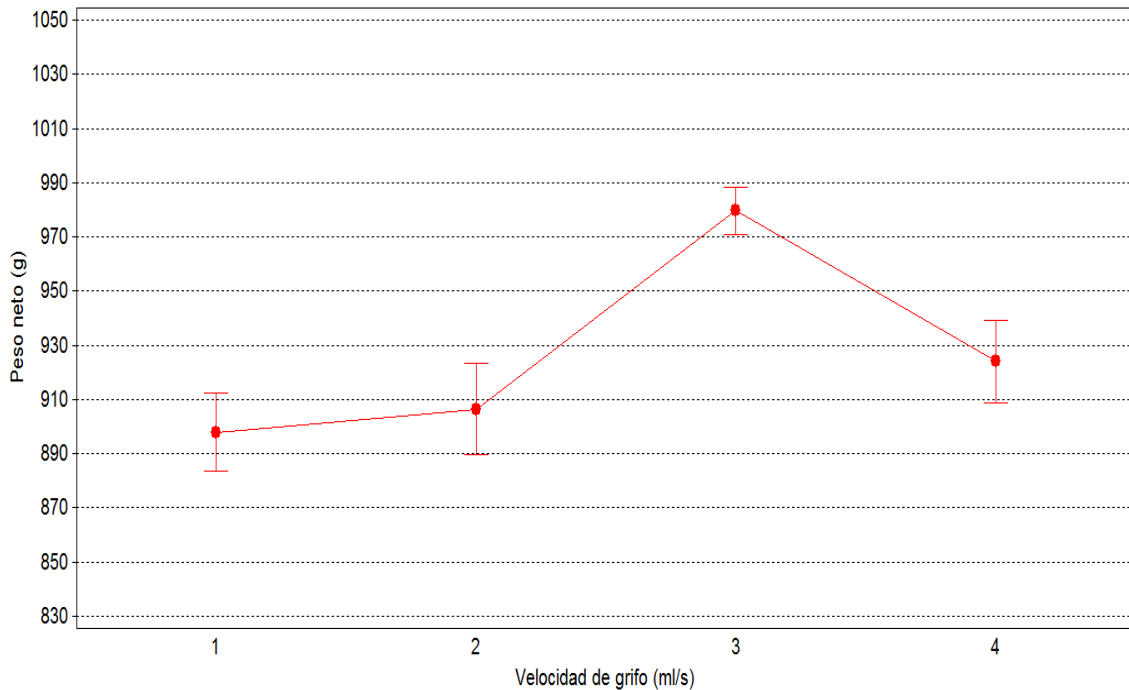


Figura 8. Variación del peso respecto a la Velocidad de Grifo

En la figura 8 se muestra el gráfico de interacción del peso neto contra los niveles de la velocidad de grifo, en éste se puede apreciar como en los niveles más bajo de la velocidad de grifo (1 rpm y 2 rpm) el valor del peso neto también se encuentra muy por debajo de la especificación (970 +/- 20 g) , caso contrario ocurre cuando se trabaja con una velocidad de grifo de 3 rpm , ya que, en este nivel si se logra alcanzar un valor en el peso neto ajustado a los requerimientos, además se evidencia como la variación en dicho nivel es mínima en comparación al resto de los niveles, por lo tanto esta velocidad puede ser considerada como una recomendación en cuanto a la condición de operación de la línea.

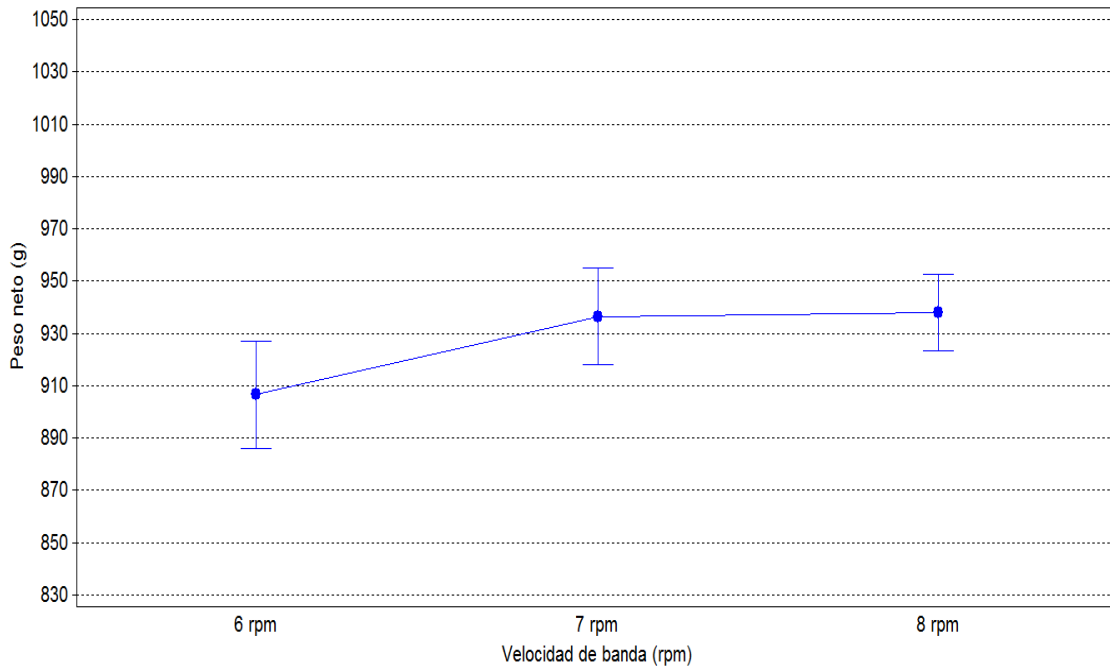


Figura 9. Variación del peso respecto a la Velocidad de Banda

Del ANAVAR del cuadro 4 se obtuvo que efectivamente existen diferencias significativas entre los pesos promedio registrados para cada una de las velocidades de la banda, sin embargo, en la figura 9 se observa en un principio como el factor de velocidad de banda en cada uno de sus niveles arroja valores de peso neto muy por debajo de las especificaciones a pesar de su significancia, esto justamente concuerda con el resultado obtenido en el ANAVAR donde el error (B) resultó ser mucho mayor que el error (A) por tal motivo no fue necesario realizar un poll. Lo anterior nos indica que efectivamente el factor velocidad de banda por sí solo genera gran variación en el proceso. Por otro lado si se analiza por separado cada uno de los niveles de la velocidad banda que se muestran en la figura 9, se puede apreciar que los dos primeros niveles (6 rpm y 7 rpm) muestran una gran variación del peso neto, mientras que la variación del último nivel (8 rpm) pareciera ser un poco menor , para comprender este comportamiento se procederá a analizar en la figura 10 el gráfico de interacción de la velocidad de grifo y la velocidad de banda.

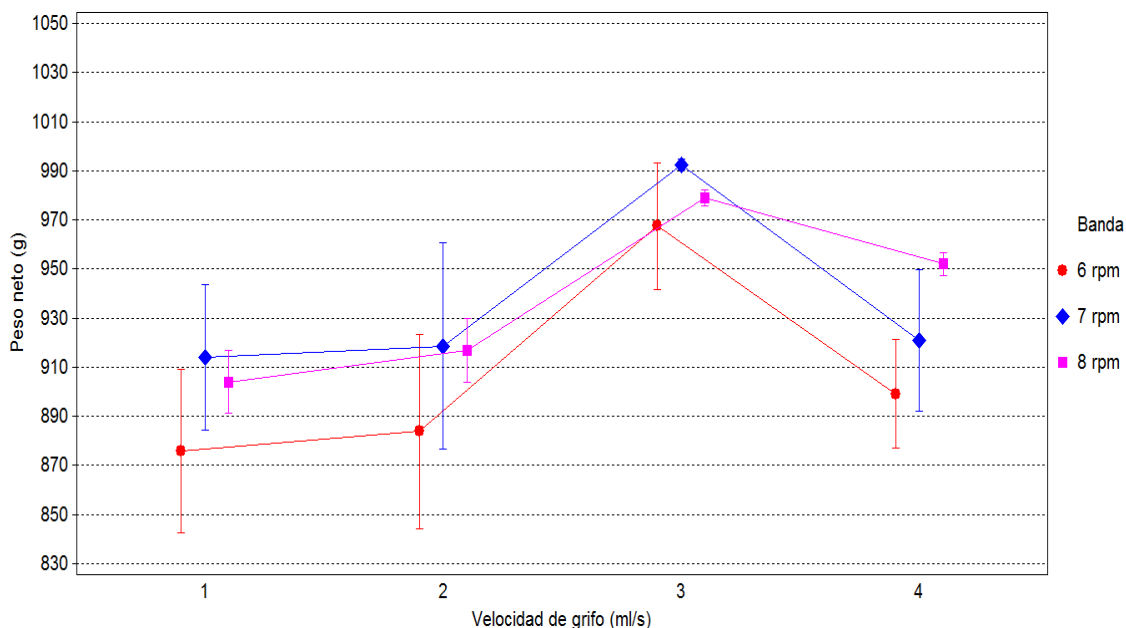


Figura 10. Interacción velocidad de grifo y velocidad de banda

En el gráfico de la figura 10 se muestra como ciertamente no existe ningún tipo de interacción entre la velocidad de grifo y la velocidad de banda, sin embargo, una combinación de los tratamientos en el nivel de velocidad de grifo de 3 ml/s con la velocidad de banda de 8 rpm, es capaz de generar un valor de peso neto tal, que se ajusta a las especificaciones requeridas, este comportamiento se debe a que, aun cuando no existe interacción entre ambos factores, la velocidad del grifo de 3 ml/s hace que el efecto de la banda disminuya, de hecho, el gráfico muestra como la variación para la combinación en estos niveles es mínima. Por otro lado, aun cuando en un principio quizás pudiera pensarse que la velocidad de 6 rpm también pueda ser una buena opción, esto no es así, ya que al observar la combinación de esta velocidad con la velocidad de grifo de 3 ml/s se tiene que la variación es muy grande, por consiguiente no puede ser considerada dentro de las recomendaciones en cuanto a la condición de operación de la línea. Por lo anteriormente expuesto se ratifica que los niveles de los factores que generan un peso neto dentro de los parámetros deseados no es más que la velocidad de grifo de 3 ml/s y la velocidad de banda de 8 rpm, por ende, pueden ser consideradas como una condición para la operación en la línea PIL-1 específicamente en el envasado del producto Metomil.

En el cuadro 5 se puede apreciar que cuando se combinan las velocidades de grifo de 1 , 2 y 4 ml/s con las tres velocidades de bandas usadas en el experimento , la media del peso neto en todos los casos resulta muy por debajo del valor de deseado de 970 +/- 20 g ; no obstante, cuando se utiliza la velocidad de grifo de 3 ml/s con la velocidades de 6 y 8 rpm , se obtienen valores de peso dentro de especificación. Como se indicó anteriormente tal comportamiento obedece al hecho de que aun cuando no existe interacción entre ambos factores , para este nivel de velocidad de grifo la misma tiene un comportamiento tal que permite la disminución de la variación del factor velocidad de banda y por ende se logra alcanzar el peso deseado, sin embargo aun cuando la velocidad de 6 rpm pareciera generar un peso más próximo a la especificación, dicha velocidad no puede ser considerada dentro las condiciones de operación, pues como bien se muestra en la figura 8 , esta combinación (3 ml/s y 6 rpm) , sigue manteniendo una variación mayor a la que se presenta para la combinación de 3 ml/s y 8 rpm la cual es mínima. Por lo anterior se ratifica que dicha combinación es la más idónea para la operación de la línea durante el envasado del producto Metomil.

Cuadro 5. Valores de medias para cada combinación de tratamiento

Banda	Media	Grifo				Total
		1ml/s	2 ml/s	3 ml/s	4 ml/s	
6 rpm	Media (g)	875.80	883.80	967.40	899.20	906.55
7 rpm	Media (g)	914.00	918.60	992.40	921.00	936.50
8 rpm	Media (g)	904.00	916.80	979.00	952.00	937.95
Total	Media (g)	897.93	906.40	979.60	924.07	927.00

2.3 Validación de las condiciones de operación adecuadas, por medio de un experimento confirmativo.

Para hacer la validación del experimento, fue necesario realizar una corrida confirmatoria con los niveles de los factores que resultaron ser la mejor combinación de tratamiento, del objetivo anterior se determinó que, los niveles de los factores que generan un peso neto dentro de especificación (970 ± 20 gr) no eran más que la velocidad de grifo de 3 ml/s y la velocidad de banda de 8 rpm. Partiendo de este punto, se realizó una corrida confirmatoria con las velocidades anteriormente descritas y se tomaron un total de 20 observaciones (anexo).

Por otro lado, de la corrida inicial del experimento se sabe que, para la combinación de tratamiento que se quiere validar (VG: 3 ml/s y VB: 8 rpm), el valor de la media es de $\mu : 979$ ml/s . Ya que era conocido el valor de μ , un criterio de comparación válido fue generar un intervalo de confianza para la estimación de este parámetro a partir de los pesos netos registrados mediante la corrida confirmatoria.

Finalmente al construir el intervalo de confianza a partir de las observaciones de las muestras tomadas al azar, se pudo determinar que, dicho intervalo efectivamente contiene el parámetro μ que se pretendió estimar, por lo que el experimento adquiere una mayor validez externa, es decir que los resultados de dicho experimento están validados y por ende pueden ser consideradas dentro de las recomendaciones de operación de la línea de producción Pil-1. A continuación se presenta el intervalo obtenido:

$$I.C. (0.95)_{\mu = 979} = [977.08 , 980.72]$$

2.4 Proponer acciones correctivas que de ser implementadas permitan mejorar el proceso de Llenado para el Producto METOMIL.

El plan de acción e implementación de medidas correctivas, que permitirá el mejoramiento en su conjunto para el desempeño y operatividad del proceso en estudio, revirtiendo la situación actual, se muestra a continuación, en el cuadro número 6.

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL.

Componente: Proceso de llenado del Producto METOMIL							
Objetivo: Fortalecer la operatividad, en el proceso de llenado, disminuyendo significativamente la alta variabilidad en el peso del producto METOMIL envasado							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Alta variabilidad en el peso del producto METOMIL envasado	1. adiestrar al personal involucrado de la línea en cuanto a la calibración específica, idónea, para ambos factores (VG, VB), en función de la orden de producción a ejecutar	Inscribir al personal Involucrado en la capacitación respectiva	Participantes asistentes/Participantes Involucrados =1	Lista de asistencia a la capacitación	Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento		Supervisor de Producción y Supervisor de Mantenimiento
		Seguimiento y control en el desarrollo de la capacitación para el logro de objetivos	Capacitaciones Planificadas / Capacitaciones Efectuadas = 1	Resumen de la Programación de Capacitaciones realizadas versus las programadas	Realizar auditorías periódicas a los planes de Capacitación.		Coordinador General de Talento Humano
Maquinaria y equipos utilizados en la línea de envasado es obsoleto	Establecimiento de un plan de Inversiones a corto, mediano y largo plazo, que contemple la sustitución oportuna, programada de maquinaria y equipo	Elaborar Plan de requerimientos y Presupuestos de maquinaria y equipos para repotenciar las líneas de producción	Nº de maquinaria y/o equipos adquiridos e Instalados / Nº de maquinaria y/o equipos requeridos en el plan =1	Hoja de datos de Adquisición e Instalación de nuevos equipos y maquinarias	Realizar auditorías Periódicas al plan de requerimiento de maquinaria y equipos		Coordinador General de Producción. Coordinador General de Mantenimiento
		Incluir Plan de requerimientos y presupuesto de maquinarias y equipos en el POA	Monto asignado para la adquisición de Maquinaria y equipo/Monto Presupuestado para la adquisición de Maquinaria y equipo	Informe trimestral de seguimiento del POA	Revisión de Informes trimestrales de seguimiento del POA		Coordinador General de Producción. Coordinador General de Mantenimiento y Coordinador General de Administración.
Falta de Implementación de un plan eficiente de mantenimiento preventivo	.Garantizar los recursos necesarios, vía presupuesto y plan de inversiones anuales para mantenimiento.	Elaborar Plan y presupuesto de requerimientos anuales en Mantenimiento para la planta.	Monto asignado (Bs.) para Mantenimientos / Monto Presupuestado para Mantenimientos = 1	Formatos de registros de Mantenimientos realizados, con sus respectivos costos reales y costos presupuestados.	Revisión de formatos de solicitud de mantenimientos y hoja de presupuesto de mantenimientos programados.		Coordinador General de Mantenimiento y Supervisor de Mantenimiento
		Incluir Plan y presupuesto de requerimientos anuales en mantenimiento, en el Plan Operativo Anual de la Empresa (POA).	Total de Mantenimientos Presupuestados / Total Mantenimientos Incluidos en el POA =1	Informe trimestral de seguimiento del POA	Revisión de Informes trimestrales de seguimiento del POA		Coordinador General de Mantenimiento y Coordinador General de Administración

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL. (Continuación)

Componente: Métodos de Operación							
Objetivo: Optimizar los procesos y métodos de operación en la línea Pil-1							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Incumplimiento de procedimientos generales, establecidos para el control de procesos	Rotación del personal supervisorio de línea	Evaluación periódica del desempeño y operatividad en la línea de producción	N° de Incidentes en el desempeño y operatividad en la línea-1< = 0	Formato de reporte de jornada diaria de producción	Revisión diaria de reportes de producción.		Coordinador General de Producción
	Aplicación de talleres motivacionales al personal supervisorio	Inscripción del personal Involucrado	Personal asistente/personal Involucrado =1	Lista de Asistencia a los Talleres	Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento.		Supervisor de línea y Coordinador General de talento humano
	Aplicación de talleres motivacionales a los operadores de línea	Inscripción del personal Involucrado	Personal asistente/personal Involucrado =1	Lista de Asistencia a los Talleres	. Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento.		Supervisor de línea y Coordinador General de talento humano
	Aplicación estricta de las normas vigentes de llamados de atención y amonestaciones.	Incremento de recorridos e Inspecciones por parte del personal de control de calidad, seguridad Industrial, servicio medico	N° de recorridos e Inspecciones en la línea/N° de días o jornadas de producción = 1	Formato de recorridos e Inspecciones realizadas diariamente para cada uno de los entes Involucrados	Revisión diaria de formato de recorridos e Inspecciones realizadas diariamente		Supervisor de línea
		Sheklist de ubicación de Instructivo para llamados de atención, amonestaciones y formatos de aplicación en la línea.	Llamados de atención y amonestaciones = Faltas cometidas por el personal en la línea	Formato de reporte diario de producción.	Revisión diaria de Formato de reporte diario de producción.		Supervisor de línea
Incumplimiento de las normas de higiene y seguridad Industrial	Charlas preventivas sobre el adecuado uso de los equipos de protección personal y condiciones Inseguras a los operadores	Inscripción del personal Involucrado	Personal asistente/personal Involucrado =1	Lista de asistentes a las charlas	Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento.		Supervisor de línea y Coordinador General de Talento humano
	Aplicación de normativas de llamados de atención y amonestación.	Incremento de recorridos e Inspecciones por parte del personal de Higiene y seguridad Industrial	N° de recorridos e Inspecciones en la línea/N° de días o jornadas de producción = 1	Formato de recorridos e Inspecciones realizadas diariamente por el personal de higiene y seguridad Industrial	Revisión diaria del Formato de recorridos e Inspecciones realizadas diariamente por el personal de higiene y seguridad Industrial		Supervisor de línea y Coordinador General de Higiene y seguridad Industrial
Falta de métodos y procedimientos de operación para actividades en la línea	Elaboración de un manual de normas y procedimientos para el desarrollo de actividades propias de producción en la línea.	Efectuar estudios de tiempo y movimiento, análisis de puestos de trabajo por actividad	Informes de avance de estudios de tiempos y movimientos, análisis de puestos de trabajo por actividad	Reportes de cumplimiento de metas	Revisión semanal de los reportes de cumplimiento de metas		Coordinador General de Producción y Supervisor de línea.

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL. (Continuación)

Componente: Desempeño laboral para actividades de producción							
Objetivo: Regularización de las actividades laborales en la línea de producción Pil-1							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Escaso conocimiento de las actividades propias de producción en la línea	Efectuar Talleres y jornadas de adiestramiento en las diferentes actividades propias de producción en la línea.	Inscripción de todo el personal Involucrado	Nº de asistentes/ Nº de Participantes Involucrados =1	Lista de asistencia de participantes	Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento.		Coordinador General de Producción y Coordinador General de Talento humano
Solapamiento de funciones y roles por partes de los operadores de línea.	Rotación del personal supervisorio de línea	Evaluación periódica del desempeño de actividades de producción en la línea	Nº de Incidentes en el desempeño de actividades de producción en la línea-1< = 0	Formato de reporte de jornada diaria de producción	Revisión diaria de Formato de reporte de jornada diaria de producción		Supervisor de línea
	Aplicación de medidas disciplinarias	Evaluación diaria del desempeño de actividades de producción	Nº de casos de fallas en el desempeño en la línea = Nº de sanciones disciplinarias establecidas	Formato de reporte de jornada diaria de producción	Revisión diaria de Formato de reporte de jornada diaria de producción		Supervisor de línea

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL. (Continuación)

Componente: Almacén de Materia Prima y Empaque							
Objetivo: Optimizar la gestión de recepción y entrega (MP , Empaques y Desechos) de mercancía en el almacén							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Recurrentes fallas en el suministro adecuado y oportuno de materiales y empaques	Programar la gestión de pedidos de MP y Empaques, conjuntamente con el almacén de MP y Producto terminado, la Coordinación General de Producción y el Laboratorio de Control de Calidad.	Calculo de todos los requerimientos de MP y empaques, en función del plan maestro de producción establecido.	Cantidad en Kg. Lts de MP requeridos/ Cantidad en Kg. Lts recibidos =1 Cantidad en unidades de empaques requeridos / Cantidad en unidades de empaque recibidos =1	Formatos de Requerimiento y de recepción de MP y empaques	Revisión Periódica de Formatos de Requerimiento y de recepción de MP y empaques		Coordinador General de Almacén y Coordinador General de Producción
	Cumplimiento del Programa de gestión de pedidos de MP y Empaques, conjuntamente con el Departamento de Producción y el Laboratorio de Control de Calidad.	Establecer un cronograma tentativo de compras de MP y empaques en función del plan maestro de producción.	Tiempo real de Recepción de MP y Empaques/ Tiempo Programado para la Recepción <=1	Cronograma Tentativo de Compras de MP y Empaques en función del plan maestro de Producción.	. Revisión de Cronograma Tentativo de Compras de MP y Empaques en función del plan maestro de Producción.		Coordinador General de Almacén y Coordinador General de Producción
Gran cantidad de material de desecho sin disposición final	Seguimiento y control efectivo de la programación respectiva a la disposición final de desechos.	Elaborar los reportes diarios por Orden de Producción de desechos	Cantidad de desechos generados por orden de producción ejecutada – Cantidad de desechos con disposición final efectiva =0	Formato de salida de desechos de la planta con lugar de disposición final asignado.	Revisión de Formato de salida de desechos de la planta con lugar de disposición final asignado.		Coordinador General de Almacén

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL. (Continuación)

Componente: Condiciones y medio ambiente de trabajo							
Objetivo: Optimizar las condiciones y medio ambiente de trabajo en la línea de producción PIL-1							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Deficiencias en la iluminación	Evaluación de sistema de Iluminación del área de trabajo	Realizar Reporte de requerimientos y presupuesto de luminarias para el área de trabajo	N° de Luminarias dañadas / N° de Luminarias sustituidas =1	Reporte de Orden de Trabajo para revisión de la Iluminación en el área de la línea PIL-1	Revisión del Reporte de Orden de Trabajo para revisión de la Iluminación en el área de la línea PIL-1		Supervisor de Mantenimiento y Supervisor de Línea.
	Reposición de luminarias dañadas	Incluir reporte de requerimientos y presupuesto de luminarias en el POA.	costo en bolívares de luminarias presupuestadas/ costo en bolívares de luminarias, Incluidas en el POA = 1	Reporte de seguimiento trimestral del POA	. Revisión del Reporte de seguimiento trimestral del POA		Supervisor de Mantenimiento y Supervisor de Línea.
Sistema de extracción de vapores y gases obsoleto y deficiente	Instalación de un nuevo sistema de extracción de gases y vapores.	Elaboración de proyecto y presupuesto para su Instalación.	Informe de Avance en la Elaboración del Proyecto	Reportes programados de desarrollo por áreas del proyecto	Revisión de los Reportes programados de desarrollo por áreas del proyecto		Coordinador General de Mantenimiento y Supervisor de la línea.
		Garantizar recursos financieros en el presupuesto y plan operativa anual (POA)	Costo en Bolívares del Proyecto e Instalación / Costo en Bolívares del Proyecto e Instalación , Incluidos en el POA =1	Seguimientos de avances trimestrales del POA	Revisión de Seguimientos de avances trimestrales del POA		Coordinador General de Mantenimiento
Ausencia de sistema de ventilación forzada	. Instalación de un sistema de ventilación forzada para reposición programada de aire en las áreas de formulación	Elaboración de proyecto y presupuesto para su Instalación.	Informe de Avance en la Elaboración del Proyecto	Reportes programados de desarrollo por áreas del proyecto	Revisión de los Reportes programados de desarrollo por áreas del proyecto		Coordinador General de Mantenimiento y Supervisor de la línea.
		Garantizar recursos financieros en el presupuesto y plan operativa anual (POA)	Costo en Bolívares del Proyecto e Instalación / Costo en Bolívares del Proyecto e Instalación , Incluidos en el POA =1	Seguimientos de avances trimestrales del POA	Revisión de Seguimientos de avances trimestrales del POA		Coordinador General de Mantenimiento.

Cuadro 6. Plan de Mejora del Proceso de Llenado del Producto METOMIL. (Continuación)

Componente: Calibración y ajuste de equipos de medición							
Objetivo: Mejorar los niveles de confiabilidad en las mediciones realizadas en la línea PIL-1							
Debilidad o Necesidad	Actividades	Tareas	Indicadores	Fuente de Verificación	Acciones de Seguimiento	Fecha	Responsable
Equipos de medición sin calibración y ajuste correspondiente	Elaborar un plan de ajuste y calibración de equipos	Adiestrar al personal en las condiciones básicas de operación de maquinarias y equipos	Operadores asistentes / operadores Involucrados =1	Lista de asistente al programa de adiestramiento	Verificación de causas de Inasistencia. Impulsar la aplicación del procedimiento.		Supervisor de Mantenimiento y Supervisor de línea.
		Cumplimiento de plan de ajuste y calibración de maquinaria y equipo	Ajuste de Maquinarias y Equipos = Parámetros Establecidos	Lista de chequeo de arranque OK.	Revisión periódica del Plan de ajuste y calibración		Supervisor de Mantenimiento y Supervisor de línea.

3. CONCLUSIONES

Mediante el uso de las herramientas del control estadístico de proceso, se verificó la alta variabilidad del proceso de llenado del producto METOMIL, además se logró determinar las causas que generan variación en el proceso en estudio, teniendo como causas principales, la inadecuada calibración de los factores velocidad de Grifo (G) y Velocidad de Banda (B), los cuales tenían una incidencia significativa en el peso de neto del producto. Lo anterior resalta la importancia que tiene el uso de tales herramientas en la determinación de las causas de variación de los procesos.

Los experimentos comparativos efectuados permitieron definir las condiciones de operación más convenientes en el equipo ($G = 3 \text{ ml/s}$; $B = 8 \text{ rpm}$), con la finalidad de obtener un producto que se adapte a las especificaciones , al mismo tiempo que permitirá disminuir los tiempos de parada y por ende favorecer el incremento de la productividad y eficiencia de la línea Pil-1.

La realización de la corrida confirmatoria apoyada en la herramienta estadística denominada “Intervalos de Confianza”, permitió validar las condiciones de operación determinadas mediante el experimento confirmatorio, con lo cual, éste adquiere una mayor validez externa, permitiendo así que dichas condiciones ($G = 3 \text{ ml/S}$ y $B = 8 \text{ rpm}$) puedan ser consideradas dentro de las recomendaciones de operación de la línea de producción Pil-1 durante el envasado del producto METOMIL.

A partir de la metodología SINAES se pueden proponer planes de mejora para áreas consideradas vitales en esta Investigación; como lo son: El Proceso de llenado del Producto METOMIL en la línea de envasado PIL-1 , Métodos de Operación en la línea Pil-1 , Desempeño laboral para actividades de producción en la Línea Pil-1 , Almacén de Materia Prima y Empaque , Condiciones y medio ambiente de trabajo en la Línea Pil-1 , Calibración y ajuste de equipos de medición en la Línea Pil-1.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiteco (2004). *AITECO. Tormenta de ideas*. [Documento en línea].
Disponible:<http://www.aiteco.com/tormenta-de-ideas/> [Consulta: Julio 2015].
- Asaka, T. 1988. Manual de Herramientas de la Calidad: El Enfoque Japonés. Tokio: Japonesse Standard Association.
- Besterfield, 1994. Control de la Calidad. 4^{ta} edición. Pretice Hall, Hispanoamericana, S.A. 507 p.
- Bravo, M. 2011. “Sistema de Planificación y Control de la Producción en la línea de Vulcanización en la Empresa Covencaucho Industrias S.A.” Universidad Yacambú. Cabudare.
- Machado, W. 2000. Planificación y análisis de experimentos de campo en grandes parcelas sin repetición. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 75 p.
- Carot, A. 1998. Control Estadístico de la Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 501 p.
- Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Google. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w1604s/w1604s04.htm>. [Consultado: 20 Mayo 2014].
- Evans, J. Lindsay, W. 2009. Administración y Control de la Calidad. 7^{ma} edición. México. CENGAGE Learning. 783 p.
- Feigenbaum, A. 1998. Control Total de la Calidad. 3^{ra} reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. 922 p.
- González, M. 1997. Metodología de la Investigación Social. Técnicas de Recolección de datos. Alicante. Aguaclara. España.
- Horacio, H. ; Paulo , P. 1995. Análisis de Fallas. Escuela de Ingeniería de U.F.M.G. Brasil.
- Juran, J. ; Gryna, F. 1993. Manual de Control de Calidad. Vol. 1. 4^{ta} edición. Editorial Mc Graw Hill. Madrid, España. 22: 72 p.

Frantzis, C. 2011. Efectos de la Concentración de Carboximetilcelulosa y Glucosa sobre la Viscosidad de un Jarabe Simple, utilizado en la Elaboración de un Polivitamínico para Pequeños animales. Tesis Especialización. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Gutiérrez, H. , De la Vara, R. 2012. Análisis y Diseño de Experimentos. 3 ed. Mc Graw Hill.México, D.F. 489 p.

Montgomery, D. 2010. Control Estadístico de La Calidad. 3 ed. LIMUSA WILEY. México. 821 p.

Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial IBEROAMÉRICA. D.F. México.589 p.

Olivieri, G. 2011. Control Estadístico del Proceso de Elaboración de Botellas PET NR para Bebidas Carbonatadas en una Empresa de Envases Plásticos. Tesis Especialización. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Pérez, D. 2012. Estandarización del Proceso Productivo en la empresa POLY PRINT DE VENEZUELA, C.A. Universidad Yacambú. Cabudare.

Pire y Reina. 2011. Mejoramiento del Proceso Cobrizado de Cilindros en una Fábrica de Empaques Flexibles a Través de la Aplicación de Control Estadístico. Tesis Especialización. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Pulgar, J. 2003. Evaluación del Proceso de Llenado de Cilindros de Acetileno en sus distintas capacidades, dentro de una Empresa Productora de Gases Industriales. Tesis Especialización. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

P. Verdoy, J. Mahiques, S. Pellicer, R. Prades. 2006. Manual de control estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones. Google. Disponible en: http://books.google.co.ve/books?id=kWGWTiZXLkUC&pg=PA213&dq=diagrama+de+flujo+control+de+calidad&hl=es419&sa=X&ei=_GisU6GJHdTKsQSx5ILQDQ&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=diagrama%20de%20flujo%20control%20de%20calidad&f=false. [Consultado: 26 Junio 2014].

R. Kenett, D. Steinberg. 2006. New Frontiers In the Design Of Experiments. QualityProgress.July.Volumen: 61-63.

Rivas, R. 2003. Mejoramiento de La Calidad del Queso Blanco Pasteurizado de una Planta Piloto de Productos Lácteos. Tesis Especialización. Maracay, Venezuela; Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

Royo, J. 1990. Manual de Tecnología del Caucho. C.N.I.C.

S. Da Silva, K. Rekab. 2003. Improve Molded Part Quality. Quality Progress.August.Volumen: 72-74.

SINAES, 2003.Manual para la Elaboración de Planes de Mantenimiento. 3^{ra} revisión. Costa Rica. 9 p.

Villar, B. 2005. Control Estadístico de Procesos. Fundación Confemetal. Madrid. España. 509 p.

ANEXOS

Anexo 1. Diseño en parcelas divididas para cuatro velocidades de grifo (parcela principal) y tres velocidades de banda (parcela secundaria) en cinco replicas (Bloques).

BLOQUE I				BLOQUE II				BLOQUE III				BLOQUE IV				BLOQUE V			
VG3	VG1	VG2	VG4	VG2	VG3	VG4	VG1	VG1	VG4	VG3	VG2	VG3	VG2	VG4	VG1	VG4	VG2	VG1	VG3
VB1	VB3	VB2	VB1	VB3	VB2	VB2	VB1	VB2	VB3	VB3	VB1	VB2	VB3	VB1	VB2	VB1	VB2	VB3	VB3
VB3	VB2	VB1	VB2	VB1	VB3	VB1	VB3	VB3	VB1	VB2	VB3	VB3	VB2	VB3	VB1	VB2	VB3	VB1	VB2
VB2	VB1	VB3	VB3	VB2	VB1	VB3	VB2	VB1	VB2	VB1	VB2	VB1	VB1	VB2	VB3	VB3	VB1	VB2	VB1

Anexo 2. Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAIE.

COMPONENTE: Proceso de llenado del Producto METOMIL en la línea de envasado PIL-1					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Alta variabilidad en el peso del producto METOMIL envasado	1. Inadecuada calibración para la velocidad de flujo en el grifo de la llenadora. 2. Inadecuada calibración para la velocidad de la banda transportadora	Adiestrar al personal involucrado de la línea en cuanto a la calibración específica, idónea, para ambos factores, en función de la orden de producción a ejecutar	Alta viabilidad de ejecución de la acción	Acción con gran factibilidad de logro	Vital importancia en la solución de la debilidad presentada
Maquinaria y equipos utilizados en la línea de envasado es obsoleto	Falta de financiamiento e interés por parte de la gerencia de planta.	Establecimiento de un plan de Inversiones a corto, mediano y largo plazo, que contemple la sustitución oportuna, programada de maquinaria y equipo	Mediana viabilidad de ejecución de la acción	Acción con poca factibilidad de logro	Mediana importancia en la solución de la debilidad presentada
Falta de Implementación de un plan eficiente de mantenimiento o preventivo	1. No se cuenta con recursos financieros para efectuar este mantenimiento. 2. Falta de seguimiento y control de los planes de mantenimiento programados.	1. Garantizar los recursos necesarios, presupuesto y plan de inversiones anuales. 2. Mayor interés en la supervisión del seguimiento y control a los planes de mantenimiento programado por parte de la gerencia	1. Mediana viabilidad de ejecución de la acción. 2. Mediana viabilidad de ejecución de la acción.	1. Acción con factibilidad de logro 2. Acción con factibilidad de logro.	1. Gran importancia en la solución de la debilidad presentada

Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAES (Continuación).

COMPONENTE: Métodos de Operación en la línea Pil-1					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Incumplimiento de procedimientos establecidos para control de procesos	1.Fallas en la supervisión. 2.Falta de compromiso y responsabilidad de los operadores. 3.Ausencia de correctivos disciplinarios	1.1 Rotación del personal que supervisa la línea. 1.2 Talleres motivacionales 2.Talleres motivacionales a los operadores 3. Aplicación de normativas de llamados de atención y amonestación.	1.1 Alta viabilidad de ejecución de la acción 1.2 Alta viabilidad de ejecución de la acción 2. Alta viabilidad de ejecución de la acción. 3. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1.1 Acción Con gran factibilidad de logro. 1.2 Acción Con gran factibilidad de logro 2. Acción Con gran factibilidad de logro 3. Acción con poca factibilidad de logro	1.1 Muy Importante 1.2. Muy Importante. 2. Muy Importante. 3. De vital Importancia
Incumplimiento de las normas de higiene y seguridad Industrial	1 Falta de compromiso y responsabilidad de los operadores. 2. Ausencia de correctivos disciplinarios.	1.Talleres motivacionales a los operadores 2.Aplicación de normativas de llamados de atención y amonestación.	1. Alta viabilidad de ejecución de la acción. 2. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1. Acción con gran factibilidad de logro 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. Muy Importante. 2. De vital Importancia

Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAES (Continuación).

COMPONENTE: Desempeño laboral para actividades de producción en la Línea Pil-1					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Escaso conocimiento de las actividades propias de producción en la línea	Falta de adiestramiento adecuado	Talleres y jornadas de adiestramiento en las diferentes actividades propias de producción en la línea.	Alta viabilidad de ejecución de la acción.	Acción con gran factibilidad de logro.	De vital importancia
Solapamiento de funciones y roles por partes de los operadores de línea.	.Fallas en la supervisión	1. Rotación del personal que supervisa la línea 2. Aplicación de medidas disciplinarias	1. Alta viabilidad de ejecución de la acción. 2. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1. Acción con gran factibilidad de logro. 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. Muy importante 2. De vital importancia

Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAES (Continuación).

COMPONENTE: Almacén de Materia Prima y Empaque					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Recurrentes fallas en el suministro adecuado y oportuno de materiales y empaques	1. Fallas en la programación y gestión de pedidos MP y empaque. 2. Falta de una planificación estratégica de requerimiento de materiales e insumos	1. Programar la gestión de pedidos de MP y empaques, conjuntamente con el departamento de producción y el laboratorio de control de calidad. 2. Hacer la planificación maestra de requerimientos para satisfacer el plan de producción respectivo	1. Mediana viabilidad de ejecución de la acción. 2. Mediana viabilidad de ejecución de la acción.	1. Acción con poca factibilidad de logro. 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. De vital importancia. 2. De Vital importancia
Gran cantidad de material de desecho sin disposición final	Fallas en la programación y gestión de disposición final de desechos.	Seguimiento y control efectivo de la programación respectiva a la disposición final de desechos.	Mediana viabilidad de ejecución de la acción.	Acción con poca factibilidad de logro	Muy importante

Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAES (Continuación).

COMPONENTE: Condiciones y medio ambiente de trabajo en la Línea Pil-1					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Deficiencias en la iluminación	1.Luminarias dañadas 2. Falta de recursos financieros	1.Reposicion de luminarias 2. Garantizar los recursos necesarios en el presupuesto y plan de inversiones de la empresa	1. Poca viabilidad de ejecución de la acción 2. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1.Acción con poca factibilidad de logro 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. Muy importante. 2. Muy importante.
Sistema de extracción de vapores y gases obsoleto y deficiente	1. Equipos sobrepasaron su tiempo de vida útil. 2. Equipo adolece de mantenimiento preventivo	1. Instalación de un nuevo sistema de extracción de gases y vapores. 2.Garantizar la ejecución rutinaria de mantenimiento preventivo	1. Poca viabilidad de ejecución de la acción 2. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1.Acción con poca factibilidad de logro 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. De vital importancia 2. Muy importante
Ausencia de sistema de ventilación forzada	Falta de recursos financieros	Garantizar recursos financieros en el presupuesto y plan de Inversiones de la empresa.	Poca viabilidad de ejecución de la acción	Acción con poca factibilidad de logro	Muy importante

Formatos de aplicación para la primera etapa de Metodología SINAES (Continuación).

COMPONENTE: Calibración y ajuste de equipos de medición en la Línea Pil-1					
Debilidad	Razones que Provocan la Situación	Posibles acciones	Valoración de la viabilidad de cada acción	Selección de las acciones factibles de lograr	Importancia de cada acción para superar la debilidad
Equipos de medición sin calibración y ajuste correspondiente.	1. Falta de recursos financieros. 2. Muy pocas empresas en el país dedicadas a la calibración y certificación de equipos de medición en el país.	1. Garantizar los recursos correspondientes en el presupuesto y plan de Inversiones anuales de la empresa. 2. Establecimiento de acuerdos institucionales de cooperación con SENCAMER.	1. Alta viabilidad de ejecución de la acción. 2. Poca viabilidad de ejecución de la acción	1. Acción con factibilidad de logro. 2. Acción con poca factibilidad de logro	1. Muy importante. 2. Muy importante.

Anexo 3. Ponderación de la Técnica de Grupo Nominal (TGN)

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN (Ptos.)
Muy importante	50
Importante	35
Medianamente importante	25
Poco importante	5
Sin importancia	2

Anexo 4. Datos recolectados en la corrida inicial del experimento comparativo

DÍAS	VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA	VELOCIDAD DEL GRIFO			
		1	2	3	4
1	6	830	850	988	870
	7	879	879	993	920
	8	892	915	978	955
2	6	874	850	985	915
	7	938	968	990	895
	8	900	920	975	950
3	6	893	910	982	912
	7	925	930	992	938
	8	920	932	980	950
4	6	887	915	980	902
	7	927	918	995	950
	8	905	914	982	948
5	6	895	894	950	897
	7	901	898	992	902
	8	903	903	980	957

Anexo 5.Observaciones tomadas de la corrida confirmatoria, considerando los parámetros de operación determinados por el estudio realizado.

Observaciones	Peso (grs.)
1	977
2	982
3	979
4	984
5	984
6	979
7	978
8	979
9	982
10	982
11	977
12	975
13	978
14	975
15	980
16	973
17	970
18	980
19	978
20	986