



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE  
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S. A.**

**Menphis Sofonías Reyes Mazariegos**

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León de León

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE  
ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MENPHIS SOFONÍAS REYES MAZARIEGOS**  
ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO**

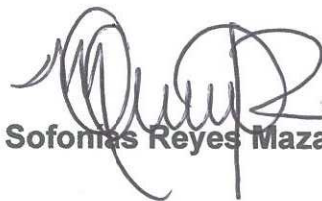
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha marzo de 2012.



**Memphis Sofomas Reyes Mazariegos**



Guatemala, 20 de agosto de 2013.  
REF.EPS.DOC.910.08.2013.

Ingeniero  
Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Merck Cos.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Menphis Sofonias Reyes Mazariegos**, Carné No. **200312547** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S.A.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Sigrid Auitza Calderón de León  
**Asesora-Supervisora de EPS**  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



REF.REV.EMI.147.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Menphis Sofonias Reyes Mazariegos**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. María Martha Wolford de Hernández,  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2013.

/mgp



Guatemala, 20 de agosto de 2013.  
REF.EPS.D.573.08.2013

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Menphis Sofonias Reyes Mazariegos** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“Id y Enseñad a Todos”

  
Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS



JMC/ra



REF.DIR.EMI.272.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Menphis Sofonías Reyes Mazariegos**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2013.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Menphis Sofonías Reyes Mazariegos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, octubre de 2013

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la fuerza para alcanzar una nueva meta en mi vida.
<b>Mis padres</b>	Cornelio Reyes y Aurora Mazariegos, por ser la fuerza que me inspira a seguir adelante.
<b>Mis hermanos</b>	Por ser parte importante en mi vida ya que sin su apoyo y ejemplo no estaría aquí.
<b>Mis amigos</b>	Por darme ánimo a emprender nuevas metas y superarme a mí mismo.
<b>A usted</b>	Por su amable presencia.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi academia y madre del conocimiento.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser la facultad que me brindó el espacio y los medios para poder perfeccionar mi entendimiento.
<b>Inga. Sigrid Calderón</b>	Por su tiempo y dedicación al asesorarme y guiarme para la culminación de esta investigación.
<b>Foragro S. A.</b>	Por darme la oportunidad de realizar esta investigación y permitirme desarrollarme como profesional.
<b>Todos mis catedráticos y docentes</b>	Por poner en mi la semilla del conocimiento.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Actividad comercial.....	2
1.1.3. Ubicación .....	3
1.2. Misión .....	3
1.3. Visión.....	3
1.4. Estructura organizacional .....	4
1.4.1. Estructura general .....	4
1.4.2. Planta de producción .....	5
1.4.2.1. Gerencia de Planta.....	6
1.4.2.2. Mantenimiento .....	6
1.4.2.3. Control de calidad.....	6
1.4.2.4. Recursos humanos.....	7
1.4.2.5. Producción.....	7
1.4.2.6. Auditoría Interna .....	8
1.4.2.7. Bodegas .....	8
1.5. Distribución de la producción.....	8

1.5.1.	Área de reenvases y reempaques.....	8
1.5.1.1.	Líquidos.....	9
1.5.1.2.	Polvos.....	9
1.5.1.3.	Herbicidas .....	9
1.5.2.	Área de formulaciones líquidas .....	10
1.5.2.1.	Líquidos no herbicidas .....	10
1.5.2.2.	Herbicidas .....	10
1.5.3.	Área de granulados .....	10
1.6.	Productos.....	11
1.6.1.	Líquidos emulsificables .....	11
1.6.2.	Líquidos solubles.....	11
1.6.3.	Suspensiones concentradas .....	12
1.6.4.	Granulados.....	12
1.6.5.	Polvos solubles .....	12
1.6.6.	Polvos mojables .....	12
1.6.7.	Gránulos solubles.....	13
1.6.8.	Gránulos mojables .....	13
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S. A....	15
2.1.	Diagnóstico de la situación actual .....	15
2.1.1.	Análisis FODA .....	15
2.1.2.	Definición de problema.....	17
2.1.3.	Diagrama causa efecto .....	18
2.2.	Determinación de puntos críticos de control del proceso.....	20
2.2.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	21
2.2.1.1.	Reempaque de polvos .....	21
2.2.1.2.	Reenvase de líquidos.....	25

2.2.1.3.	Formulaciones líquidas.....	29
2.2.1.4.	Formulación y reenvase de productos granulados.....	32
2.2.2.	Diagrama Pareto de problemas de calidad en las líneas.....	36
2.2.2.1.	Diagrama Pareto para reenvases y reempaques.....	36
2.2.2.2.	Diagrama Pareto para formulaciones ..	38
2.3.	Implementación de gráficos de control por proceso .....	43
2.3.1.	Gráfico de control del proceso de reempaque de polvos y líquidos.....	44
2.3.1.1.	Gráficos de control por variables .....	44
2.3.1.1.1.	Gráficos de control tipo X .....	44
2.3.1.1.2.	Gráficos de control tipo R .....	51
2.3.1.2.	Gráficos de control por atributos.....	55
2.3.1.2.1.	Gráficos de control tipo p.....	55
2.3.1.2.2.	Gráficos de control tipo c.....	60
2.3.2.	Gráfico de control del proceso de formulaciones líquidas .....	64
2.3.2.1.	Gráfico de control por variables .....	64
2.3.2.2.	Gráfico de control por atributos.....	65
2.3.2.2.1.	Gráficos de control tipo P .....	65
2.3.3.	Gráfico de control del proceso de formulación de granulados.....	70

2.3.3.1.	Gráfico de control por variables.....	71
2.3.3.1.1.	Gráficos de control tipo X.....	72
2.3.3.1.2.	Gráficos de control tipo R.....	77
2.3.3.2.	Gráficos de control por atributos .....	80
2.3.3.2.1.	Gráficos de control tipo P .....	80
2.4.	Establecimiento de las especificaciones de calidad.....	85
2.4.1.	Especificaciones de calidad del proceso.....	85
2.4.1.1.	Especificaciones en reempaque de polvos y líquidos.....	85
2.4.1.2.	Especificaciones en formulaciones líquidas y granuladas .....	88
2.4.2.	Especificaciones de calidad de materias primas y materiales.....	89
2.5.	Generación de sistemas de registro y colección de datos .....	89
2.5.1.	Registros de procesos.....	89
2.5.1.1.	Formulaciones líquidas.....	90
2.5.1.2.	Formulaciones granuladas .....	90
2.5.1.3.	Reenvases de líquidos y polvos .....	90
2.5.2.	Registros de control de procesos .....	91
2.5.2.1.	Formulaciones líquidas.....	91
2.5.2.2.	Formulaciones granuladas .....	92
2.5.2.3.	Reenvases de líquidos y polvos .....	94
2.5.3.	Registros de resultados de los procesos.....	95
2.6.	Implementación de muestreos de aceptación o rechazo .....	95
2.6.1.	Muestreo por variables .....	96
2.6.2.	Muestreo por atributos simple .....	100

2.6.3.	Muestreo por atributos doble .....	104
2.6.4.	Normas de aceptación y rechazo propuestas.....	109
2.7.	Propuesta de la utilización de indicadores de calidad .....	112
2.7.1.	Propuesta de indicadores de la calidad .....	112
2.7.1.1.	Indicador de la calidad del día en reenvases .....	112
2.7.1.2.	Indicador de la calidad del día en formulación .....	113
2.7.1.3.	Indicador de mal sellado.....	113
2.7.1.4.	Indicador de mal peso .....	114
2.7.1.5.	Indicador de mala apariencia.....	115
2.7.1.6.	Coefficiente de variación de pesos .....	115
2.7.1.7.	Porcentaje de calidad de planta.....	116
2.7.2.	Propuesta del manejo de los indicadores de la calidad.....	117
2.8.	Reducción de rechazos de producción por incumplimiento de especificaciones de calidad .....	117
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. REDUCCIÓN DEL NIVEL DE CONSUMO DE AGUA EN LAS ÁREAS DE FORMULACIÓN DE LÍQUIDOS Y GRANULADOS.....	131
3.1.	Diagnóstico situación actual .....	131
3.1.1.	Consumo de agua por áreas .....	131
3.1.2.	Proyección de consumo de agua.....	133
3.2.	Propuesta de reducción de consumo de agua .....	134
3.2.1.	Procedimiento para el lavado de equipos.....	134
3.2.1.1.	Área de formulaciones líquidas.....	134
3.2.1.2.	Área de granulados .....	136



3.2.2.	Plan de acción para uso eficiente de agua en sistema de distribución .....	137
3.2.3.	Plan de acción para uso eficiente de agua.....	138
3.2.4.	Resultados proyectados del plan de acción .....	139
3.2.5.	Costos de inversión para el proyecto .....	139
4.	FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIONES .....	141
4.1.	Diagnóstico situación actual .....	141
4.1.1.	Metodología del diagnóstico.....	141
4.1.2.	Resultados encuesta sobre calidad y Producción más Limpia .....	143
4.2.	Programa de capacitaciones.....	149
4.2.1.	Capacitaciones llevadas a cabo .....	151
4.2.1.1.	Capacitación de la calidad.....	151
4.2.1.2.	Capacitación de la metodología propuesta sistema estadístico de la calidad.....	153
4.2.1.3.	Capacitación de P+L .....	154
4.2.1.4.	Capacitación de uso eficiente del agua ...	156
4.2.1.5.	Capacitación de metodología propuesta para reducir el consumo de agua .....	157
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES .....	161
	BIBLIOGRAFÍA.....	163

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	4
2.	Organigrama de la planta de producción .....	5
3.	Diagrama causa efecto de la calidad en la empresa.....	19
4.	Diagrama de flujo del proceso de reenvase de polvos.....	21
5.	Diagrama de flujo del proceso de reenvase de líquidos.....	25
6.	Diagrama de flujo del proceso de formulación de líquidos.....	29
7.	Diagrama de flujo del proceso de formulación de granulados.....	33
8.	Diagrama Pareto de reenvase de polvos y líquidos .....	37
9.	Diagrama Pareto de las formulaciones líquidas .....	39
10.	Diagrama Pareto de las formulaciones granuladas.....	41
11.	Tabla I para el establecimiento del tamaño de muestra .....	46
12.	Tabla II para el establecimiento del tamaño de muestra .....	47
13.	Gráfico de control tipo X. Reempaque de 908 gramos.....	50
14.	Gráfico de control tipo R. Reempaque de 908 gramos. ....	54
15.	Gráfico de control tipo P en reenvase de líquidos.....	59
16.	Gráfico de control tipo c en reenvase de líquidos .....	63
17.	Gráfico de control tipo P en formulaciones líquidas .....	69
18.	Gráfico de control tipo X de formulaciones granuladas.....	76
19.	Gráfico de control tipo R. Resultados de formulaciones.....	79
20.	Gráfico de control tipo P en formulación de granulados.....	84
21.	Hoja del proceso de formulaciones líquidas propuesta .....	91
22.	Hoja del proceso de formulaciones granulados propuesta.....	92
23.	Hoja del proceso de reenvases propuesta.....	94

24.	Criterios de aceptación o rechazo de acuerdo a tabla militar .....	99
25.	Tabla de inspección normal para muestreos simples .....	102
26.	Tabla de inspección normal para muestreos dobles.....	107
27.	Esquema del sistema de calidad desarrollado.....	120
28.	Indicadores propuestos para áreas de polvos .....	121
29.	Comportamiento de la calidad en la línea de polvos.....	122
30.	Indicadores propuestos para las reenvase de líquidos .....	123
31.	Comportamiento de la calidad en la línea de líquidos.....	125
32.	Calidad en la línea de formulaciones líquidas.....	126
33.	Calidad en formulaciones granuladas.....	127
34.	Comportamiento de la calidad global de planta .....	128
35.	Procedimiento de lavado en formulación de líquidos.....	135
36.	Procedimiento de lavado en formulación de granulados .....	136
37.	Formato de la encuesta realizada.....	142
38.	Evaluación del conocimiento actual del trabajo con calidad .....	144
39.	Evaluación del conocimiento de los beneficios de CC.....	145
40.	Evaluación del conocimiento de cómo llevar el CC .....	145
41.	Evaluación del conocimiento de especificaciones mínimas.....	146
42.	Evaluación del seguimiento de rechazos.....	146
43.	Evaluación del conocimiento de P+L.....	147
44.	Conoce usted qué beneficios conlleva trabajar con P+L .....	147
45.	Evaluación de la importancia del uso eficiente del agua.....	148
46.	Evaluación de la posibilidad de reducir el consumo de agua.....	148
47.	Capturas del video documental presentado.....	152
48.	Inspección guiada de un proceso productivo.....	154
49.	Fotografías de la capacitación de P+L llevada a cabo.....	155
50.	Capacitación llevada a cabo del uso eficiente del agua.....	157
51.	Capacitación realizada de la metodología propuesta .....	158

## TABLAS

I.	Análisis FODA situación actual de la calidad en la empresa .....	16
II.	Evaluación de productos en las líneas de reenvase .....	37
III.	Evaluación de productos de formulaciones líquidas .....	39
IV.	Evaluación de la línea de formulaciones granuladas .....	41
V.	Resumen de los puntos críticos de control de los procesos .....	43
VI.	Requerimientos de producción por día .....	45
VII.	Inspección de pesos en un reempaque de 908 gramos .....	48
VIII.	Cálculo de promedio de la tabla VII .....	49
IX.	Cálculo de la desviación estándar tabla VIII .....	49
X.	Cálculo de rangos de la tabla VII .....	53
XI.	Cálculo de la desviación estándar tabla X .....	53
XII.	Resultados de la inspección del sello en área de líquidos .....	57
XIII.	Cálculo del valor de P de la tabla XII .....	57
XIV.	Cálculo de los límites de control de la tabla XIII .....	58
XV.	Resultados de la inspección en área de líquidos .....	61
XVI.	Total de no conformidades en área de líquidos .....	62
XVII.	Cálculo de límites de control de la tabla XVI .....	62
XVIII.	Resultados de calidad en formulaciones líquidas .....	66
XIX.	Cálculo de P de la tabla XVIII .....	67
XX.	Cálculo de los límites de control de la tabla XIX .....	68
XXI.	Niveles de producción por día en área de granulados .....	72
XXII.	Resultados de calidad en formulaciones de granulados .....	73
XXIII.	Cálculo del promedio de la tabla XXII .....	74
XXIV.	Cálculo de la desviación estándar tabla XXIII .....	75
XXV.	Cálculo de rangos de la tabla XXII .....	78
XXVI.	Resultados de calidad en formulaciones de granulados .....	82
XXVII.	Cálculo del valor de la proporción P de la tabla XXVI .....	82

XXVIII.	Cálculo de los límites de control de la tabla XIII.....	83
XXIX.	Especificaciones de calidad en pesado de líquidos .....	86
XXX.	Especificaciones de calidad en pesado de polvos .....	86
XXXI.	Especificaciones de calidad para formulaciones.....	88
XXXII.	Selección de la metodología de muestreo de aceptación .....	96
XXXIII.	Evaluación del peso de los envases del lote en cuestión .....	98
XXXIV.	Evaluación de un producto terminado.....	103
XXXV.	Tabla maestra para planes de muestreo simple .....	104
XXXVI.	Evaluación de un producto terminado.....	106
XXXVII.	Tabla maestra para planes de muestreo doble .....	108
XXXVIII.	Evaluación de un muestreo de aceptación doble.....	109
XXXIX.	Niveles de consumo de agua para abril de 2012 .....	132
XL.	Establecimiento de niveles de consumo de agua en planta.....	133
XLI.	Plan propuesto para la reducción del consumo de agua .....	138
XLII.	Comparativo del consumo de agua actual y propuesto .....	139
XLIII.	Presupuesto para la ejecución del proyecto .....	140
XLIV.	Capacitaciones programadas para personal de planta.....	150

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cc</b>	Centímetros cúbicos
<b>g</b>	Gramos
<b>HDPE</b>	Polietileno de alta densidad
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>L</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>min</b>	Minutos
<b>NQA</b>	Nivel de calidad aceptable
<b>PB</b>	Peso bruto
<b>PN</b>	Peso neto
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PET</b>	Polietilentereftalato
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P+L</b>	Producción más limpia
<b>° C</b>	Temperatura en grados celsius



## GLOSARIO

<b>Acaricida</b>	Plaguicida que se utiliza para eliminar, controlar o prevenir la presencia o acción de los ácaros mediante una acción química.
<b>Coadyuvante</b>	Los coadyuvantes son materiales o sustancias químicas que se agregan a las mezclas de aspersión de plaguicidas con los propósitos de mejorar la actividad o desempeño del plaguicida y minimizar o eliminar los problemas de aplicación, modificando las características físicas de la mezcla de aspersión.
<b>Fungicida</b>	Sustancias tóxicas que se emplean para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, los animales o el hombre.
<b>Herbicidas</b>	Producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas. Algunos actúan interfiriendo con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas.



<b>Insecticida</b>	Compuesto químico o mezcla de componentes químicos, que por su naturaleza tóxica y propiedades de reacción es utilizado para matar insectos.
<b>Nematicida</b>	Un nematicida es un tipo de pesticida químico para eliminar el parásito nemátodo.
<b>Nivel de calidad aceptable (NQA)</b>	Valor nominal, expresado en porcentaje de elementos defectuosos especificado para determinado grupo.
<b>Nivel de inspección</b>	Característica de un plan de muestreo, elegida a priori, que relaciona el tamaño de la muestra con el tamaño del lote. Los niveles de inspección reflejados en la mayoría de los planes de muestreo son: riguroso, normal y reducido.
<b>No conformidad</b>	Cualquier atributo de la muestra evaluada que no cumple con las especificaciones de calidad establecidas.
<b>Opalescente</b>	Es un tipo de dicróismo que aparece en sistemas muy dispersados, con poca opacidad. Estos materiales adquieren un aspecto lechoso, con irisaciones.

## RESUMEN

La industria de agroquímicos, ha cobrado un papel muy importante en la economía de Guatemala, incrementado su participación en el mercado global y volviendo a la calidad de los productos un factor de importancia para el mantenimiento en el mercado por la dura competencia. 4-Agro, S. A., busca ser una industria capaz de otorgar productos de calidad, es por ello que surge la necesidad de mejorar los niveles de la calidad de lo producido garantizando verdaderamente la satisfacción de las necesidades de sus clientes.

Para lograr el objetivo fundamental del proyecto, se realizó una evaluación de la situación actual de la calidad con el objeto de mejorar la misma y garantizar la calidad en los procesos, logrando así la obtención de procesos bajo control; para ello se planteó una propuesta de los medios y herramientas estadísticas aplicables al proceso que permitieron detectar los problemas de incumplimiento de especificaciones de calidad a lo largo de la producción para poder corregirlos en el momento y garantizar un producto con calidad.

Con esto se redujeron los niveles de rechazo de producción mediante el control de la calidad ponderada, en donde se ve reflejado que la producción global pasó de un 90 por ciento aceptable a un 99 por ciento, validando así el sistema de control de calidad propuesto.

La propuesta fue destinada a las cinco líneas de producción de la planta, en sus diferentes procesos tanto de formulación como reenvase. Adicional a esto se realizó una evaluación y propuesta del uso eficiente del agua donde se pretende reducir los niveles de consumo en un 98 por ciento.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Reducir los rechazos de producción por incumplimiento de especificaciones de calidad y reducir el nivel de consumo de agua en las áreas de formulación, granulados y polvos.

### **Específicos**

1. Establecer las directrices que permitan la delimitación de un programa de control de calidad dentro de las diferentes líneas de producción.
2. Establecer las principales especificaciones de calidad dentro de los procesos productivos para garantizar que las unidades producidas se encuentren dentro de los límites de aprobación.
3. Monitorear el cumplimiento de especificaciones de calidad a lo largo del proceso productivo.
4. Establecer los puntos de control en las diferentes líneas del proceso para garantizar la calidad de los productos terminados.
5. Realizar formatos de colecta y análisis de información que puedan ser evaluados de forma estadística para la toma de decisiones, estimación de tendencias y control de calidad de los procesos.

6. Realizar una propuesta de un sistema de ahorro del agua dentro de las líneas de producción de formulación, granulados y polvos en la planta de producción.
7. Llevar a cabo un programa de capacitaciones que permita dar continuidad al programa propuesto.

## INTRODUCCIÓN

Formuladora de agroquímicos sociedad anónima, es una empresa comprometida con la generación de productos que satisfagan verdaderamente las necesidades de sus clientes, es por ello que resulta primordial para esta empresa la producción de productos que cumplan con especificaciones de calidad establecidas, sin embargo los procesos de control de especificaciones de calidad generan una serie de datos que si bien son una información valiosa para la toma de decisiones de mejora, sin su tratamiento y análisis resulta imposible predecir comportamientos, tendencias y toma de decisiones.

Como consecuencia a esto, surge la necesidad de evaluar un sistema de control estadístico de la calidad que permita la manipulación de datos de especificaciones del producto de modo de asegurar la calidad de las unidades producidas.

Sabiendo que la mala calidad es un problema de alta influencia dentro de la organización al tener consecuencias severas dentro de la misma, conviene la realización de un proyecto que minimice los efectos negativos, de modo de obtener una planta de producción que cumpla con los más altos estándares de calidad de la industria guatemalteca, que sea capaz de optimizar los recursos disponibles que permitan una producción más eficiente y limpia. La empresa, es afectada constantemente por estos costos por mala calidad, por lo que es de suma urgencia la erradicación de este problema.

Siendo una de las funciones primordiales de los ingenieros industriales la maximización de las utilidades y la minimización de los costos, se pretende minimizar las pérdidas de materias primas y empaques por productos mal formulados que no cumplan con la calidad esperada, mediante el análisis estadístico de especificaciones de calidad que genere información para la corrección inmediata de las unidades defectuosas y para la erradicación de actividades que no contribuyan a la calidad.

Como futuros profesionales comprometidos con la sociedad guatemalteca a la generación de actividades productivas que no conlleven un deterioro medioambiental, tratando de minimizar la utilización de los recursos naturales y aprovechar correctamente las materias primas para evitar la generación de residuos no útiles, se presenta una propuesta viable para que la empresa, obtenga procesos productivos eficientes que generen productos terminados de alta calidad y que a su vez no generen un efecto secundario contra el medio ambiente.

Con la implementación del sistema propuesto se pretende garantizar el cumplimiento de los factores ya descritos, así como la realización de las propuestas pertinentes que garanticen un mejor aprovechamiento del recurso agua, generando la menor cantidad de residuos de descarga al medio ambiente.

## **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

A continuación se presenta una breve descripción de las generalidades de la empresa donde se llevó a cabo el proyecto de EPS, con la finalidad de entender las situaciones externas que ayudaron a comprender la situación actual de la empresa.

### **1.1. Descripción de la empresa**

Con el fin de describir el modo de funcionamiento y estructura organizativa de la empresa, se enlistan los siguientes aspectos que permiten comprender el modo de funcionamiento actual de la empresa bajo estudio.

#### **1.1.1. Antecedentes**

Formuladora de Agroquímicos S. A., es una empresa nacional que nace como una empresa de agroservicios en 1988, llevando a cabo actividades de importación y distribución de productos agroquímicos para el mercado local, atendiendo las necesidades de protección y saneamiento de cultivos en los que destacan la caña, melón, palma, banano y hortalizas.

Con el paso de los años la empresa logra establecer sus propias marcas y surge la necesidad de arrancar una planta de producción que permita la formulación de sus propios productos, por lo cual monta cuatro líneas de producción.



Las líneas de producción se clasifican en una línea destinada a la producción de productos líquidos insecticidas, fungicidas y coadyuvantes; una línea de producción de reenvases de productos líquidos en varias presentaciones, una líneas de producción de reempaques de polvos fungicidas, insecticidas y herbicidas en varias presentaciones; una línea de producción de productos granulados insecticidas y una línea de producción de productos líquidos herbicidas.

La empresa se ha logrado posicionar como una empresa sólida capaz de satisfacer los requerimientos de clientes locales de todas las regiones agrícolas de Guatemala, y ha logrado comercializar productos propios y distribuir productos importados de alta calidad a mercados internacionales de países como Ecuador, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador y República Dominicana.

Actualmente la planta de producción, cumple las expectativas de sus clientes, y busca posicionarse como una empresa líder en su ramo y competir con las empresas multinacionales más importantes del país.

### **1.1.2. Actividad comercial**

La actividad comercial de la planta formuladora de agroquímicos, se centra en la formulación, reenvase y distribución de productos agroquímicos destinados a contrarrestar efectos negativos de agentes externos hacia cultivos y hortalizas, de modo de garantizar el ciclo de vida de las vegetaciones y el mejor aprovechamiento de los mismos. Para ello la planta formuladora comercializa con productos tales como insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, coadyuvantes y demás aditivos.

### **1.1.3. Ubicación**

La planta formuladora de agroquímicos, se encuentra sobre la carretera que conduce al semillero, aldea del municipio de Pueblo Nuevo Tiquisate, departamento de Escuintla, a 156 kilómetros de la ciudad capital. Las coordenadas geográficas son 14° 13´ 7,17 norte y 91° 24´ 24,45 oeste. Sus colindancias son la finca Santa Rosa al norte y este, la finca Esquipulas al sur y oeste<sup>1</sup>.

### **1.2. Misión**

"Ser una alternativa confiable para la protección y saneamiento de los cultivos de nuestros clientes con el propósito de mejorar su productividad y rentabilidad, mediante el uso racional y eficaz de nuestros productos en línea con el medio ambiente<sup>2</sup>".

### **1.3. Visión**

"Posicionar a Foragro y sus colaboradores en la mente de nuestros clientes, como una empresa comprometida con el desarrollo agrícola en todos los países donde opera, ofreciendo productos de calidad a precios competitivos y con un servicio óptimo, logrando así que seamos percibidos como sus aliados en la solución de problemas presentes y futuros, jugando un rol protagónico enfocados en cultivos donde existen pocas opciones disponibles para nuestros clientes<sup>3</sup>".

---

<sup>1</sup> Determinación de coordenadas in situ con dispositivo GPS.

<sup>2</sup> [www.foragro.com/quienessomos/misionyvision](http://www.foragro.com/quienessomos/misionyvision). Consulta: 10 de abril de 2012.

<sup>3</sup> Ibid.

## 1.4. Estructura organizacional

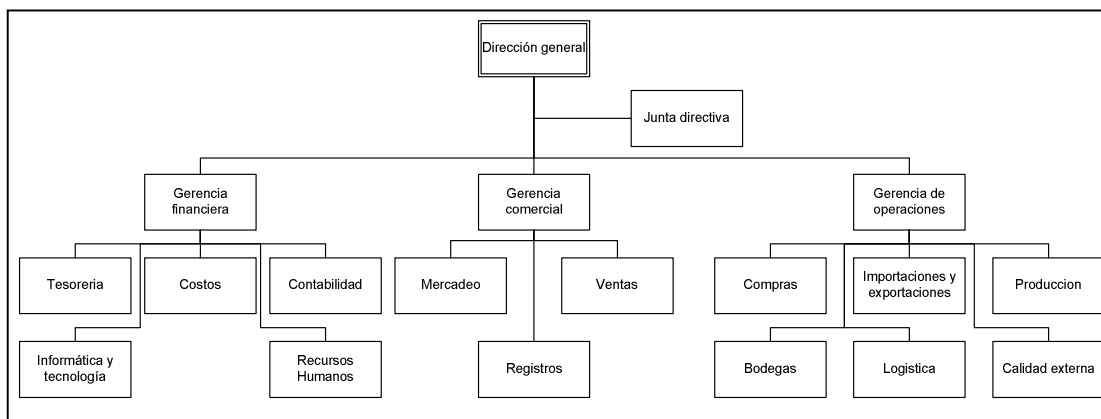
A continuación se describe como se encuentra estructurada la organización en sus diferentes jerarquías, niveles de mando, departamentos y subdivisiones.

### 1.4.1. Estructura general

La empresa presenta una estructura organizacional funcional con líneas de autoridad claramente definidas y centralizadas, a partir de donde se delega la autoridad de los mandos superiores, posteriormente a los mandos medios, y operadores sin perder la comunicación entre niveles jerárquicos.

La estructura organizacional de la empresa trata de asignar a la persona más idónea para la realización de las tareas teniendo un involucramiento directo de los mandos medios y superiores, sin embargo continúa focalizando las autoridades supremas en un grupo pequeño de líneas de autoridad.

Figura 1. Organigrama de la empresa



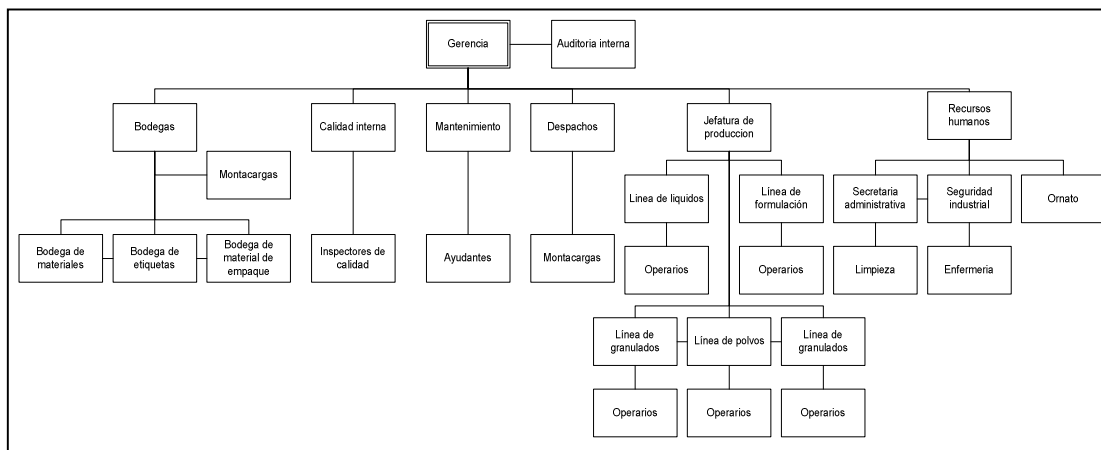
Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se puede ver claramente como las líneas de autoridad están claramente definidas, teniendo comunicación directa con cada uno de los departamentos no importando el nivel jerárquico que tengan.

### 1.4.2. Planta de producción

Siendo la planta de producción el departamento de interés, ya que fue el área donde se llevó a cabo el proyecto de EPS, se presenta la estructura y organización de este departamento. La misma cumple con los principios de una estructura funcional de forma vertical con una organización centralizada en niveles jerárquicos y mandos.

Figura 2. Organigrama de la planta de producción



Fuente: elaboración propia.

Dentro de la planta de producción se puede ver la comunicación entre las líneas jerárquicas superiores y las inferiores, por lo cual se puede decir que la estructura de la planta es una estructura vertical con una organización funcional descentralizada.

Para comprender las líneas de responsabilidad de la planta se procede a describir a cada una de ellas con sus funciones más características.

#### **1.4.2.1. Gerencia de Planta**

La Gerencia de Planta busca mantener el funcionamiento del área productiva de la empresa cumpliendo con objetivos y políticas establecidas por el gerente general y la Junta Directiva. De modo de optimizar y planificar los recursos productivos de la empresa para obtener un crecimiento progresivo de la productividad a la vez que se respetan los condicionantes y especificaciones de calidad.

#### **1.4.2.2. Mantenimiento**

El Departamento de Mantenimiento se encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera la planta en materia de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, así como la contratación de la obra civil necesaria para el fortalecimiento y desarrollo de las instalaciones físicas de los inmuebles.

#### **1.4.2.3. Control de calidad**

Tiene a su cargo aplicar los mecanismos, acciones y herramientas para detectar la presencia de errores. La función del control de calidad existe primordialmente como una organización de servicio.

Este departamento pone atención en conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción las cumpla.

Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.

#### **1.4.2.4. Recursos humanos**

La administración de recursos humanos consiste en la planeación, organización, desarrollo y coordinación, así como también control de técnicas, capaces de promover el desempeño eficiente del personal, a la vez que la organización representa el medio que permite a las personas que colaboran en ella alcanzar los objetivos individuales relacionados directa o indirectamente con el trabajo.

Tiene la función de conquistar y mantener a las personas en la organización, trabajando y dando el máximo de sí, con una actitud positiva y favorable. Representa todas aquellas cosas que hacen que el personal permanezca en la organización.

#### **1.4.2.5. Producción**

Es el encargado de supervisar, controlar, dirigir la actividad productiva dentro de la planta con el objeto de cumplir con los planes de producción que se le sean asignados, logrando cumplir estos con un aprovechamiento óptimo de los recursos humanos y materiales. Su objetivo es volver más eficientes las líneas de producción garantizando una producción libre de errores.

#### **1.4.2.6. Auditoría Interna**

Tiene a su cargo el control y la supervisión del cumplimiento de las expectativas de gerencia financiera, logrando el cumplimiento de los costos preestablecidos para la producción, el uso correcto de los recursos asignados y el movimiento de los inventarios dentro de la planta, garantizando el cumplimiento de los mismos.

#### **1.4.2.7. Bodegas**

Tiene a su cargo la administración, resguardo y movimiento de los inventarios de materiales, materia primas y demás insumos dentro de la planta, así como la gestión de los despachos de productos terminados, mediante la garantía de una entrega en tiempo para volver más eficiente la producción, entregas a los clientes y abastecimiento de bodegas externas.

### **1.5. Distribución de la producción**

A continuación se detalla cómo se encuentra distribuida la producción dentro de la planta, en sus diferentes líneas y áreas, para comprender el proceso actual y el modo de funcionamiento.

#### **1.5.1. Área de reenvases y reempaques**

En estas áreas se lleva a cabo la repartición de los productos formulados o distribuidos en presentaciones más pequeñas tanto para productos líquidos como para polvos de cualquier naturaleza, siendo la clasificación la siguiente.

#### **1.5.1.1. Líquidos**

Dentro de los productos líquidos que se reenvasan se encuentran tanto los líquidos insecticidas, nematocidas, fungicidas, acaricidas, coadyuvantes y aditivos para la aplicación de otros productos agroquímicos. Siendo las presentaciones de reenvase 100 mililitros, 125 mililitros, 250 mililitros, 500 mililitros, 750 mililitros, 1 litros, 3 785 litros, 5 litros, 10 litros, 20 litros, 200 litros. Los llenados son mediante llenados másicos basados en la densidad que reportan cada uno de los productos a reenvasar. Cada presentación es envasada mediante un llenado semiautomático con motor neumático y banda manual, con carga de producto por bombeo y descarga por gravedad.

#### **1.5.1.2. Polvos**

Dentro de los productos en polvo que se reempacan se encuentran polvos y gránulos insecticidas, nematocidas, fungicidas y acaricidas. Siendo las presentaciones de reempaque 10 gramos, 13 gramos, 15 gramos, 50 gramos, 52 gramos, 100 gramos, 150 gramos, 454 gramos, 500 gramos, 1 kilogramos, 1,81 kilogramos, 25 kilogramos. Los llenados son mediante llenados másicos. Cada presentación es envasada mediante un llenado semiautomático con motor electroneumático, con carga de producto manual y descarga por gravedad.

#### **1.5.1.3. Herbicidas**

Dentro de los productos herbicidas re empacados y reenvasados tanto polvos como líquidos destacan las mismas presentaciones que en líquidos y polvos, pero se reempacan y reenvasan por separado debido a su naturaleza química de acción.



## **1.5.2. Área de formulaciones líquidas**

Dentro de esta área se lleva a cabo las diferentes formulaciones líquidas y semilíquidas que serán trasladadas para el reenvase en diferentes presentaciones y se clasifican en dos líneas de producción, cada una de ellas consiste en un sistema de tanques de agitación por *batches*, con cargas para el dosificado por medio de bombas neumáticas y descargas por gravedad, con sistemas de agitación inclinada a través de espas semihelicoidales.

### **1.5.2.1. Líquidos no herbicidas**

En esta línea se llevan a cabo los diferentes procesos de formulación de todos los productos líquidos, semilíquidos, viscosos y no viscosos, tanto insecticidas, acaricidas, fungicidas, coadyuvantes, adherentes y demás aditivos, en sus formas emulsionables, solubles, suspensiones concentradas.

### **1.5.2.2. Herbicidas**

En esta línea se lleva a cabo la formulación de productos de naturaleza herbicidas, los cuales son totalmente separados de los líquidos no herbicidas por su naturaleza fitotóxica.

## **1.5.3. Área de granulados**

En esta área se lleva a cabo la formulación de productos granulados en su mayoría insecticidas, mediante impregnación en materiales portadores inertes, para ello se tienen dos líneas de producción simultáneas de formulación por lotes de 2 000 kilogramos y 400 kilogramos respectivamente.

Cada uno de estos tipos de *batches* se encuentran dispuestos con mingles de premezcla que permiten la homogenización de los componentes a impregnar.

## **1.6. Productos**

A continuación se presenta un listado de la clasificación de los diferentes productos que se generan en planta, de modo de conocer la naturaleza de los mismos, y establecer las características que le dan la particularidad a los procesos.

### **1.6.1. Líquidos emulsificables**

Este producto es representado por las siglas (EC) y consiste en una mezcla homogénea de material (es) técnico (s) disueltos en disolventes adecuados, junto con otros vehículos necesarios de formulación. Tiene la característica de tener la forma de un líquido homogéneo estable, libre de materia suspendida visible y sedimento, que se aplican como una emulsión después de la dilución en agua.

### **1.6.2. Líquidos solubles**

Este producto es representado por las siglas (SL) y consiste en una mezcla homogéneas de material (es) técnico (s), disueltos en disolventes adecuados, junto con otros vehículos necesarios de formulación. Tiene la característica de tener la forma de un líquido transparente u opalescente, exento de materia suspendida visible y sedimentos, para ser aplicado como una solución verdadera del ingrediente activo en agua.

### **1.6.3. Suspensiones concentradas**

Este producto es representado por las siglas (SC) y consiste en una suspensión de partículas finas del técnico (s), en una fase acuosa junto con coadyuvantes adecuados. Tiene la característica de ser después de agitación una mezcla de material homogénea y adecuada para una dilución adicional con agua.

### **1.6.4. Granulados**

Este producto tiene como símbolo las siglas (GR) y consiste en material granular contenido con técnicos, junto con vehículos adecuados necesarios de formulación. Tiene las características de encontrarse seco y exento de materias extrañas visibles y grumos duros, de flujo libre, esencialmente no polvoriento y destinado a ser aplicado por medios mecánicos.

### **1.6.5. Polvos solubles**

Este producto es representado por las siglas (SP) y consiste en una mezcla homogénea de material (es) técnico (s) junto con los vehículos necesarios de formulación. Tiene la característica de tener la forma de un polvo que se aplica como una solución verdadera del ingrediente activo después de disolución en agua, pero que pueden contener ingredientes inertes insolubles. Comúnmente es reenvasado en bolsas hidrosolubles.

### **1.6.6. Polvos mojables**

Este producto es representado por las siglas (WP) y consiste en una mezcla homogénea, junto con material de relleno y necesarios en formulación.

Tiene la característica de tener la forma de un polvo fino libre de materia extraña visible y grumos duros. Regularmente es reenvasado en bolsas hidrosolubles selladas.

#### **1.6.7. Gránulos solubles**

Este producto es representado por las siglas (WS) y consiste en una mezcla homogénea de componente (s) técnico (s), junto con vehículos y otras formas necesarias de formulación, incluyendo colorantes. Tiene la característica de tener la forma de un polvo libre de materias extrañas visibles y grumos duros.

#### **1.6.8. Gránulos mojables**

Este producto es representado por las siglas (WG) y consiste en una mezcla homogénea de material (es) técnico (s), junto con vehículos y otros componentes necesarios de formulación. Tiene la característica de ser gránulos capaces de dispersarse en agua. Tiene la característica de ser un producto seco, de flujo libre, esencialmente sin polvo, y libre de materias extrañas visibles y grumos duros. Suele reenvasarse en bolsas hidrosolubles selladas.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. REDUCCIÓN DE RECHAZOS DE PRODUCCIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LA PLANTA 4-AGRO, S. A.**

A continuación se detalla la serie de elementos, herramientas y estrategias que fueron utilizados para el desarrollo del proyecto de EPS, incluyendo cada una de las metodologías desarrolladas con una serie de ejemplos para su aplicación dentro de la planta.

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

A modo de establecer la situación actual de la empresa en torno a la calidad, se procede a presentar un diagnóstico de la misma, y así comprender los principales problemas que posee y buscar las estrategias para solucionarlo.

#### **2.1.1. Análisis FODA**

Utilizando la técnica de diagnóstico FODA se procedió a determinar las condiciones actuales de la empresa, y mediante esta matriz definida se generaron las estrategias y herramientas para contrarrestar los efectos negativos del problema detectado. El diagnóstico FODA fue elaborado basado en la información colectada en una entrevista no estructurada realizada con el gerente de planta en un recorrido por las áreas de producción.

Tabla I. **Análisis FODA situación actual de la calidad en la empresa**

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Análisis Interno</b>	<p>F1. Equipos de trabajo auto dirigidos.</p> <p>F2. Actitud positiva al cambio.</p> <p>F3. Experiencia.</p> <p>F4. Clientes consolidados.</p>	<p>D1. Producción discontinua.</p> <p>D2. Cero automatizaciones.</p> <p>D3. No hay seguimiento a reclamos.</p> <p>D4. No existe medición de la calidad.</p> <p>D5. No existe seguimiento a los problemas de calidad.</p>
	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Análisis Externo</b>	<p>O1. Mercado mal atendido</p> <p>O2. Necesidad del producto.</p> <p>O3. Tendencias favorables en el mercado.</p>	<p>A1. Competencia muy agresiva</p> <p>A2. Aumento de precio de insumos</p> <p>A3. Competencia consolidada en el mercado</p>
<b>Estrategias</b>		
<p>E1. (Para F1) estructurar correctamente las líneas de producción de modo que haya conciencia y compromiso en el trabajo, fomentando el trabajo auto dirigido y autocritico.</p> <p>E2. (Para F2) gestionar los cambios necesario que generen mejores condiciones y por consecuente mejores productos.</p> <p>E3. (Para F3) promover a supervisores al personal que posea mayor y mejor experiencia como motivación al desarrollo.</p> <p>E4. (Para F4) aprovechar a los clientes consolidados para darse a conocer mayormente en el mercado y consolidar más clientes.</p> <p>E5. (Para D1) coordinar mejor la producción para generar corridas largas de producción de productos semejantes, disminuyendo la intermitencia y tiempos muertos.</p> <p>E6. (Para D2) promover la automatización de modo de generar tareas más rápido eliminando en lo posible la manipulación humana, generando así mayor precisión y cumplimiento de especificaciones.</p> <p>E7. (Para D3) generar un libro de seguimiento y trazabilidad de los reclamos de los clientes, de modo de solucionar el problema que genere el reclamo y extinguirlo a la brevedad posible.</p>		

Continuación de la tabla I.

<p>E8. (Para D4) generar un indicador que mida la calidad por áreas y la calidad global que permita dar seguimiento a la mejora de la misma.</p> <p>E9. (Para D5) detectar los problemas de la calidad mediante el rastreo tomando como fundamento el análisis estadístico de datos recopilados, de modo de eliminar todas las operaciones que no contribuyan a la buena calidad.</p> <p>E10. (Para O1) aprovechar las oportunidades de crecimiento para atender mejor el mercado.</p> <p>E11. (Para O2) distribuir correctamente la producción optimizando los recursos para satisfacer la demanda actual de producto.</p> <p>E12. (Para O3) realizar reestructuraciones y reingenierías conforme a las tendencias actuales que mejoren los niveles de producción.</p> <p>E13. (Para A1) competir por alcanzar altos niveles de calidad en la producción de modo de posicionarse en el mercado.</p> <p>E14. (Para A2) incurrir a la menor cantidad de reprocesados por mala calidad, mediante la generación de procesos claros, previamente evaluados con las operaciones justas en donde mediante la supervisión oportuna se genere productos de alta calidad.</p> <p>E15. (Para A3) Crear diferentes indicadores de la calidad que permitan rastrear y dar seguimiento a la calidad de la producción de modo de ir motivando al personal a alcanzar la excelencia y poder compararse a la competencia.</p>
---

Fuente: análisis propio.

### **2.1.2. Definición de problema**

De acuerdo al análisis de la matriz FODA el problema con mayor relevancia que enfrenta la empresa que a su vez es el causante de los demás problemas, son los rechazos de producción por incumplimiento de especificaciones de la calidad; ya que los niveles de calidad actual en la producción no resultan ser los esperados por los indicadores de rechazo de producto por parte de los clientes.



Todo esto como consecuencia de la no adopción de un sistema de control de calidad de los procesos productivos, existiendo una nula evaluación de los productos terminados con el objeto de establecer si cumplen o no con los parámetros establecidos antes de su despacho.

A cuestión de delimitación y depuración de las estrategias establecidas con la matriz FODA, se elaboró un diagrama causa efecto para establecer cuáles deben ser las estrategias puntuales que se llevarán a cabo para solucionar los problemas.

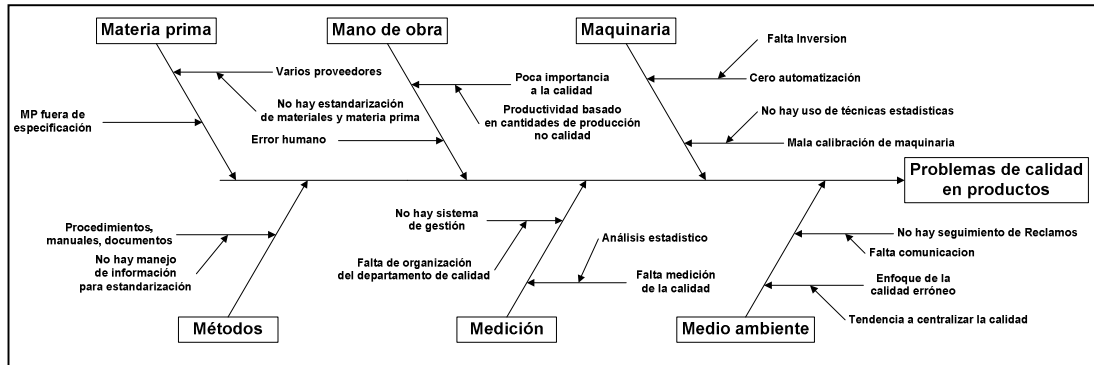
### **2.1.3. Diagrama causa efecto**

Debido a que en la planta de producción, no existe un sistema de control de calidad que garantice el cumplimiento de las especificaciones de calidad de los productos despachados a los clientes, se genera una serie de problemas en torno a la calidad de la producción.

Utilizando la técnica de diagnóstico que genera el diagrama causa efecto, basado en la técnica de las 6M se procede al análisis de la problemática de la calidad en la producción.

Este diagrama fue generado mediante el análisis de la información obtenida en la matriz FODA, como resultado de las entrevistas no estructuradas realizadas en el recorrido de la planta de producción.

Figura 3. Diagrama causa efecto de la calidad en la empresa



Fuente: elaboración propia.

Con base al análisis de la figura 3 se definieron las siguientes estrategias para la reducción de los rechazos de producción de 4-Agro, S. A., de acuerdo a los problemas detectados. Estas estrategias son la que se llevaron a cabo para el desarrollo de este proyecto.

- **Maquinaria.** No hay monitoreo de proceso lo que permite que hayan errores que no se detectan. Estrategia a desarrollar: detectar puntos que definen la calidad final del producto denominados puntos críticos de control.
- **Métodos.** No hay análisis ni control del proceso, con lo cual no se genera información si el proceso estuvo o no bajo control. Estrategia a desarrollar: implementar gráficos de control del proceso evaluando los puntos críticos.

- **Materia prima.** No existe estándar de comparación para establecer el margen en el que un producto sea conforme o no conforme. Estrategia a desarrollar: definir especificaciones de calidad basadas en un punto de equilibrio entre normativas legales, capacidad de equipos y personal, costos de operación.
- **Mano de obra.** No hay registro de las operaciones realizadas ni de las condiciones en las que va la producción. Estrategia a desarrollar: generar sistemas de registro y colección de datos implementando formatos y registros que faciliten la tabulación y recolección de los mismos.
- **Medio ambiente.** No existe una confrontación final acerca de lo producido para garantizar su calidad. Estrategia a desarrollar: implementar muestreos de aceptación y rechazo de productos terminados.
- **Medición.** No hay medición ni comparación de los niveles de calidad por lo que no se sabe si hay mejora. Estrategia a desarrollar: diseñar indicadores de la calidad que permitan la medición y comportamiento de la misma.

## **2.2. Determinación de puntos críticos de control del proceso**

Como estrategia para minimizar los efectos negativos en la calidad que ocasiona la maquinaria y con el fin de garantizar el monitoreo de proceso para poder detectar los errores y corregirlos, se desarrollan los puntos siguientes para la determinación de los puntos donde serán instalados los controles de calidad del proceso.

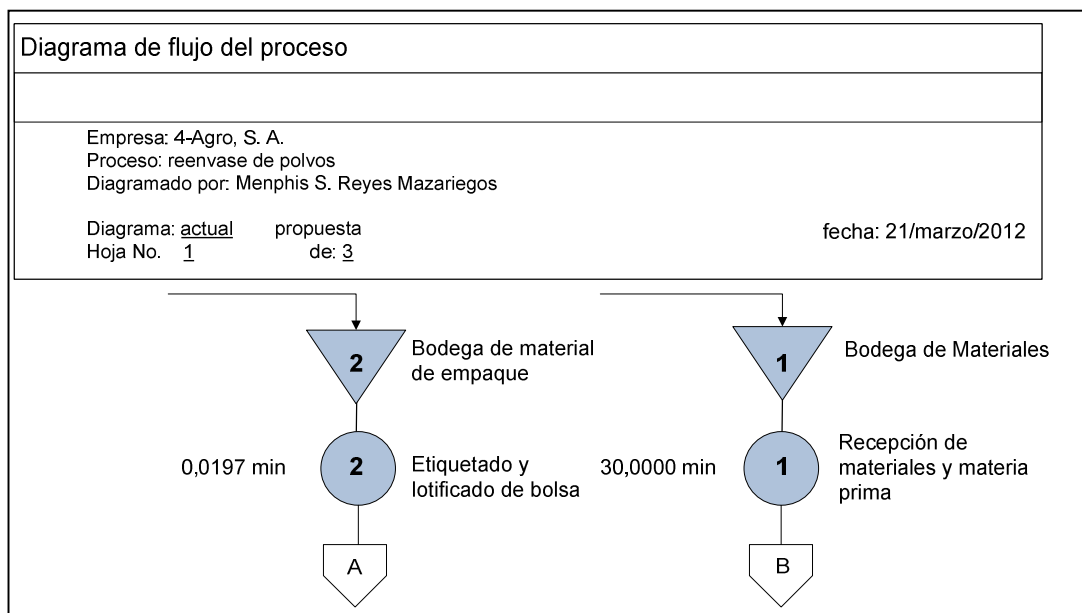
### 2.2.1. Diagrama de flujo del proceso

Para lograr comprender el proceso actual y el funcionamiento del mismo se presentan los diferentes diagramas de flujo del proceso de cada una de las líneas de producción de la planta. Cabe destacar que no se pretendió realizar modificaciones al proceso, sino implementar los controles de calidad en el proceso actual en donde se pueda garantizar que las unidades producidas vayan con los niveles de calidad esperada.

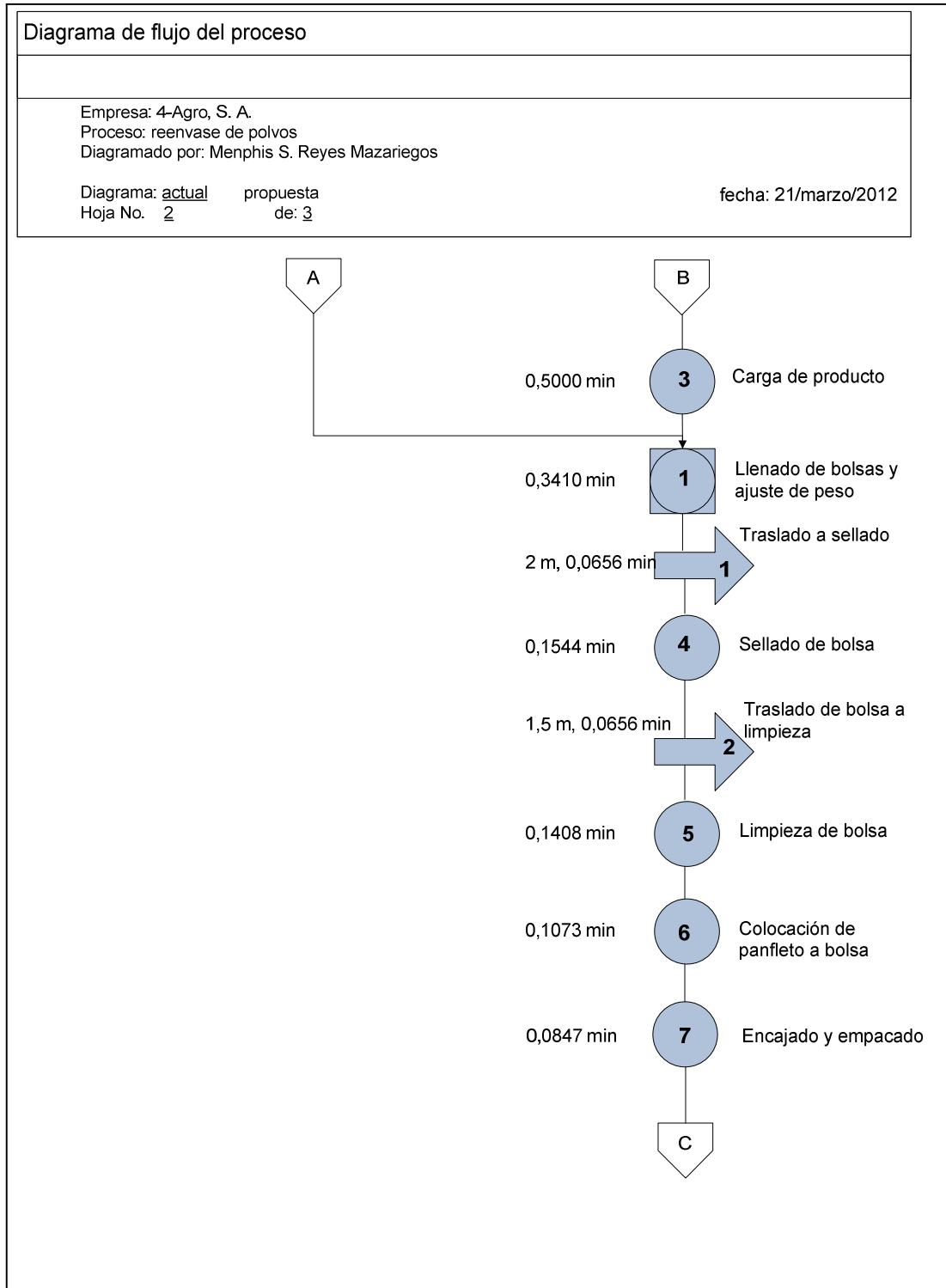
#### 2.2.1.1. Reempaque de polvos

A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso de reempaque de polvos en la línea de polvos. Este fue elaborado en base a la observación realizada en la línea de producción respectiva con toma de tiempos por cronometración simple.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de reenvase de polvos

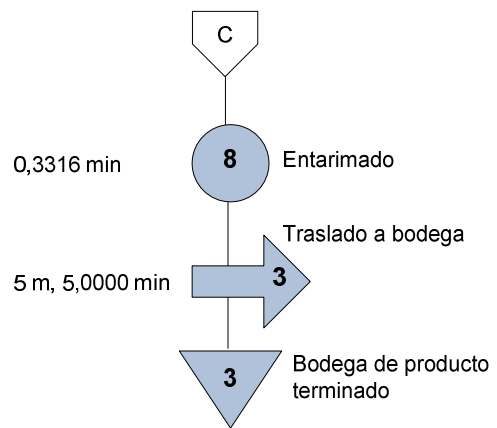


Continuación de la figura 4.



Continuación de la figura 4.

Diagrama de flujo del proceso	
Empresa: 4-Agro, S. A. Proceso: reenvase de polvos Diagramado por: Memphis S. Reyes Mazariegos	
Diagrama: <u>actual</u> propuesta Hoja No. <u>3</u> de: <u>3</u>	fecha: 21/marzo/2012



Resumen

Actividad	Símbolo	No.	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		8	31,3385	--
Inspección		0	--	--
Combinada		1	0,3410	--
Demora		0	--	--
Transporte		3	5,1312	8
Bodega		3	--	--
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>36,8107</b>	<b>8</b>

Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 4 se logra comprender como funciona el proceso de reenvase de polvos y la secuencia de cada una de sus actividades que conforman el proceso global, esto con el objetivo de establecer la mejor posición de los controles de calidad que serán implementados para garantizar que los productos cumplan con las especificaciones esperadas de calidad.

Así también se puede observar que el proceso de reenvase de polvos es un proceso totalmente manual, consumiendo grandes cantidades de tiempo para la ejecución correcta de las actividades y requiriendo tiempos extras en el transporte de las unidades de una actividad a la consecuente.

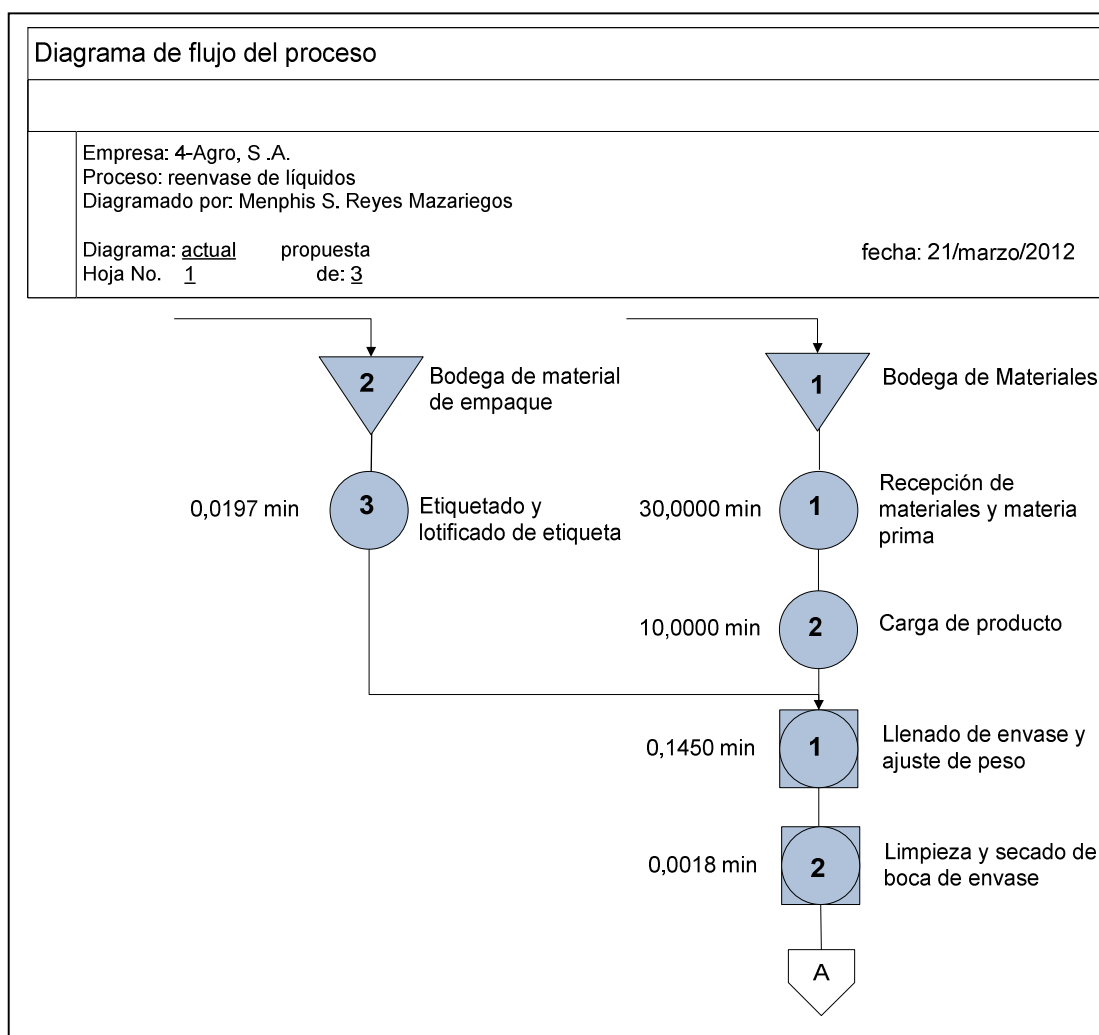
Etapas muy importantes en el proceso, determinantes de la calidad final del producto tales como el pesado, sellado, etiquetado y embalaje ocurren de forma independiente y en secuencia por lo que se puede concluir que no existe una única etapa determinante en la calidad del producto, lo que exige y demanda la implantación de controles de calidad en diferentes etapas del proceso de modo de corregir los errores en tiempo y no cuando se haya terminado la producción.

Para volver más eficiente el proceso de control de calidad en la producción, se implantarán controles en aquellas etapas que sean definidas como puntos críticos de control, donde la actividad desarrollada sea definitiva de la calidad final del producto terminado, estos puntos de control serán determinados mediante un estudio de las etapas del proceso donde mayor incidencia de error existe.

### 2.2.1.2. Reenvase de líquidos

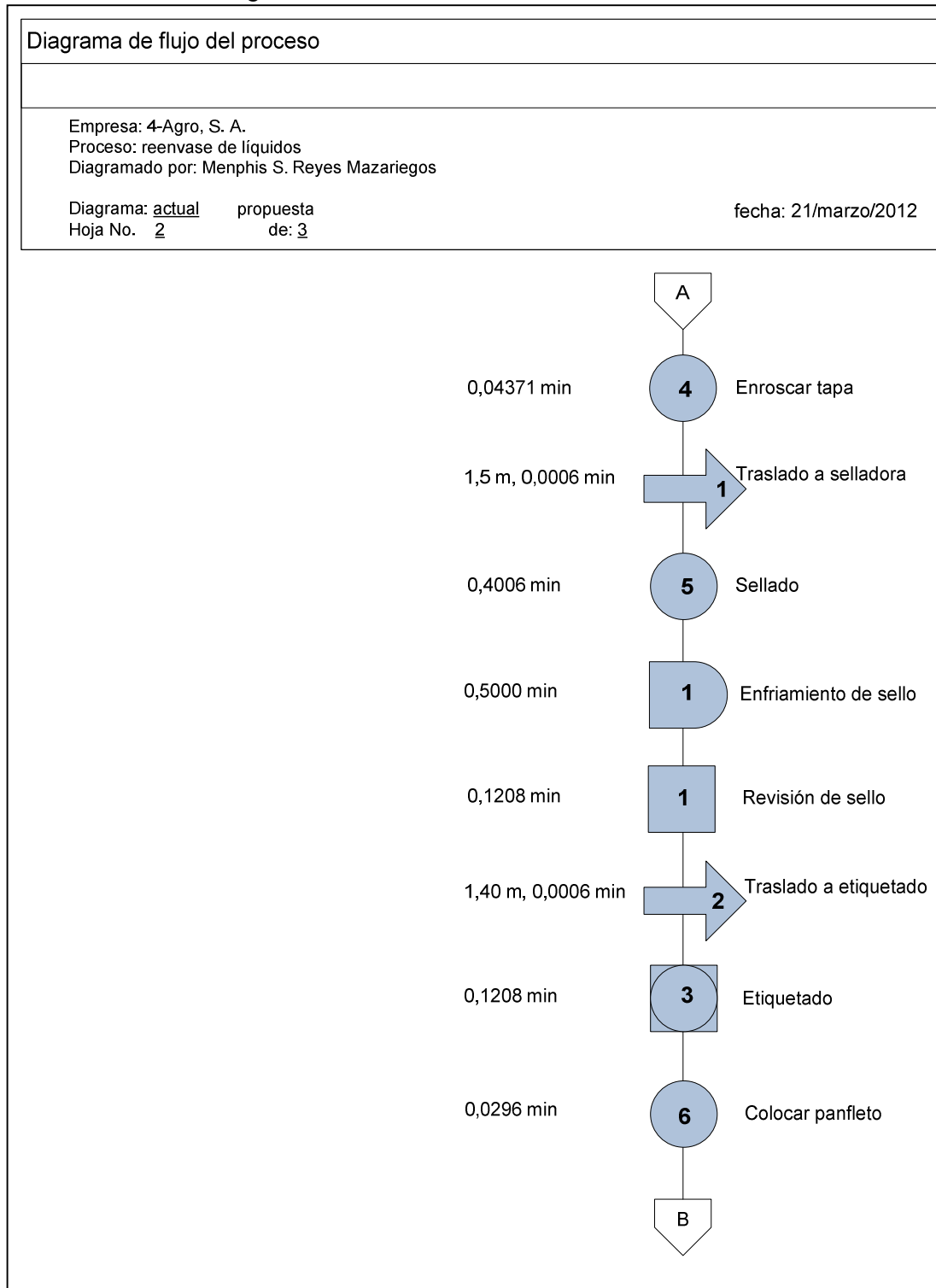
A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso de reenvase de líquidos en la línea de líquidos. Este fue elaborado en base a la observación realizada en la línea de producción respectiva con toma de tiempos por cronometración simple.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de reenvase de líquidos

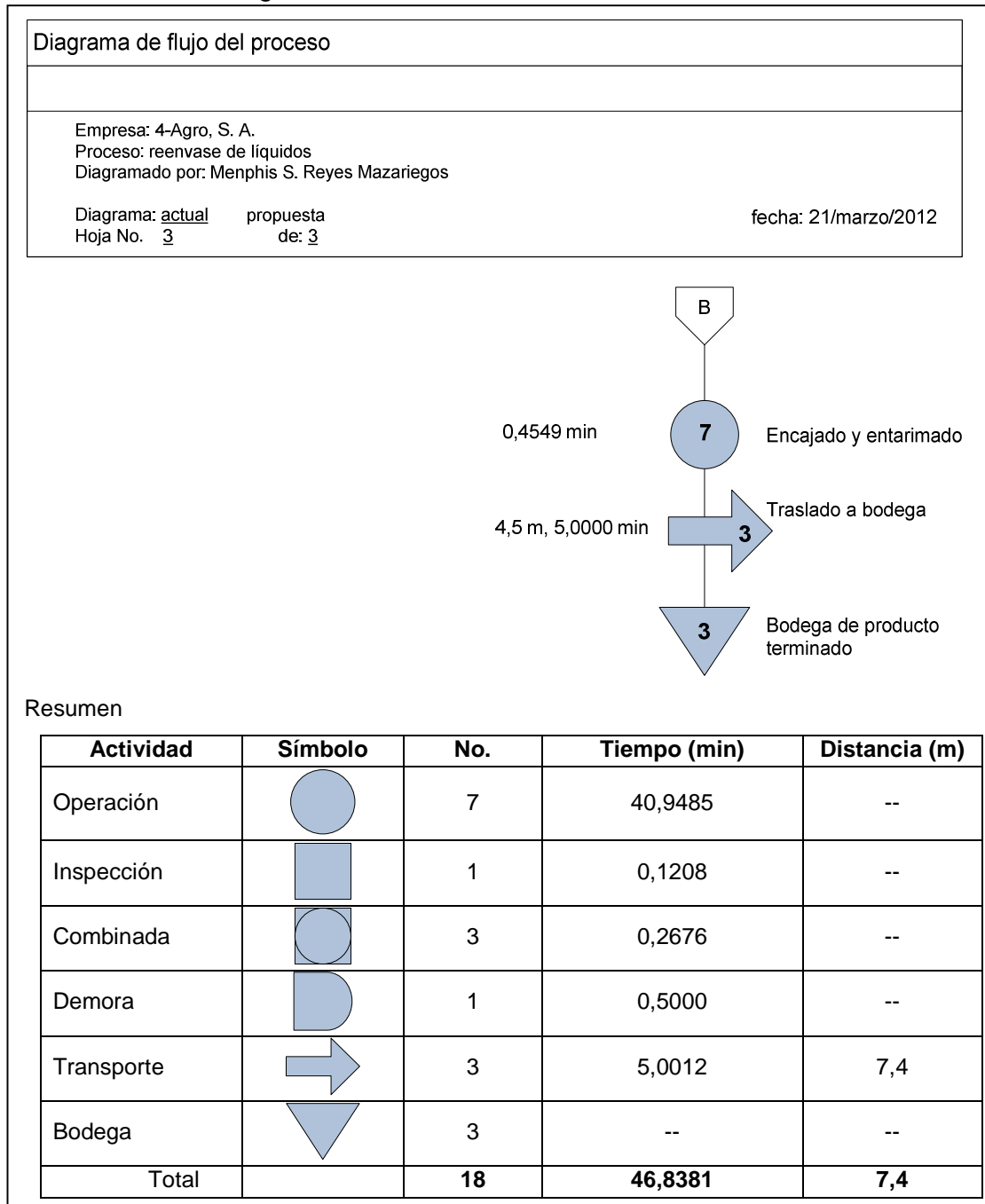




Continuación de la figura 5.



Continuación de la figura 5.



Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 5 se logra comprender como funciona el proceso de reenvase de líquidos y la secuencia de cada una de sus actividades que conforman el proceso global, esto con el objetivo de establecer la mejor posición de los controles de calidad que serán implementados para garantizar que los productos cumplan con las especificaciones esperadas de calidad.

Así también se puede observar que el proceso de reenvase de líquidos es un proceso donde la mayoría de sus actividades son manuales, consumiendo grandes cantidades de tiempo para la ejecución correcta de las actividades y requiriendo tiempos extras en el transporte de las unidades de una actividad a la consecuente.

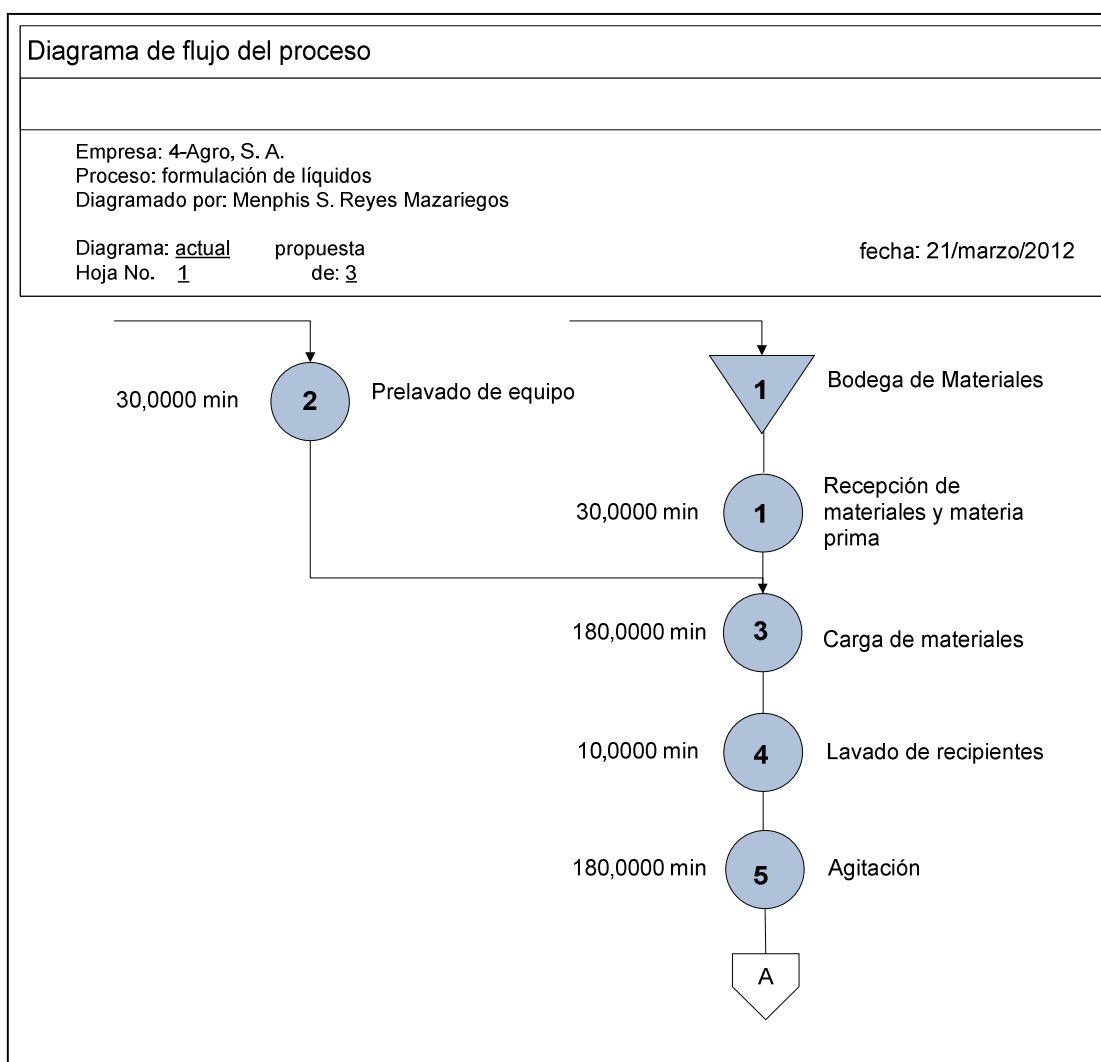
Etapas muy importantes en el proceso, determinantes de la calidad final del producto tales como el llenado, ajuste de peso, sellado, etiquetado y embalaje ocurren de forma independiente y en secuencia por lo que se puede concluir que no existe una única etapa determinante en la calidad del producto, lo que exige y demanda la implantación de controles de calidad en diferentes etapas del proceso de modo de corregir los errores en tiempo y no cuando se haya terminado la producción.

Para volver más efectivo el proceso de control de calidad en la producción, se implantarán controles en aquellas etapas que sean definidas como puntos críticos de control, donde la actividad desarrollada sea definitiva de la calidad final del producto terminado, estos puntos de control serán determinados mediante un estudio de las etapas del proceso donde mayor incidencia de error existe.

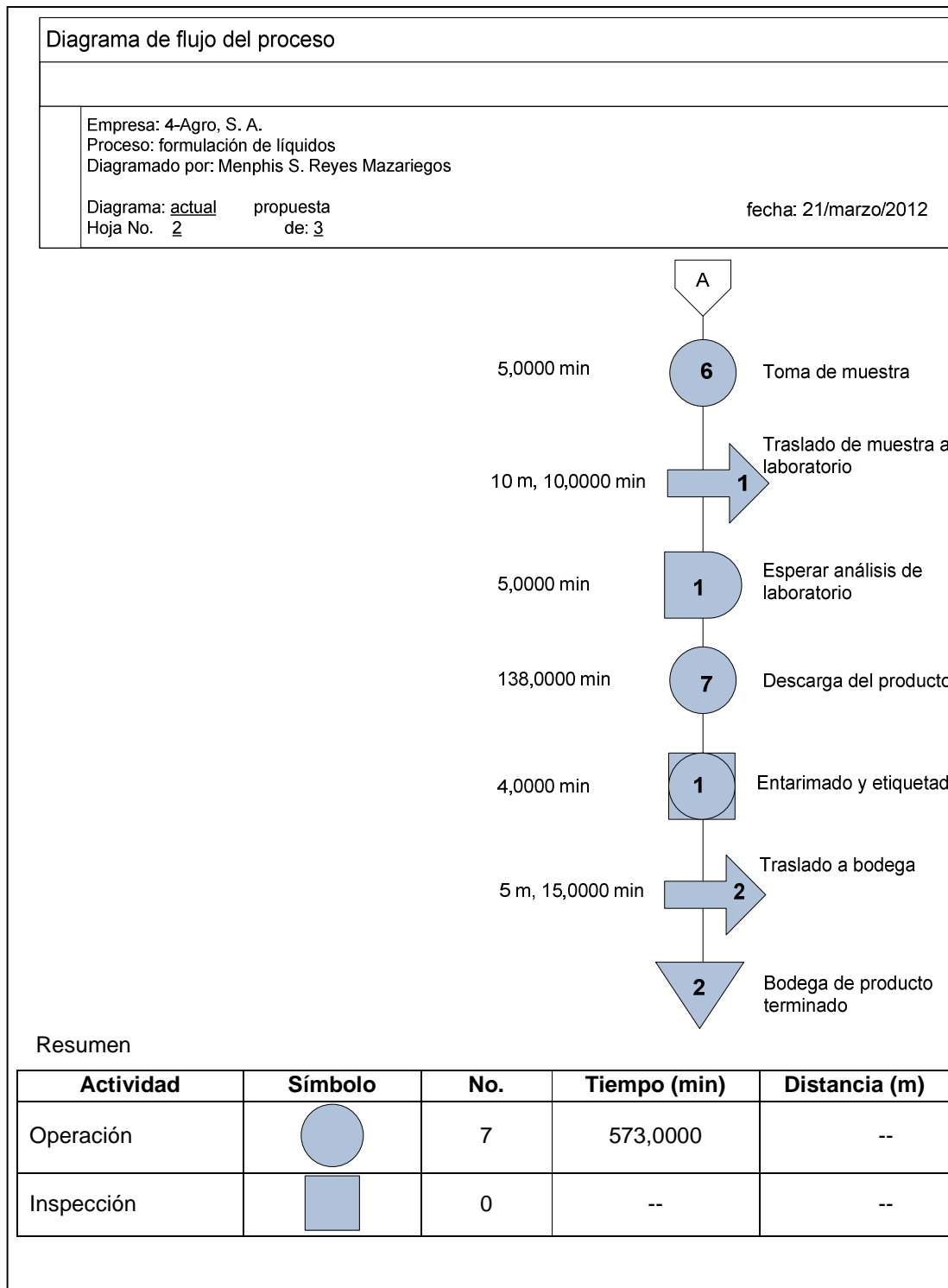
### 2.2.1.3. Formulaciones líquidas

A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso de formulación de líquidos en la línea de líquidos. Este fue elaborado en base a la observación realizada en la línea de producción respectiva con toma de tiempos por cronometración simple.





Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de formulación de líquidos



Continuación de la figura 6.



Continuación de la figura 6.

Diagrama de flujo del proceso				
Empresa: 4-Agro, S. A. Proceso: formulación de líquidos Diagramado por: Memphis S. Reyes Mazariegos  Diagrama: <u>actual</u> propuesta Hoja No. <u>3</u> de: <u>3</u> <span style="float: right;">fecha: 21/marzo/2012</span>				
Continuación del resumen				
Actividad	Símbolo	No.	Tiempo (min)	Distancia (m)
Combinada		1	40,0000	--
Demora		1	5,0000	--
Transporte		2	25,0000	15 m
Bodega		2	--	--
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>643,0000</b>	<b>15</b>

Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 6 se logra comprender como funciona el proceso de formulación de líquidos y la secuencia de cada una de sus actividades que conforman el proceso global, esto con el objetivo de establecer la mejor posición de los controles de calidad que serán implementados para garantizar que los productos cumplan con las especificaciones esperadas de calidad.

Así también se puede observar que el proceso de formulación es un proceso totalmente manual y cuyo control de las diferentes operaciones depende directamente del operario.

Las operaciones consumen grandes cantidades de tiempo para la ejecución correcta de las actividades y requieren una serie de controles extras para garantizar la ejecución de las mismas, dado que son netamente manuales.

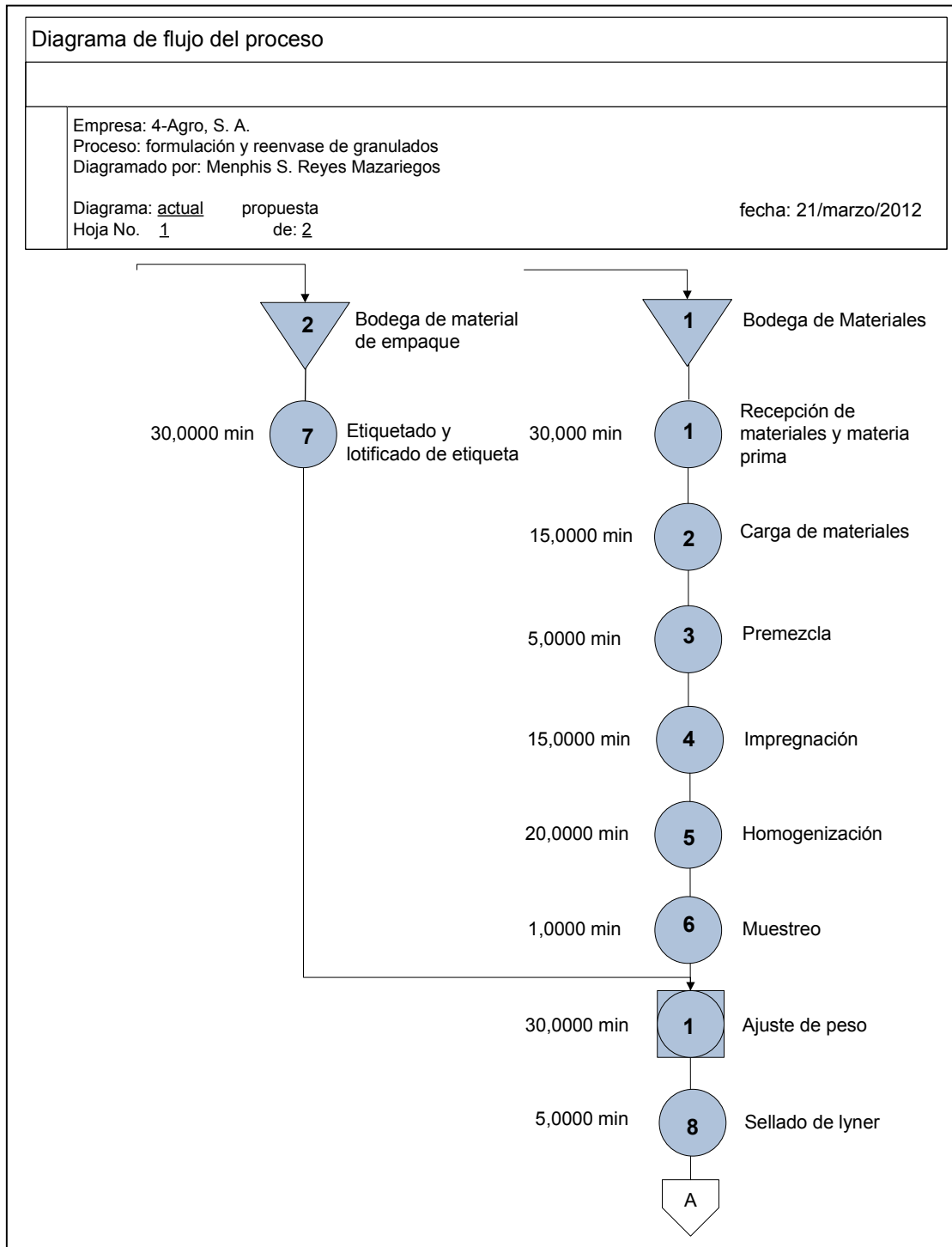
Las etapas más importantes del proceso, determinantes de la calidad final del producto tales como el carga de materiales y cumplimiento de tiempos de agitación, ocurren de forma independiente y en secuencia por lo que se puede concluir que no existe una única etapa determinante en la calidad del producto, lo que exige y demanda la implantación de controles de calidad en diferentes etapas del proceso de modo de corregir los errores en tiempo y no cuando se haya terminado la producción.

Para volver más funcional el proceso de control de calidad en la producción, se mantendrán controles en aquellas etapas que sean definidas como puntos críticos de control, donde la actividad desarrollada sea definitiva de la calidad final del producto terminado, estos puntos de control serán determinados mediante un estudio de las etapas del proceso donde mayor incidencia de error existe.

#### **2.2.1.4. Formulación y reenvase de granulados**

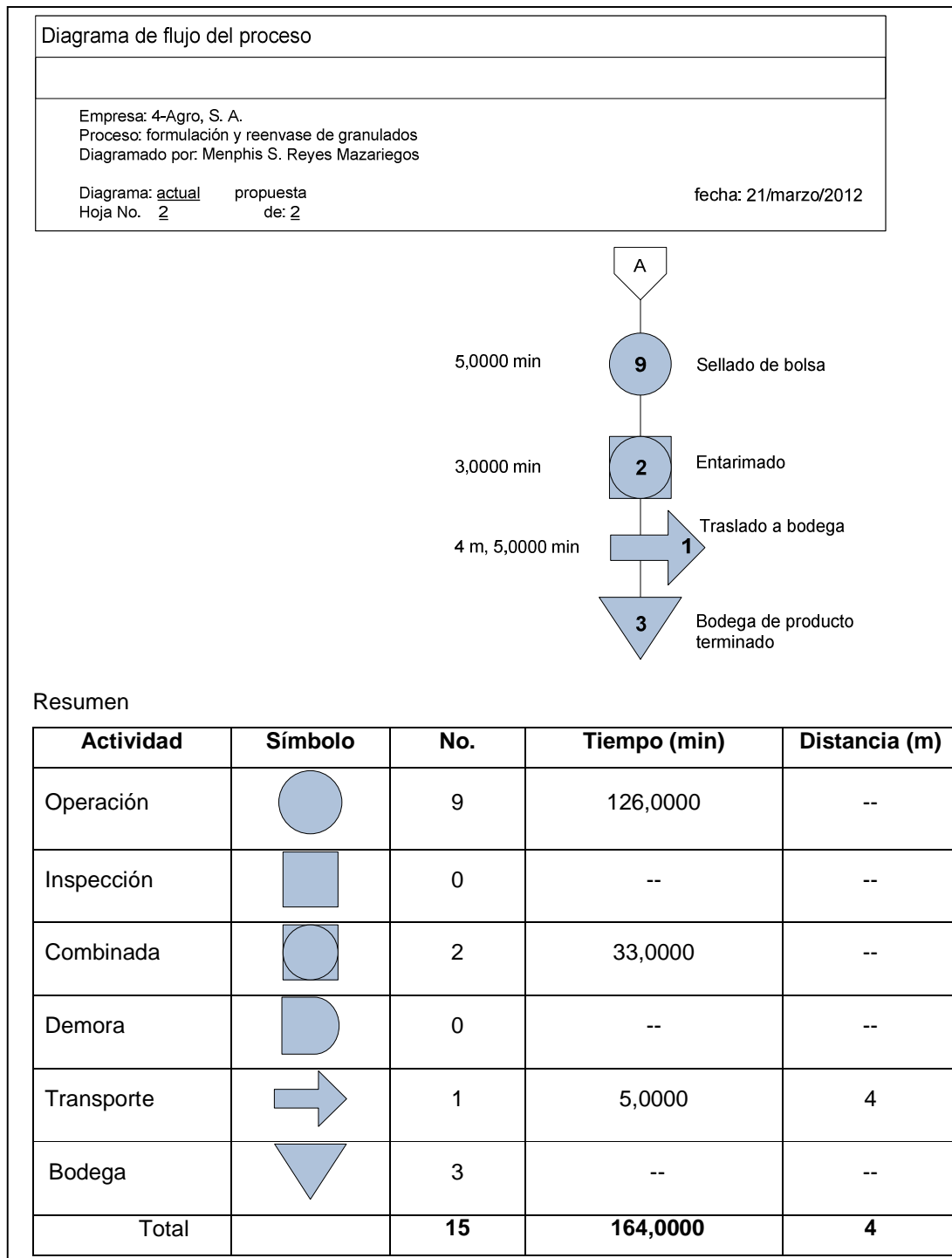
A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso de formulación y reenvase de granulados en la línea de granulados. Este fue elaborado en base a la observación realizada en la línea de producción respectiva con toma de tiempos por cronometración simple.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de formulación de granulados





Continuación de la figura 7.



Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 7 se logra comprender como funciona el proceso de formulación de granulados y la secuencia de cada una de sus actividades que conforman el proceso global, esto con el objetivo de establecer la mejor posición de los controles de calidad que serán implementados para garantizar que los productos cumplan con las especificaciones esperadas de calidad.

Con la figura 7 se puede observar que el proceso de formulación de granulados al igual que el de líquidos, es un proceso totalmente manual y cuyo control de las diferentes operaciones depende directamente del operario, consumiendo grandes cantidades de tiempo para la ejecución correcta de las actividades y requiriendo una serie de controles extras para garantizar la ejecución de las mismas.

Las etapas más importantes del proceso, determinantes de la calidad final del producto tales como el carga de materiales y cumplimiento de tiempos de impregnación y homogenización, ocurren de forma independiente y en secuencia por lo que se puede concluir que no existe una única etapa determinante en la calidad del producto, lo que exige y demanda la implantación de controles de calidad en diferentes etapas del proceso de modo de corregir los errores en tiempo y no cuando se haya terminado la producción.

Para volver más funcional el proceso de control de calidad en la producción, se mantendrán controles en aquellas etapas que sean definidas como puntos críticos de control, donde la actividad desarrollada sea definitiva de la calidad final del producto terminado, estos puntos de control serán determinados mediante un estudio de las etapas del proceso donde mayor incidencia de error existe.

## **2.2.2. Diagrama Pareto de problemas de calidad en las líneas**

Ya comprendidas las diferentes etapas de los procesos productivos se buscó establecer en qué puntos se incurría a la mayor cantidad de errores o fallas en la producción que se ven reflejados como un rechazo de producción.

Con el objetivo de identificar los puntos a los largo del proceso en lo que se debía centrar la atención para reducir los reclamos o realizar las inspecciones de calidad antes de que el producto llegara al cliente, se realizaron muestreos de productos terminados a los largo de las líneas de producción evaluando las principales debilidades en torno al cumplimiento de la calidad, y mediante una tabulación de los resultados se obtuvo el diagrama Pareto, estableciendo las principales causas con mayor influencia en la calidad.

### **2.2.2.1. Diagrama Pareto para reenvases y reempaques**

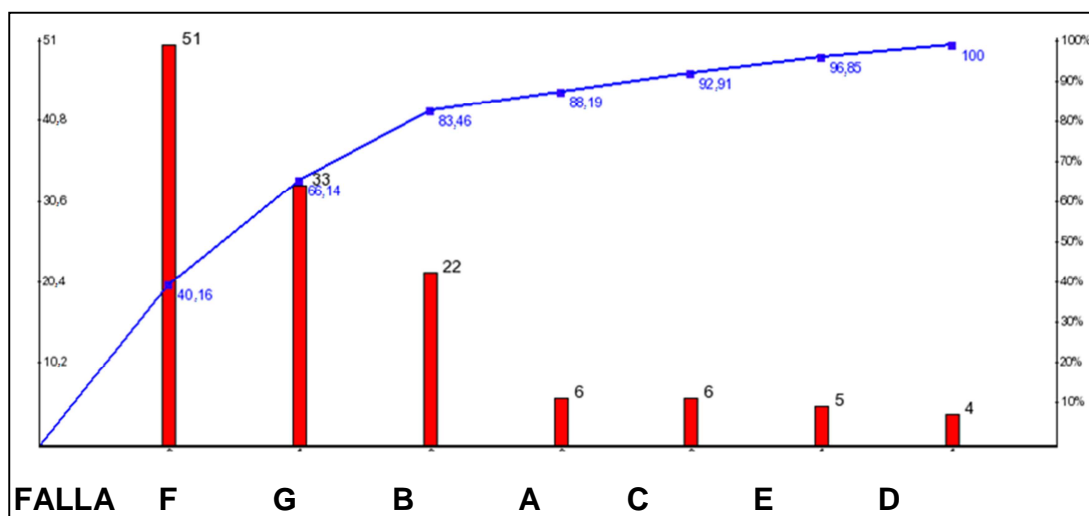
A continuación se presentan los resultados obtenidos de una selección sistemática de unidades de producto terminado con defectos en un día de producción procedentes de las líneas de reenvases y reempaques, los cuales fueron inspeccionados en diferentes aspectos críticos para su aceptación o rechazo, tales como cumplimiento del peso declarado, ausencia de fugas, etiquetas correctamente pegadas, apariencia agradable a la vista, errores de impresión en lotificado; donde se obtuvieron los siguientes resultados que fueron graficados en un diagrama Pareto para establecer las causas que influyen en el 80 por ciento de la mala calidad.

Tabla II. Evaluación de productos en las líneas de reenvase

Total	Tipo de falla detectada	Codificación de la falla	Frecuencia	Porcentaje de afección
127	Empaque manchado	A	6	4,72
	Etiqueta mal pegada	B	22	17,32
	Etiqueta manchada	C	6	4,72
	Lotificación incorrecta	D	4	3,15
	Mal embalaje	E	5	3,94
	Peso no cumple	F	51	40,16
	Sello con fugas	G	33	25,98

Fuente: selección sistemática de productos terminados de las líneas en mención.

Figura 8. Diagrama Pareto de reenvase de polvos y líquidos



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al análisis del diagrama Pareto para las líneas de reenvases de polvos y líquidos, se refleja claramente que los problemas que son los causantes de más del 80 por ciento de la mala calidad son el peso real de las unidades re envasadas, las fugas en el sellado de las unidades y las etiquetas mal pegadas. Es por ello que estos tres factores fueron definidos como los puntos de control a supervisar en las líneas; y de acuerdo a las etapas del proceso establecidas en las figuras 4 y 5 los puntos de control asignados fueron el pesado de la unidad, el sellado de la unidad y finalmente en el etiquetado de la unidad.

#### **2.2.2.2. Diagrama Pareto para formulaciones**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de una selección sistemática de unidades de producto terminado con defectos en un mes de producción procedentes de las líneas de formulación tanto de productos líquidos como granulados, los cuales fueron evaluados de acuerdo a los resultados de análisis obtenidos del laboratorio de la planta, analizados en diferentes aspectos críticos para su aceptación o rechazo.

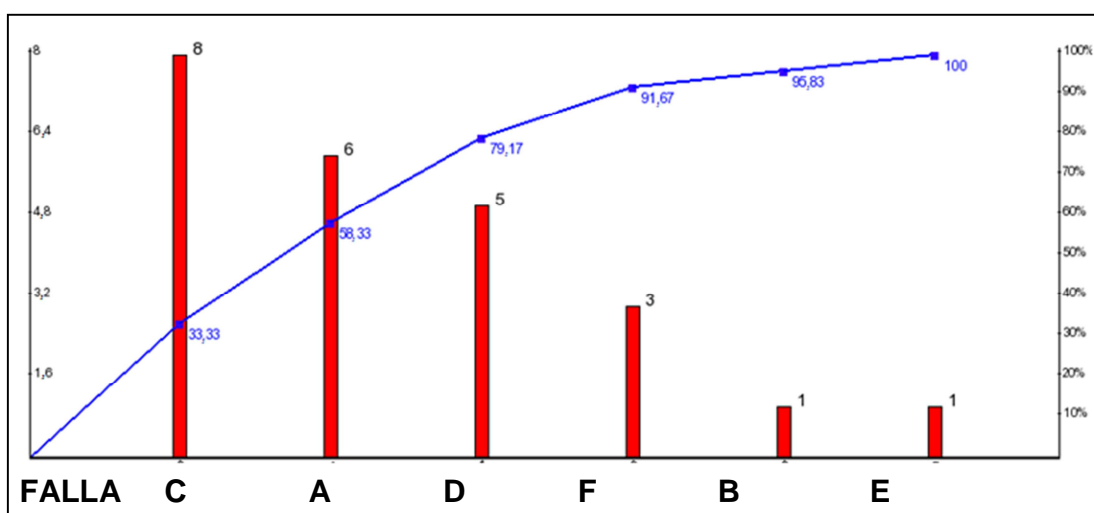
Se evaluaron factores tales como mala agitación que se ve reflejada en el cumplimiento de la densidad y homogeneidad, cumplimiento de concentración, contenido de impurezas, contenido de otros productos; donde se obtuvieron los siguientes resultados que fueron graficados en un diagrama Pareto para establecer las causas que influyen en el 80 por ciento de la mala calidad.

Tabla III. Evaluación de productos de formulaciones líquidas

Total	Tipo de falla detectada	Codificación de la falla	Frecuencia	Porcentaje de afección
24	Concentración no cumple	A	6	25,00
	Contaminación cruzada	B	1	4,17
	Densidad no cumple	C	8	33,33
	Mala agitación	D	5	20,83
	Producto con impurezas	E	1	4,17
	Rendimiento no esperado	F	3	12,50

Fuente: selección sistemática de productos terminados de las líneas en mención.

Figura 9. Diagrama Pareto de las formulaciones líquidas



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al análisis del diagrama Pareto para la línea de formulación de líquidos, se refleja claramente que los problemas que son los causantes de más del 80 por ciento de la mala calidad resultan ser primordialmente la densidad variante de la formulación, el incumplimiento de la concentración y el incumplimiento de la homogeneidad por mala agitación. Esto en base a los resultados de análisis que se hacen de las formulaciones líquidas en el laboratorio.

Es por ello que estos tres factores fueron definidos como los puntos de control a supervisar en la línea; y de acuerdo a las etapas del proceso definidas en la figura 6 los puntos de control se establecieron en la carga de materias primas ya que la correcta carga de materias primas es crítica para el cumplimiento de los análisis de concentración y densidad. Así también en el control de los tiempos de agitación que se ven reflejados en el cumplimiento de la homogeneidad del producto.

De esta manera se estarían controlando cada uno de los factores que garantizarían el cumplimiento con los análisis realizados por el laboratorio de la planta que definen la aprobación o rechazo de un producto formulado en planta. Contando con productos formulados que cumplen con los análisis de laboratorio que dan la garantía de un nivel aceptable de calidad del producto terminado.

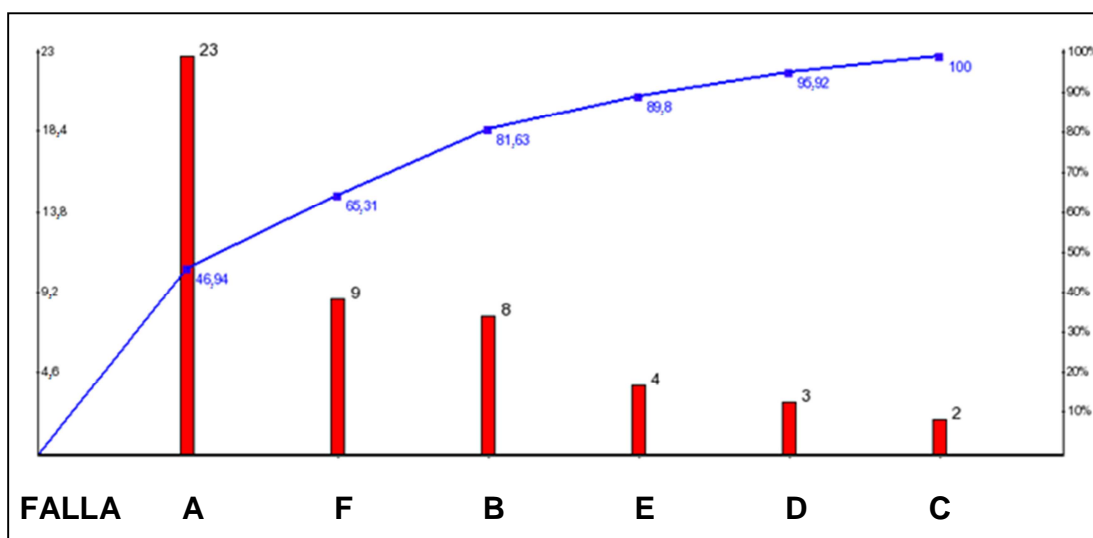
En el caso de los granulados se evaluaron factores tales como cumplimiento de la concentración de acuerdo a los análisis proporcionados, empaque con fugas, etiqueta mal puesta, peso incorrecto, mal embalaje, etiquetas manchadas; donde se obtuvieron los siguientes resultados que fueron graficados en un diagrama Pareto para establecer las causas que influyen en el 80 por ciento de la mala calidad.

Tabla IV. Evaluación de la línea de formulaciones granuladas

Total	Tipo de falla detectada	Codificación de la falla	Frecuencia	Porcentaje de afección
49	Concentración no cumple	A	23	46,94
	Etiquetas mal puestas	B	8	16,33
	Etiquetas manchadas	C	2	4,08
	Mal entarimado	D	3	6,12
	Peso incorrecto	E	4	8,16
	Sello con fugas	F	9	18,37

Fuente: selección sistemática de productos terminados de las líneas en mención.

Figura 10. Diagrama Pareto de las formulaciones granuladas



Fuente: elaboración propia.



De acuerdo al análisis del diagrama Pareto para la línea de formulación de granulados, se refleja claramente que los problemas que son los causantes de más del 80 por ciento de la mala calidad resultan ser primordialmente el incumplimiento de las cargas de materiales que se ve reflejado en el incumplimiento de la concentración, mal dosificado del producto en el empaque que se ve reflejado en el incumplimiento del peso de la unidad, y la mala apariencia de la unidad reempacada en vista a los casos de etiquetas mal puestas y manchadas. Esto en base a los resultados de análisis que se hacen de las formulaciones granuladas en el laboratorio y la revisión física de las unidades reempacadas de granulados.

Es por ello que estos tres factores fueron definidos como los puntos de control a supervisar en la línea; y de acuerdo a las etapas del proceso definidas en la figura 7 los puntos de control se establecieron en la carga de materias primas ya que la correcta carga de materias primas es crítica para el cumplimiento de los análisis de concentración, en la etapa del dosificado o pesado del producto terminado de modo de asegurar el cumplimiento del peso en la unidad reempacada, y finalmente en el etiquetado como punto de control de la apariencia de la unidad de producto terminado.

De esta manera se estarían controlando cada uno de los factores que garantizarían el cumplimiento con los análisis realizados por el laboratorio de la planta que definen la aprobación o rechazo de un producto formulado en planta así como la garantía del cumplimiento del peso declarado y la apariencia final del producto terminado.

Tabla V. **Resumen de los puntos críticos de control de los procesos**

<b>Área de producción</b>	<b>Factor crítico</b>	<b>Punto de control</b>
Reenvases de líquidos	Peso incorrecto	Pesado
	Mal sellado de envase	Sellado
	Etiqueta mal pegada	Apariencia
Reempaque de polvos	Peso incorrecto	Pesado
	Mal sellado de envase	Sellado
	Etiqueta mal pegada	Apariencia
Formulación de líquidos	Densidad incorrecta	Cargas
	Concentración incorrecta	
	Mala emulsión	Tiempo agitación
Formulación de granulados	Análisis fuera de Especificación	Cargas
	Mal peso de bolsa	Pesado
	Mala apariencia	Apariencia

Fuente: análisis propio.

### 2.3. Implementación de gráficos de control por proceso

Como estrategia para generar información que permita establecer el control estadístico del proceso se establece la metodología aplicable para generar gráficos de control del proceso evaluando los puntos críticos. De esta manera se obtendrán bases estadísticas que permitirán la toma de decisiones de mejora y seguimiento de la calidad de los procesos, así como la evaluación de aprobación o rechazo de las unidades producidas como garantía de control de calidad.

### **2.3.1. Gráfico de control del proceso de reempaque de polvos y líquidos**

A continuación se presenta la metodología para poder desarrollar gráficos de control de los procesos de reempaque y reenvase de polvos y líquidos respectivamente. Debido a la naturaleza de este proceso se pueden aplicar gráficos de control tanto por atributos como por variables, en sus diferentes modalidades. Gráficos de control por variables del tipo X y R y gráficos de control por atributos del tipo c, los cuales son desarrollados a continuación.

#### **2.3.1.1. Gráficos de control por variables**

Siendo uno de los puntos de control en estas áreas el peso de la unidad reempacada o re envasada, y en vista de la naturaleza cuantitativa de esta variable son aplicables los gráficos de control por variables del tipo X y R, los primeros para establecer el comportamiento de la media de los pesos y los segundos para establecer el rango de los pesos con la finalidad de conocer la variación de los mismos, por lo cual se detalla el procedimiento general para desarrollar este tipo de gráficos.

##### **2.3.1.1.1. Gráficos de control tipo X**

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo X para muestreos por variables en las líneas de reenvase y reempaque, los mismos se presentan acompañados de una serie de ejemplos para su mejor comprensión.

Ejemplo 1. Elaboración de los gráficos de control del tipo X en la línea de polvos, para el punto crítico del peso de la unidad.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. El tamaño del lote se determina en base a la capacidad instalada de producción, el cual ha sido fijado por gerencia de producción y es el siguiente:

Tabla VI. **Requerimientos de producción por día**

No.	Línea	Requerimiento de producción diario
1	Reenvase de líquidos	5 000 unidades
2	Reempaque de polvos	5 000 unidades
3	Formulación de líquidos	6 600 litros
4	Formulación de granulados	19 600 kilogramos

Fuente: extraído de estudio de capacidad instalada de planta, p. 32.

Para la línea de polvos el tamaño del lote corresponde a 5 000 unidades.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Se establece el tamaño requerido de muestra basándose en la metodología de la tabla militar norma MIL-STD-414.

Figura 11. Tabla I para el establecimiento del tamaño de muestra

Tamaño del lote	Niveles de inspección				
	I	II	III	IV	V
3 – 8	B	B	B	B	C
9 – 15	B	B	B	B	D
16 – 25	B	B	B	C	E
26 – 40	B	B	B	D	F
41 – 65	B	B	C	E	G
66 – 110	B	B	D	F	H
111 – 180	B	C	E	G	I
181 – 300	B	D	F	H	J
301 – 500	C	E	G	I	K
501 – 800	D	F	H	J	L
801 – 1.300	E	G	I	K	L
1.301 – 3.200	F	H	J	L	M
3.201 – 8.000	G	I	L	M	N
8.001 – 22.000	H	J	M	N	O
22.001 – 110.000	I	K	N	O	P
110.001 – 550.000	I	K	O	P	Q
550.001 y más	I	K	P	Q	Q

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 4.

Para un tamaño de lote de 5 000 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra M. De acuerdo a la figura 12 para la letra M corresponde un tamaño de muestra de 50 unidades.

Figura 12. Tabla II para el establecimiento del tamaño de muestra

		(Límites de especificación unilateral, formato1)													
Letra de código para el tamaño de muestra	Tamaño de muestra	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	15,00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3										1,12	0,958	0,765	0,566	0,341
C	4								1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,612	0,393
D	5							1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,874	0,675	0,455
E	7					2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755	0,536
F	10				2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828	0,611
G	15	2,64	2,53	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,00	0,886	0,654
H	20	2,69	2,58	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917	0,695
I	25	2,72	2,61	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936	0,712
J	30	2,73	2,61	2,51	2,41	2,28	2,15	2,00	1,86	1,73	1,55	1,36	1,15	0,946	0,723
K	35	2,77	2,65	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969	0,745
L	40	2,77	2,66	2,55	2,44	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,58	1,39	1,18	0,971	0,746
M	50	2,83	2,71	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00	0,774
N	75	2,90	2,77	2,66	2,55	2,43	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03	0,804
O	100	2,92	2,80	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05	0,819
P	150	2,96	2,84	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07	0,841
Q	200	2,97	2,85	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	2,04	1,89	1,70	1,53	1,29	1,07	0,843
		0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	15,00	

Niveles de calidad aceptable (inspección severa)

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 39.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (peso de la unidad). Para ello se procede con un muestreo aleatorio de 10 unidades pesadas en la línea, en períodos de 2 horas de supervisión completando al final del día 5 horas de inspección, teniendo así un total de 50 unidades inspeccionadas requeridas.

A cada unidad se le revisa su peso neto y se tabula de acuerdo a la tabla VII donde se obtienen los datos para el paso 4.

- Paso 4. Establecer los promedios de cada inspección y el promedio general. Se establece el valor medio de cada inspección mediante la utilización de la siguiente ecuación.  $x = (x_1+x_2+\dots+x_n)/k$  donde k es el número de observaciones.

Tabla VII. **Inspección de pesos en un reempaque de 908 gramos**

Pesos inspeccionados durante el día de producción										
Período de inspección	Observación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	914	910	908	904	910	903	910	913	911	911
2	910	905	899	900	892	914	912	899	897	906
3	916	910	909	910	917	910	912	907	909	909
4	907	906	901	904	906	904	907	903	910	904
5	911	905	913	913	917	906	907	911	909	908

Fuente: datos obtenidos el 16 de mayo de 2012, área de polvos.

Para la columna 1 de la tabla VII se tiene un promedio de  $x = (914 + 910 + 916 + 907 + 911)/5 = 911,60$  en promedio.

El promedio total de todos los datos es:  $X = (911,6 + 907,2 + 906,0 + 906,0 + 908,4 + 907,4 + 909,6 + 906,6 + 907,2 + 907,6)/10 = 907,78$  en promedio.

- Paso 5. Establecimiento de la desviación estándar de los datos. Se establece la desviación estándar de los datos de cada inspección de acuerdo a la siguiente ecuación.  $\sigma = \sqrt{(x_i - X_i)^2 / n - 1}$  donde n es el número de datos disponibles.

Para la columna 1 de la tabla VIII se tiene:  $\sigma = \sqrt{(911,5 - 907,78)^2 / (5 - 1)}$  = 1,910. El promedio total de  $\sigma$  se obtiene de acuerdo al paso 4 del ejemplo 1.

Tabla VIII. Cálculo de promedio de la tabla VII

Pesos inspeccionados durante el día de producción										
Período de inspección	Observación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	914	910	908	904	910	903	910	913	911	911
2	910	905	899	900	892	914	912	899	897	906
3	916	910	909	910	917	910	912	907	909	909
4	907	906	901	904	906	904	907	903	910	904
5	911	905	913	913	917	906	907	911	909	908
x	911,6	907,2	906,0	906,2	908,4	907,4	909,6	906,6	907,2	907,6

Fuente: datos calculados a partir de la tabla VII.

Tabla IX. Cálculo de la desviación estándar tabla VIII

Pesos inspeccionados durante el día de producción											
Período de inspección	Observación										x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	914	910	908	904	910	903	910	913	911	911	907,78
2	910	905	899	900	892	914	912	899	897	906	
3	916	910	909	910	917	910	912	907	909	909	
4	907	906	901	904	906	904	907	903	910	904	
5	911	905	913	913	917	906	907	911	909	908	
x	911,6	907,2	906,0	906,2	908,4	907,4	909,6	906,6	907,2	907,6	
xi-Xi	3,820	-0,58	-1,78	-1,58	0,620	-0,38	1,820	-1,18	-0,58	-0,18	$\sigma$
(xi-Xi) <sup>2</sup>	14,592	0,336	3,168	2,496	0,384	0,144	3,312	1,392	0,336	0,032	0,6260
(xi-Xi) <sup>2</sup> /n-1	3,648	0,084	0,792	0,624	0,096	0,036	0,828	0,348	0,084	0,008	
$\sqrt{(xi-Xi)^2/n-1}$	1,910	0,290	0,890	0,790	0,310	0,190	0,910	0,590	0,290	0,090	

Fuente: datos calculados a partir de la tabla VIII.

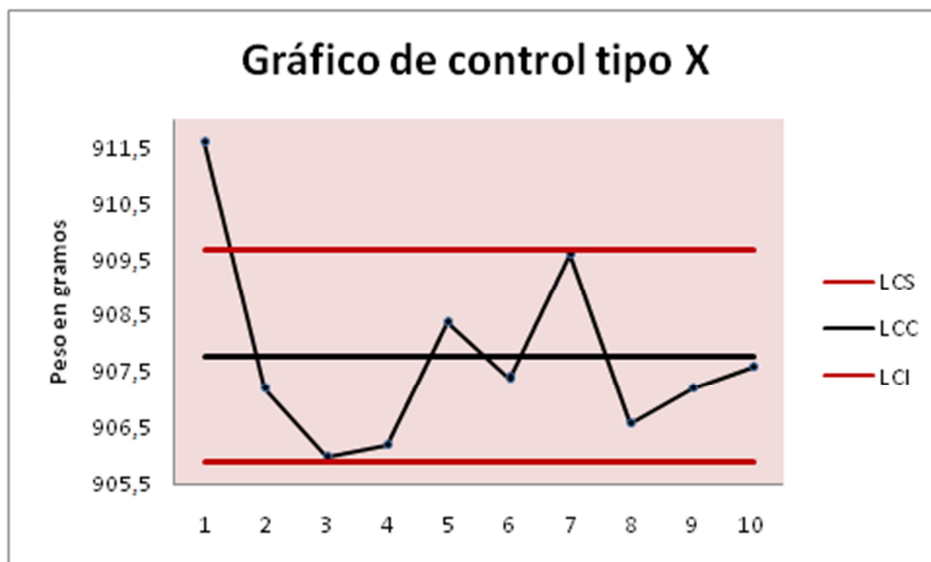


- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Se calculan los límites de control tanto superior como inferior de acuerdo a las siguientes ecuaciones.  $LCS = X + 3\sigma$  donde LCS es el límite de control superior y  $LCI = X - 3\sigma$  donde LCI es el límite de control inferior.

Para los datos de la tabla VII en base a los resultados de la tabla IX, los límites de control superior e inferior serían:  $LCS = X + 3\sigma = 907,78 + 3(0,6260) = 909,658$ .  $LCI = X - 3\sigma = 907,78 - 3(0,6260) = 905,902$ .

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo X. Graficar los resultados, estableciendo los límites de control superior, inferior y central.

Figura 13. **Gráfico de control tipo X. Reempaque de 908 gramos**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla V.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 13 se puede observar que no todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto el proceso general no ha estado bajo control estadístico, razón por lo cual resulta importante dar seguimiento al proceso para identificar la falla o colocar puntos de supervisión, con el objeto de realizar las correcciones necesarias para que el proceso se encuentre bajo control. Las causas típicas de este descontrol podría ser cambio de material, personal, ajustes de maquinaria, desgaste de herramientas, temperaturas o vibración.

#### **2.3.1.1.2. Gráficos de control tipo R**

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo R para muestreos por variables en las líneas de reenvase y reempaque.

Ejemplo 2. Elaboración de los gráficos de control del tipo R en la línea de polvos, para el punto crítico del peso de la unidad.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. Ídem paso 1 ejemplo 1.

Para la línea de polvos el tamaño del lote corresponde a 5 000 unidades.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 1.

Para un tamaño de lote de 5 000 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra M. De acuerdo a la figura 12 para la letra M corresponde un tamaño de muestra de 50 unidades.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (peso de la unidad). Para ello se procede con un muestreo aleatorio de 10 unidades pesadas en la línea, en períodos de 2 horas de supervisión completando al final del día 5 horas de inspección, teniendo así un total de 50 unidades inspeccionadas.

A cada unidad se le revisa su peso neto y se tabula de acuerdo a la tabla VII anteriormente presentada.

- Paso 4. Establecer los rangos de de cada inspección y el promedio general. Se establece el rango de cada inspección mediante la utilización de la siguiente ecuación,  $r = (\max - \min)$  donde max es el valor más alto, y min es el valor más bajo.

Para la columna 1 de la tabla VII se tiene un rango de  $r = (\max - \min) = 916 - 907 = 9$ . El promedio de los rangos se calcula de acuerdo al paso 4 del ejemplo 1.  $R=11,70$ .

- Paso 5. Establecimiento de la desviación estándar de los datos. Ídem paso 5 ejemplo 1.

Tabla X. Cálculo de rangos de la tabla VII

Pesos inspeccionados durante el día de producción											
Período de inspección	Observación										R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	914	910	908	904	910	903	910	913	911	911	11,70
2	910	905	899	900	892	914	912	899	897	906	
3	916	910	909	910	917	910	912	907	909	909	
4	907	906	901	904	906	904	907	903	910	904	
5	911	905	913	913	917	906	907	911	909	908	
R	9	5	14	13	25	11	5	14	14	7	

Fuente: datos calculados a partir de la tabla VII.

Tabla XI. Cálculo de la desviación estándar tabla X

Pesos inspeccionados durante el día de producción											
Período de inspección	Observación										R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	914	910	908	904	910	903	910	913	911	911	11,70
2	910	905	899	900	892	914	912	899	897	906	
3	916	910	909	910	917	910	912	907	909	909	
4	907	906	901	904	906	904	907	903	910	904	
5	911	905	913	913	917	906	907	911	909	908	
R	9	5	14	13	25	11	5	14	14	7	
$r_i - R_i$	-2,7	-6,70	2,30	1,30	13,30	-0,7	-6,70	2,30	2,30	-4,70	$\sigma$
$(r_i - R_i)^2$	7,29	44,89	5,29	1,69	176,89	0,49	44,89	5,29	5,29	22,09	21,500
$(r_i - R_i)^2 / n - 1$	1,82	11,22	1,32	0,42	44,22	0,12	11,22	1,32	1,32	5,52	
$\sqrt{(r_i - R_i)^2 / n - 1}$	1,35	3,35	1,15	0,65	6,65	0,35	3,35	1,15	1,15	2,35	

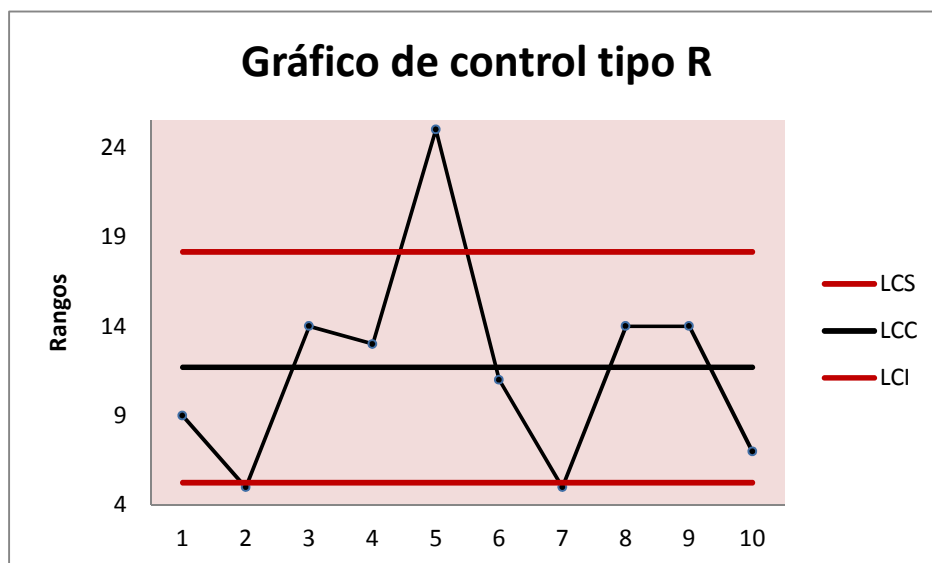
Fuente: datos calculados a partir de la tabla X.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Se calculan los límites de control tanto superior como inferior de acuerdo a las siguientes ecuaciones.  $LCS = R + 3\sigma$  donde LCS es el límite de control superior y  $LCI = R - 3\sigma$  donde LCI es el límite de control inferior.

Para los datos de la tabla VII en base a los resultados de la tabla XI, los límites de control superior e inferior serían  $LCS = R + 3\sigma = 11,70 + 3(2,15) = 18,15$ .  $LCI = X - 3\sigma = 11,70 - 3(2,15) = 5,25$  de límites de control.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo R. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 14. **Gráfico de control tipo R. Reempaque de 908 gramos**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla VII.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 14, se puede observar que no todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto el proceso general no ha estado bajo control estadístico, razón por lo cual resulta importante dar seguimiento al proceso para identificar la falla o colocar puntos de supervisión, con el objeto de realizar las correcciones necesarias para que el proceso se encuentre bajo control, las causas típicas de este descontrol pueden deberse a un cambio de personal, aumento de la variabilidad del material o desgaste de herramientas o maquinarias. Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo.

### **2.3.1.2. Gráficos de control por atributos**

En el caso de la evaluación de los puntos críticos de control sellado y apariencia, siendo estas variables plenamente cualitativas, son aplicables los gráficos de control por atributos; y en vista que solo puede existir un criterio de aceptación o rechazo para estas variables, son aplicables los gráficos de control del tipo p. Sin embargo para el proceso de reenvase puede haber una aplicación de los gráficos de control por atributos del tipo c porque dentro del proceso los productos pueden tener una o más condiciones de rechazo. Para este caso los parámetros de aceptación serían la evaluación de más de una causa de rechazo. Los tipos de defectos para estos procesos son mal peso, mal sello, mala apariencia. A continuación se detalle el desarrollo de estos gráficos.

#### **2.3.1.2.1. Gráficos de control tipo p**

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo P para muestreos por atributos en las líneas de reenvase de líquidos y polvos.

Ejemplo 3. Elaboración de los gráficos de control del tipo P en la línea de reenvase de líquidos, para el punto crítico del sello de la unidad.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. Ídem paso 1 ejemplo 1.

Para la línea de líquidos el tamaño del lote corresponde a 5 000 unidades.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 1.

Para un tamaño de lote de 5 000 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra M. De acuerdo a la figura 12 para la letra M corresponde un tamaño de muestra de 50 unidades.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (sello de la unidad). Para ello se procede con un muestreo aleatorio de 10 unidades pesadas en la línea, en períodos de 2 horas de supervisión completando al final del día 5 horas de inspección, teniendo así un total de 50 unidades inspeccionadas.

A cada unidad se le revisa su peso neto y se tabula de acuerdo a la tabla XII.

- Paso 4. Calcular la proporción de defectos. Establecer la proporción de defectos de cada grupo observado, mediante la utilización de la siguiente ecuación,  $p = D/N$  donde D son los defectos y N es el número de muestras.

Para la fila 1 de la tabla XII se tiene una proporción de  $p = D/N = 5/10 = 0,5$  de fracción defectuosa.

Tabla XII. **Resultados de la inspección del sello en área de líquidos**

Inspección del sellado		
Hora de inspección	Defectos	Total
1	5	10
2	3	10
3	2	10
4	1	10
5	0	10

Fuente: datos obtenidos el 18 de mayo de 2012, área de líquidos.

Tabla XIII. **Cálculo del valor de P de la tabla XII**

Inspección del sellado			
Hora de inspección	Defectos	Total	P
1	5	10	0,50
2	3	10	0,30
3	2	10	0,20
4	1	10	0,10
5	0	10	0,00

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XII.

- Paso 5. Cálculo del promedio de las proporciones de defectos. Calcular el promedio de los valores de  $p$  obtenidos, utilizando la siguiente ecuación,  $p' = \Sigma P_i/n$  donde  $n$  es el número de grupos observados.



De acuerdo a los datos de la tabla XIII se tiene  $p' = \sum P_i/n = (0,50 + 0,30 + 0,20 + 0,10 + 0,0) / 5 = 0,22$  de proporción.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Se calculan los límites de control tanto superior como inferior de acuerdo a las siguientes ecuaciones.  $LSC = p' + 3\sqrt{p'(1-p')/n}$  donde n es el tamaño de la muestra y  $LIC = p' - 3\sqrt{p'(1-p')/n}$  donde n es el tamaño de la muestra.

Para los datos de la tabla XII en base a los resultados de la tabla XIII, los límites de control superior e inferior serían  $LCS = p' + 3\sqrt{p'(1-p')/n} = 0,22 + 3\sqrt{(0,22*(1-0,22))/5} = 0,4053$ .  $LCS = p' - 3\sqrt{p'(1-p')/n} = 0,22 - 3\sqrt{(0,22*(1-0,22))/5} = 0,0347$  de límites de control.

Tabla XIV. **Cálculo de los límites de control de la tabla XIII**

Inspección del sellado						
Hora de inspección	Defectos	Total	P	LCS	LCC	LCI
1	5	10	0,50	0,4052	0,22	0,0347
2	3	10	0,30	0,4052	0,22	0,0347
3	2	10	0,20	0,4052	0,22	0,0347
4	1	10	0,10	0,4052	0,22	0,0347
5	0	10	0,00	0,4052	0,22	0,0347
promedio			0,22			

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XIII.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo p. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 15. Gráfico de control tipo P en reenvase de líquidos



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XIV.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 15 se puede observar que no todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, debido a esto se puede decir que hay más de alguna causa especial de variación en el proceso por lo tanto existe alguna fracción que está fuera de conformidad, y el proceso no es estadísticamente predecible.

Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo, es por ello que es necesario iniciar actividades tentativas de control contra las anomalías fijando líneas temporales de control, y al mismo tiempo mejorar el proceso.

### 2.3.1.2.2. Gráficos de control tipo c

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo c para muestreos por atributos en las líneas de reenvase de líquidos y polvos.

Ejemplo 4. Elaboración de los gráficos de control del tipo c en la línea de reenvase de líquidos, para el punto crítico del sello de la unidad.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. Ídem paso 1 ejemplo 1.

Para la línea de líquidos el tamaño del lote corresponde a 5 000 unidades.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 1.

Para un tamaño de lote de 5 000 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra M. De acuerdo a la figura 12 para la letra M corresponde un tamaño de muestra de 50 unidades.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (defecto de sello, defecto de peso, defecto de apariencia). Para ello se procede con un muestreo aleatorio de 10 unidades inspeccionadas en la línea, en períodos de 2 horas de supervisión completando al final del día 5 horas de inspección, teniendo así un total de 50 unidades inspeccionadas.

A cada unidad se le revisa su peso neto y se verifica si se encuentra dentro de los límites, de ser así cumple, así también se le revisa el sello este no debe poseer fugas, desprendimientos ni estar quemado para cumplir; y finalmente la apariencia debe ser buena para cumplir, por lo que se tabula de acuerdo a la tabla XV.

Tabla XV. **Resultados de la inspección en área de líquidos**

Inspección del sellado										
Hora de inspección	Observación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	1	0	0	0	1	2	0	3	0
2	0	3	2	1	3	0	0	0	0	3
3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4	1	0	3	0	3	0	0	0	1	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: datos obtenidos el 18 de mayo de 2012, área de líquidos.

- Paso 4. Calcular el total de no conformidades. Para cada grupo de observaciones se procede a calcular el total de no conformidades, mediante una suma de las no conformidades.
- Paso 5. Calcular el promedio de no conformidades. Establecer el valor promedio de las no conformidades con la siguiente fórmula.  $NC' = NC/N$  donde N es el número de grupos de observaciones.

Para la tabla XV el promedio de no conformidades es  $NC' = (3 + 4 + 7 + 1 + 6 + 1 + 2 + 0 + 5 + 4)/10 = 3,3$  en promedio.

Tabla XVI. **Total de no conformidades en área de líquidos**

Inspección del sellado										
Hora de inspección	Observación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	1	0	0	0	1	2	0	3	0
2	0	3	2	1	3	0	0	0	0	3
3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
4	1	0	3	0	3	0	0	0	1	0
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Suma	3	4	7	1	6	1	2	0	5	4

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XV.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Se calculan los límites de control tanto superior como inferior de acuerdo a las siguientes ecuaciones.  $LSC = NC' + 3\sqrt{NC'}$  y  $LIC = NC' - 3\sqrt{NC'}$  donde  $NC'$  es el promedio de no conformidades.

Para los datos de la tabla XVI, los límites de control superior e inferior serían  $LSC = NC' + 3\sqrt{NC'} = 3,3 + 3\sqrt{3,3} = 8,7498$ .  $LIC = NC' - 3\sqrt{NC'} = 3,3 - 3\sqrt{3,3} = -2,1498$  de límites.

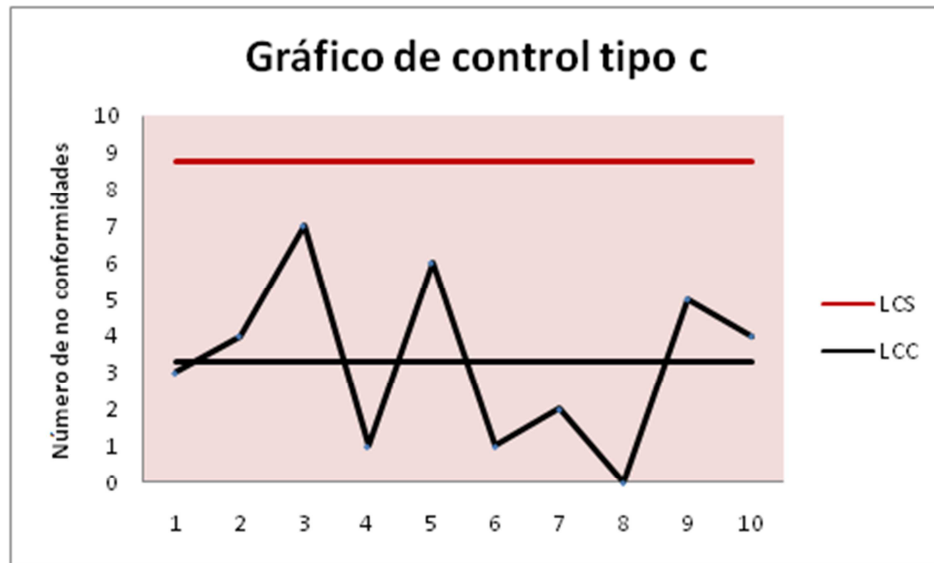
Tabla XVII. **Cálculo de límites de control de la tabla XVI**

Hora de inspección	Observación									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Suma	3	4	7	1	6	1	2	0	5	4
LCS	8,749	8,7498	8,7498	8,7498	8,7498	8,7498	8,749	8,7498	8,7498	8,7498
LCC	3,300	3,3000	3,3000	3,3000	3,3000	3,3000	3,300	3,3000	3,3000	3,3000
LCI	-2,19	-2,149	-2,149	-2,149	-2,149	-2,149	-2,14	-2,149	-2,149	-2,149

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XVI.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo c. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 16. **Gráfico de control tipo c en reenvase de líquidos**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XV.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 16 se puede observar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, debido a esto se puede decir que no hay ninguna causa especial de variación en el proceso por lo tanto no existe alguna fracción que esta fuera de conformidad, y el proceso es estadísticamente predecible.

Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo, es por ello que es necesario iniciar actividades tentativas de control contra las anomalías fijando líneas temporales de control, y al mismo tiempo mejorar el proceso. A pesar del incumplimiento de ciertos parámetros, finalmente la línea estuvo bajo control.

### **2.3.2. Gráfico de control del proceso de formulaciones líquidas**

A continuación se presenta la metodología para poder desarrollar gráficos de control de los procesos de formulación de líquidos. Debido a que la calidad de este proceso queda definida únicamente mediante un solo parámetro de aceptación o rechazo definido por la concentración del producto formulado siempre que esté dentro de los límites de especificación, para este proceso es únicamente aplicable los gráficos de control por atributos del tipo P, en donde existe una única causa de aprobación o rechazo.

#### **2.3.2.1. Gráfico de control por variables**

Debido a que las formulaciones realizadas en esta línea de producción son de naturaleza variante, es decir puede formularse diferentes productos a la vez; ninguno de los puntos de control de carácter cuantitativo puede ser comparado entre sí. Es por ello que entre una serie de lotes formulados no puede realizarse un gráfico de control por variables. Por lo tanto este tipo de muestreo no es aplicable a la línea.

### **2.3.2.2. Gráfico de control por atributos**

A continuación se presenta la metodología para desarrollar gráficos de control por atributos dentro de la línea de producción de formulaciones líquidas. Siendo aplicables por la naturaleza de los atributos, únicamente los gráficos de control tipo P.

#### **2.3.2.2.1. Gráficos de control tipo P**

Siendo los puntos de control en esta área, las cargas de la formulación, tiempos de agitación y análisis del producto; variables de carácter cuantitativo que únicamente pueden compararse con un valor teórico o esperado y no entre los resultados de una serie de formulaciones sucesivas. Es por ello que se utiliza como punto de comparación para gráficos de control el análisis químico del producto formulado, ya que en el resultado de este se verá reflejado el cumplimiento de los puntos de control ya mencionados.

Siendo el análisis químico del producto una variable decisiva para la aprobación o rechazo del mismo, y siendo esta una variable cualitativa, se pueden utilizar los gráficos de control por atributos tipo p, por lo cual se detalla el procedimiento general para desarrollar este tipo de gráficos.

Ejemplo 5. Elaboración de los gráficos de control del tipo P en la línea de formulación de líquidos, para el punto crítico de control análisis del producto formulado.

- Paso 1. Determinación del tamaño de la muestra. Se procede a establecer el tamaño de la muestra en base al número de formulaciones analizadas que se quieren someter a evaluación.



En vista que en esta línea de producción se formula a razón de 3 lotes diarios se procederá a someter una muestra a evaluación de la cantidad de lotes formulados en una semana, este valor asciende a 15 lotes formulados.

- Paso 2. Recabar la información de la variable a analizar (análisis del producto formulado). Para ello se toman los datos de referencia obtenidos por el laboratorio central de la planta del análisis de las formulaciones producidas en una semana de trabajo. Siendo estos 15 lotes de producto formulado.

Tabla XVIII. **Resultados de calidad en formulaciones líquidas**

<b>Gráfico P</b>		
<b>Día</b>	<b>Defectos</b>	<b>Total de lotes formulados</b>
1	0	2
2	1	3
3	0	1
4	0	1
5	1	1
6	0	3
7	0	1
8	0	1
9	0	1
10	0	1
11	0	2
12	0	1
13	1	1
14	0	1
15	2	2

Fuente: laboratorio de calidad, primera semana de junio 2012.

- Paso 3. Calcular la proporción de defectos. Ídem paso 4 Ejemplo 3.

Para la fila 1 de la tabla XVII se tiene una proporción de  $p = D/N = 0/2 = 0,0$  fracción de defectos.

- Paso 4. Cálculo del promedio de las proporciones de defectos. Ídem paso 5 ejemplo 3.

De acuerdo a los datos de la tabla XIX se tiene  $p' = \sum P_i/n = (0 + 0,33 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 1) / 15 = 0,22$  de proporción.

Tabla XIX. **Cálculo de P de la tabla XVIII**

<b>Gráfico P</b>			
<b>Día</b>	<b>Defectos</b>	<b>Total de lotes formulados</b>	<b>P</b>
1	0	2	0
2	1	3	0,33
3	0	1	0
4	0	1	0
5	1	1	1
6	0	3	0
7	0	1	0
8	0	1	0
9	0	1	0
10	0	1	0
11	0	2	0
12	0	1	0
13	1	1	1
14	0	1	0
15	2	2	1

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XVIII.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Ídem paso 6 ejemplo 3.

Para los datos de la tabla XVIII en base a los resultados de la tabla XIX, los límites de control superior e inferior serian  $LCS = p' + 3\sqrt{(p'*(1-p')/n)} = 0,22 + 3\sqrt{(0,22*(1-0,22)/15)} = 0,3270$ .  $LCC = p' = 0,22$ .  $LCI = p' - 3\sqrt{(p'*(1-p')/n)} = 0,22 - 3\sqrt{(0,22*(1-0,22)/15)} = 0,1130$  de límites de control.

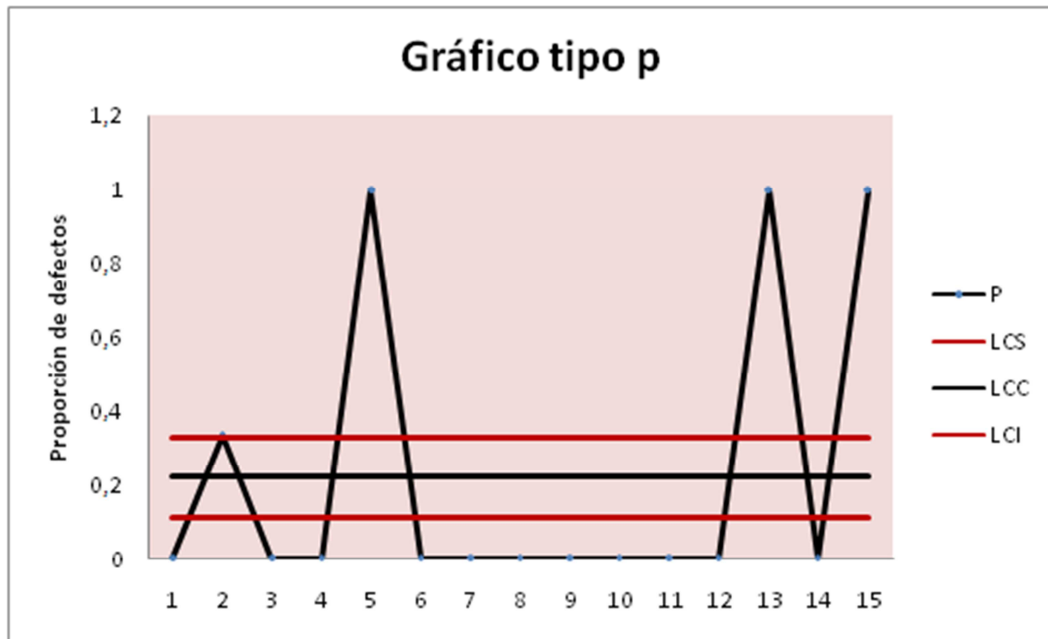
Tabla XX. **Cálculo de los límites de control de la tabla XIX**

Gráfico P						
Día	Defectos	Total de lotes formulados	P	LCS	LCC	LCI
1	0	2	0	0,3270	0,2200	0,1130
2	1	3	0,3333	0,3270	0,2200	0,1130
3	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
4	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
5	1	1	1	0,3270	0,2200	0,1130
6	0	3	0	0,3270	0,2200	0,1130
7	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
8	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
9	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
10	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
11	0	2	0	0,3270	0,2200	0,1130
12	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
13	1	1	1	0,3270	0,2200	0,1130
14	0	1	0	0,3270	0,2200	0,1130
15	2	2	1	0,3270	0,2200	0,1130
		promedio	0,2222			

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XIX.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo p. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 17. **Gráfico de control tipo P en formulaciones líquidas**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XX.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 17 se puede observar claramente que el proceso de formulación de líquidos no ha estado bajo control estadístico ya que hay diversos factores que ocasionan la pérdida de control a lo largo de la semana de producción.

Esto quiere decir que hay más de alguna causa especial de variación en el proceso por lo tanto existe alguna fracción que esta fuera de conformidad, y el proceso no es estadísticamente predecible.

Para este proceso debería realizarse una observación de las características de cada uno de los productos formulados en torno a su naturaleza, proceso y operarios, de modo de establecer cuáles son las causas más repetitivas que ocasionan productos no conformes. Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo, es por ello que es necesario iniciar actividades tentativas de control contra las anomalías fijando líneas temporales de control, y al mismo tiempo mejorar el proceso.

### **2.3.3. Gráfico de control del proceso de formulación de granulados**

A continuación se describe la metodología para realizar gráficos de control dentro de la línea de formulación y reenvase de granulados detallando el procedimiento que debe llevarse a cabo para la construcción e interpretación de los mismos. La naturaleza de este proceso permite una evaluación tanto con gráficos de control por atributos primordialmente, y por variables para el análisis de las concentraciones de activos del mismo producto en una serie de formulaciones. Por lo tanto son aplicables los gráficos tipo P, X y R.

### **2.3.3.1. Gráfico de control por variables**

Al igual que en la línea de formulaciones líquidas, la línea de formulación de granulados posee diferentes puntos de control de carácter cuantitativo, tanto en su proceso de formulación como en el reenvase, con la salvedad de que estos valores si pueden compararse entre una serie de lotes formulados siempre y cuando estos sean de la misma naturaleza; esto debido a que en el proceso las formulaciones se realizan en una serie sucesiva de formulaciones de la misma naturaleza.

Dentro del proceso mismo de formulación se puede tomar como punto de comparación de los puntos de control de cargas de materiales y tiempo de homogenización, el análisis químico del producto formulado, ya que este será al igual que en la línea de formulaciones líquidas la variable de aprobación o rechazo del lote en base al cumplimiento de los puntos de control ya mencionados.

En vista que ésta es una variable cuantitativa son aplicables los gráficos de control por variables del tipo X y R, los primeros para establecer el comportamiento de la media de los resultados del análisis químico del producto y los segundos para establecer el rango de los mismo con la finalidad de conocer la variación, por lo cual se detalla el procedimiento general para desarrollar este tipo de gráficos.

### 2.3.3.1.1. Gráficos de control tipo X

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo X para muestreos por variables en las líneas de formulación de granulados.

Ejemplo 6. Elaboración de los gráficos de control del tipo X en la línea de granulados, para la variable de comparación del análisis químico del producto formulado.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. El tamaño del lote se determina en base a la cantidad diaria de formulaciones granuladas que se obtienen, el cual ha sido fijado por producción y es el siguiente.

Tabla XXI. Niveles de producción por día en área de granulados

No.	Línea	Producción diaria
1	Granulados 1	7 lotes
2	Granulados 2	12 lotes

Fuente: extraído de estudio de capacidad instalada de planta. p. 42.

Para la línea de granulados 1 se tiene un tamaño de muestra de 7 lotes.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 1.

Para un tamaño de lote de 7 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra B.

De acuerdo a la figura 12 del ejemplo 1 para la letra B corresponde un tamaño de muestra de 3 unidades muestréales, y para efectos de comparación se procederá a observar el comportamiento de los resultados de 8 días de formulación continua, correspondientes a una quincena de producción.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (análisis químico del lote formulado). Para ello se procede con la revisión de los análisis químicos realizados por el laboratorio central de la planta en un día de producción.

A cada unidad se le revisa el resultado de su análisis químico y se tabula de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Resultados de calidad en formulaciones de granulados**

<b>Gráfico X</b>			
<b>Día</b>	<b>Muestras</b>		
1	15,43	15,71	15,45
2	15,64	15,32	15,48
3	15,67	15,42	15,64
4	15,84	13,88	15,70
5	15,57	13,94	15,61
6	15,56	15,57	15,41
7	15,48	15,25	15,62
8	15,42	15,25	15,36

Fuente: laboratorio de calidad, segunda quincena de junio 2012.



- Paso 4. Establecer los promedios de cada inspección y el promedio general. Ídem paso 4 ejemplo 1.

Para la columna 1 de la tabla XXII se tiene un promedio de  $x = (15,43 + 15,71 + 15,45)/3 = 15,53$ . El promedio total de todos los datos es:  $X = (15,53 + 15,48 + 15,58 + 15,14 + 15,04 + 15,51 + 15,45 + 15,34)/8 = 15,38$  en promedio.

Tabla XXIII. **Cálculo del promedio de la tabla XXII**

Gráfico X				
Día	Muestras			Promedio
1	15,43	15,71	15,45	15,53
2	15,64	15,32	15,48	15,48
3	15,67	15,42	15,64	15,58
4	15,84	13,88	15,7	15,14
5	15,57	13,94	15,61	15,04
6	15,56	15,57	15,41	15,51
7	15,48	15,25	15,62	15,45
8	15,42	15,25	15,36	15,34
Promedio total				15,38

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XXII.

- Paso 5. Establecimiento de la desviación estándar de los datos. Ídem paso 5 ejemplo 1.

Para la fila 1 de la tabla XXII se tiene  $\sigma = 0,1562$ . El promedio total de  $\sigma$  se obtiene de acuerdo al paso 4 del ejemplo 1.

Tabla XXIV. **Cálculo de la desviación estándar tabla XXIII**

Gráfico X					
Día	Muestras			Promedio	s
1	15,43	15,71	15,45	15,53	0,1562
2	15,64	15,32	15,48	15,48	0,1600
3	15,67	15,42	15,64	15,58	0,1365
4	15,84	13,88	15,7	15,14	1,0934
5	15,57	13,94	15,61	15,04	0,9528
6	15,56	15,57	15,41	15,51	0,0896
7	15,48	15,25	15,62	15,45	0,1868
8	15,42	15,25	15,36	15,34	0,0862
			promedio	15,38	0,3577

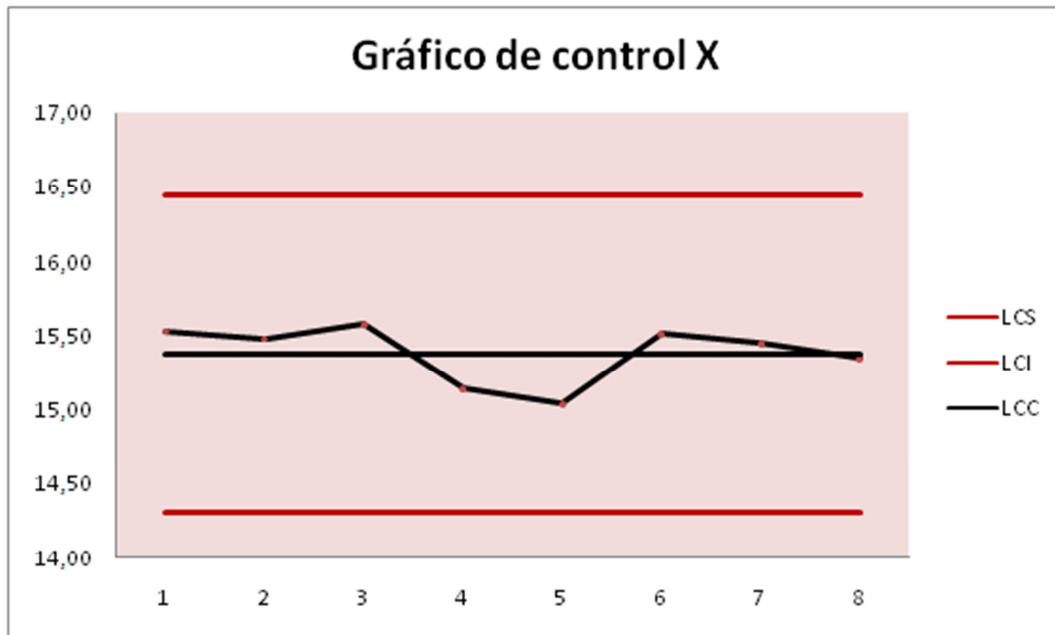
Fuente: datos calculados a partir de la tabla XXII.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Ídem paso 6 ejemplo 1.

Para los datos de la tabla XXII en base a los resultados de la tabla XXIV, los límites de control superior e inferior serían  $LCS = X + 3\sigma = 15,38 + 3(0,3577) = 16,4531$ .  $LCI = X - 3\sigma = 15,38 - 3(0,3577) = 14,3069$  de límites de control.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo X. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 18. Gráfico de control tipo X de formulaciones granuladas



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XXIV.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 18 se puede observar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto el proceso general ha estado bajo control estadístico, lo cual indica que no hay causas que aporten variación al proceso.

### 2.3.3.1.2. Gráficos de control tipo R

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo R para muestreos por variables en las líneas de formulación de granulados.

Ejemplo 7. Elaboración de los gráficos de control del tipo R en la línea de formulación de granulados, para el punto de comparación análisis químico del producto.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. Ídem paso 1 ejemplo 6.

Para la línea de granulados 1 se tiene un tamaño de muestra de 7 lotes.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 6.

Para un tamaño de lote de 7 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra B. De acuerdo a la figura 12 del ejemplo 1 para la letra B corresponde un tamaño de muestra de 3 unidades muestrales, y para efectos de comparación se procederá a observar el comportamiento de los resultados de 8 días de formulación continua, correspondientes a una quincena de producción.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (análisis químico del producto). Ídem paso 3 ejemplo 6.

A cada unidad se le revisa el resultado del análisis químico y se tabula de acuerdo a la tabla XXII.

- Paso 4. Establecer los rangos de de cada inspección y el promedio general. Ídem paso 4 ejemplo 2.

Para la fila 1 de la tabla XXII se tiene un rango de  $r = (\max - \min) = 15,71 - 15,43 = 0,28$ . El promedio de los rangos se calcula de acuerdo al paso 4 del ejemplo 1.  $R = 0,65$  de rango.

Tabla XXV. **Cálculo de rangos de la tabla XXII**

Gráfico R				
Día	Muestras			Rango
1	15,43	15,71	15,45	0,28
2	15,64	15,32	15,48	0,32
3	15,67	15,42	15,64	0,25
4	15,84	13,88	15,7	1,96
5	15,57	13,94	15,61	1,67
6	15,56	15,57	15,41	0,16
7	15,48	15,25	15,62	0,37
8	15,42	15,25	15,36	0,17
promedio				0,65

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XXIII.

- Paso 5. Establecimiento de la desviación estándar de los datos. Ídem paso 5 ejemplo 1.

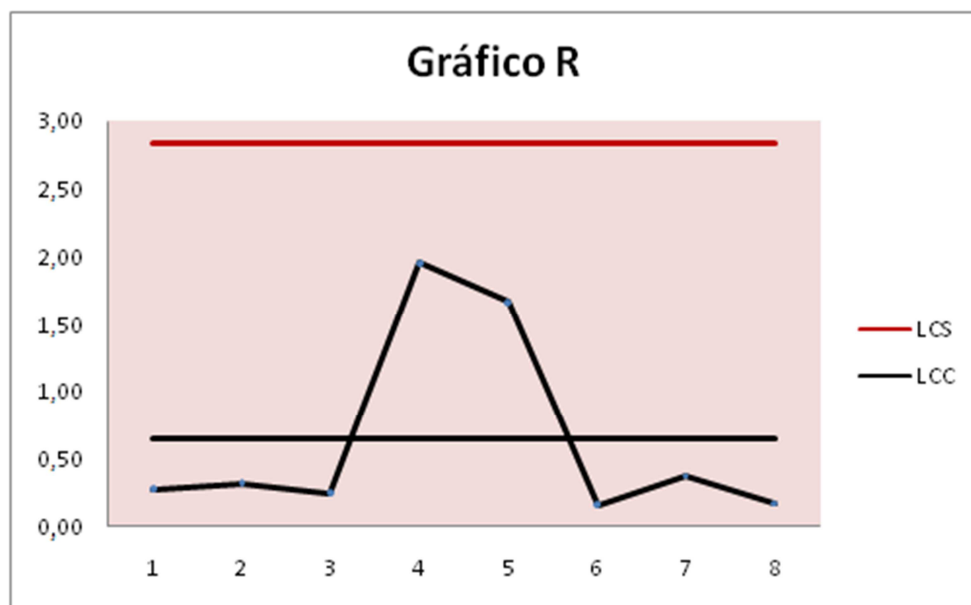
Para la tabla XXV se tiene  $\sigma = 0,7281$  de desviación estándar.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Ídem paso 6 ejemplo 2.  $LCS = R + 3\sigma$  donde LCS es el límite de control superior y  $LCI = R - 3\sigma$  donde LCI es el límite de control inferior.

Para los datos de la tabla XXV en base a los resultados de la tabla XI, los límites de control superior e inferior serían  $LCS = R + 3\sigma = 0,65 + 3(0,7281) = 2,83$ .  $LCI = X - 3\sigma = 0,65 - 3(0,7281) = -1,53$  de límites de control.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo R. Ídem paso 7 ejemplo 1.

Figura 19. **Gráfico de control tipo R. Resultados de formulaciones**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XXV.

- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Ídem paso 8 ejemplo 1.

De acuerdo a la figura 19 se puede observar que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, por lo tanto el proceso general ha estado bajo control estadístico, razón por lo cual se puede decir que el proceso es predecible y que la variación de los resultados que se han obtenidos es por alguna causa del proceso mismo, y no puede ser corregida.

Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo.

### **2.3.3.2. Gráficos de control por atributos**

En el caso de la evaluación de los resultados de formulación, también pueden aplicarse los gráficos de control por atributos, ya que esta es una variables plenamente cualitativa; en vista que solo puede existir un criterio de aceptación o rechazo para esta variable, son aplicables los gráficos de control del tipo P siendo el criterio de aprobación o rechazo el resultado dentro de los límites permitidos. A continuación se detalla el desarrollo de estos gráficos.

#### **2.3.3.2.1. Gráficos de control tipo P**

A continuación se presenta el procedimiento para poder desarrollar los gráficos de control del tipo P para muestreos por atributos en las líneas formulación de granulados.

Ejemplo 9. Elaboración de los gráficos de control del tipo P en la línea de formulación de reenvase de líquidos, para el punto crítico del sello de la unidad.

- Paso 1. Determinación del tamaño del lote. Ídem paso 1 ejemplo 8.

Para la línea de granulados 1 se tiene un tamaño de muestra de 7 lotes.

- Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra. Ídem paso 2 ejemplo 1.

Para un tamaño de lote de 7 y tratándose de un muestreo normal (columna IV) corresponde la letra B. De acuerdo a la figura 12 del ejemplo 1 para la letra B corresponde un tamaño de muestra de 3 unidades muestréales, y para efectos de comparación se procederá a observar el comportamiento de los resultados de 8 días de formulación continua, correspondientes a una quincena de producción.

- Paso 3. Recabar la información de la variable a analizar (resultado del análisis del activo).

A cada unidad se le revisa su resultado de análisis para establecer si queda dentro de los límites, para establecer si hay unidades con defecto o no y se tabula de acuerdo a la tabla XXVI presentada a continuación.

- Paso 4. Calcular la proporción de defectos. Ídem paso 4 ejemplo 4.

Para la fila 1 de la tabla XXVI se tiene una proporción de  $p = D/N = 0/7 = 0$  fracción de defectos.

- Paso 5. Cálculo del promedio de las proporciones de defectos. Ídem paso 5 ejemplo 4,  $p' = \sum P_i/n$  donde n es el número de grupos observados.

De acuerdo a los datos de la tabla XXVII se tiene  $p' = \sum P_i/n = (0,00 + 0,143 + 0,286 + 0,00 + 0,143 + 0,00 + 0,571 + 0,143) / 8 = 0,1610$  de proporción de defectos.



Tabla XXVI. **Resultados de calidad en formulaciones de granulados**

Gráfico P		
Día	Defectos	Total
1	0	7
2	1	7
3	2	7
4	0	7
5	1	7
6	0	7
7	4	7
8	1	7

Fuente: laboratorio de calidad, segunda semana de junio 2012.

Tabla XXVII. **Cálculo del valor de la proporción P de la tabla XXVI**

Gráfico P			
Día	Defectos	Total	P
1	0	7	0,000
2	1	7	0,143
3	2	7	0,286
4	0	7	0,000
5	1	7	0,143
6	0	7	0,000
7	4	7	0,571
8	1	7	0,143

Fuente: datos calculados a partir de la tabla XXVI.

- Paso 6. Calcular los límites de control superior e inferior. Ídem paso 6 ejemplo 4.

Para los datos de la tabla XXVI en base a los resultados de la tabla XXVII, los límites de control superior e inferior serían  $LCS = p' + 3\sqrt{p'(1-p')/n} = 0,1610 + 3\sqrt{(0,1610*(1-0,1610')/7)} = 0,2909$ .  $LCC = p' = 0,1610$ .  $LCI = p' - 3\sqrt{p'(1-p')/n} = 0,1610 - 3\sqrt{(0,1610*(1-0,1610')/7)} = 0,0311$  de límites de control.

Tabla XXVIII. **Cálculo de los límites de control de la tabla XIII**

Gráfico P						
Día	Defectos	Total	P	LCS	LCC	LCI
1	0	7	0,000	0,2909	0,1610	0,0311
2	1	7	0,143	0,2909	0,1610	0,0311
3	2	7	0,286	0,2909	0,1610	0,0311
4	0	7	0,000	0,2909	0,1610	0,0311
5	1	7	0,143	0,2909	0,1610	0,0311
6	0	7	0,000	0,2909	0,1610	0,0311
7	4	7	0,571	0,2909	0,1610	0,0311
8	1	7	0,143	0,2909	0,1610	0,0311

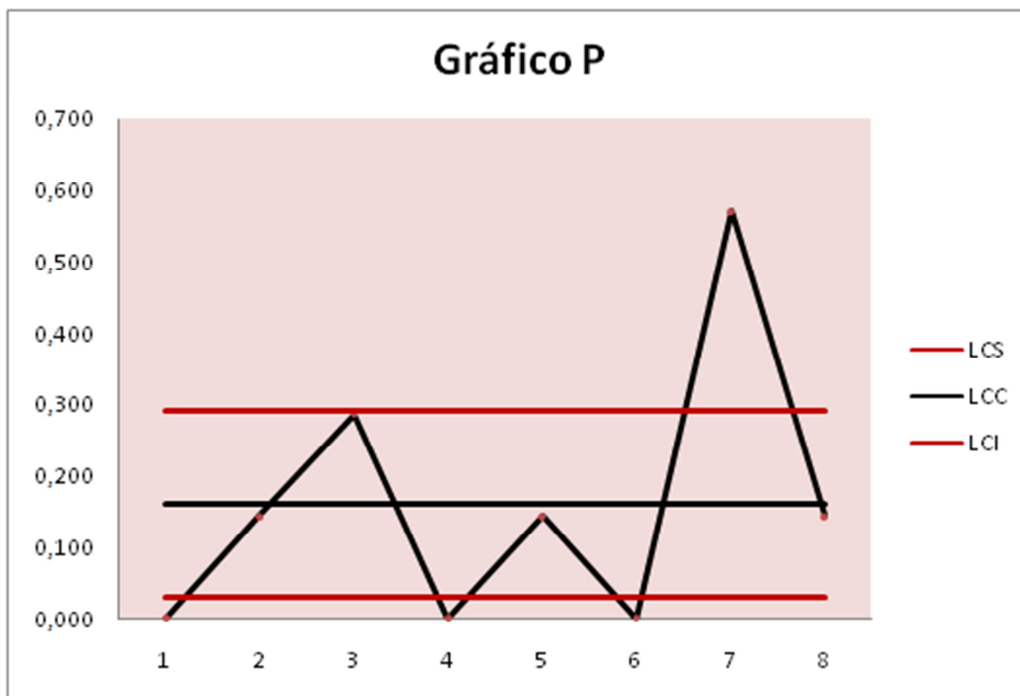
Fuente: datos calculados a partir de la tabla XXVII.

- Paso 7. Elaborar los gráficos de control tipo p. Ídem paso 7 ejemplo 1.
- Paso 8. Análisis del gráfico de control. Se procede a analizar el comportamiento del gráfico de control.

De acuerdo a la figura 20 se puede observar que no todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control, debido a esto se puede decir que hay más de alguna causa especial de variación en el proceso por lo tanto existe alguna fracción que esta fuera de conformidad, y el proceso no es estadísticamente predecible.

Cabe destacar que el proceso debe ser monitoreado constantemente para mantener el control del mismo, es por ello que es necesario iniciar actividades tentativas de control contra las anomalías fijando líneas temporales de control, y al mismo tiempo mejorar el proceso.

Figura 20. **Gráfico de control tipo P en formulación de granulados**



Fuente: elaboración propia con datos de la tabla XXVIII.

## **2.4. Establecimiento de las especificaciones de calidad**

Como estrategia para minimizar los efectos negativos en la calidad que ocasiona la falta de especificaciones adoptadas de la materia prima y los productos terminados con el fin establecer para establecer el margen en el que un producto sea conforme o no conforme se desarrollan las especificaciones de calidad que deben adoptarse basadas en el establecimiento de un punto de equilibrio entre normativas legales, capacidad de equipos y personal, costos de operación.

### **2.4.1. Especificaciones de calidad del proceso**

A continuación se detallan las especificaciones de calidad a adoptar en cada uno de los procesos productivos, así como los criterios que deben adoptarse para garantizar la calidad de los productos.

#### **2.4.1.1. Especificaciones en reempaque de polvos y líquidos**

Debido a que los puntos de comparación o de estudio en los procesos serán los puntos críticos de control ya determinados, se definen las especificaciones de estos. Para el cumplimiento del peso declarado en la unidad, resulta conveniente asignar un rango o límites de llenado ya sea de forma másica o volumétrica.

Para estas áreas de reenvase y reempaque de polvos y líquidos se trabajará con llenados másicos ya que resulta más fácil de comprobar con una balanza.

Para el establecimiento de los límites de llenado se parte de la normativa guatemalteca COGUANOR NGO 49 015, en la cual se establecen rangos de variación del peso en una unidad re envasada entre 10 por ciento a 2 por ciento de la masa declarada, por criterios de aprovechamiento de producto y aumento de la precisión y exactitud del llenado se hará una reducción de los mismos de la siguiente manera.

Tabla XXIX. **Especificaciones de calidad en pesado de líquidos**

Presentación	Peso Neto (g) (PN)	Límite superior (g)	Límite inferior (g)
100 cc Y 120 cc	Densidad a 20°C x Volumen Requerido	PN + 2,50	PN - 20
250 cc Y 280 cc		PN + 3,25	PN - 3,25
500 cc		PN + 5,50	PN - 5,50
1 L		PN + 8,00	PN - 8,00
3,785 L		PN + 21,25	PN - 21,25
5 L		PN + 28,75	PN - 28,75
10 L		PN + 42,50	PN - 42,50
20 L		PN + 57,50	PN - 57,50
200 L		PN + 100,00	PN - 100,00

Fuente: disminución de rangos cuadro 3, COGUANOR NGO 49 015.

Tabla XXX. **Especificaciones de calidad en pesado de polvos**

Presentación	Peso Neto (g) (PN)	Límite superior (g)	Límite inferior (g)
≤ 100 g	Peso declarado	PN + 2,00	PN - 2,00
> 100 g y ≤ 400 g		PN + 4,00	PN - 4,00
> 400 g y ≤ 500 g		PN + 5,00	PN - 5,00
> 500 g y ≤ 800 g		PN + 8,00	PN - 8,00
> 800 g y ≤ 1500 g		PN + 10,00	PN - 10,00
> 1500 g y ≤ 1810 g		PN + 14,00	PN - 14,00
> 1810 g y ≤ 4000 g		PN + 20,00	PN - 20,00
> 4000 g y ≤ 10 Kg		PN + 36,00	PN - 36,00
> 10 Kg y ≤ 25 Kg		PN + 125,00	PN - 125,00
> 25 Kg		PN+150,00	PN - 150,00

Fuente: disminución de rangos cuadro 3, COGUANOR NGO 49 015.

Otro punto de control de esta línea resultó ser el sellado de las bolsas o de los envases, para crear un punto de comparación para la aprobación o rechazo se tomará como especificación el cumplimiento de las siguientes condiciones, condiciones que fueron establecidas mediante la observación de los procesos para garantizar el buen sellado.

- El sello no debe tener fugas
- El sello no debe estar quemado
- El sello no debe estar raspado, arrugado o manchado
- En el caso de los empaques el sello no debe quedar traslapado

Finalmente el tercer punto crítico de control establecido en esta línea fue la apariencia de las unidades, y como criterios para la aprobación o rechazo se tomará el cumplimiento de las siguientes condiciones, condiciones que fueron establecidas de acuerdo a la observación de los procesos para garantizar una buena apariencia.

- La etiqueta no debe de tener más de 0,5 centímetros de traslape
- Las etiquetas, bolsas y envases no deben estar sucios o con manchas
- Los envases no deben estar apachados
- Los lotes deben ser legibles
- Las etiquetas y bolsas no deben tener arrugas o roturas

### 2.4.1.2. Especificaciones en formulaciones líquidas y granuladas

Dado que se estableció en los puntos anteriores que la calidad de las formulaciones líquidas y granuladas es medida principalmente por el resultado del análisis de la concentración de activo en torno al cumplimiento del valor obtenido en el análisis químico del laboratorio.

Se definen las especificaciones tomando como referencia la Norma COGUANOR NGO 44 087, que establece las tolerancias máximas y mínimas de un porcentaje de activo declarado.

Tabla XXXI. Especificaciones de calidad para formulaciones

Contenido declarado en gramos por kilogramo o gramos por litro a 20°C ± 2°C	Tolerancia
Hasta 25	± 15% del contenido declarado en formulaciones homogéneas. ± 25% en formulaciones heterogéneas.
Más de 25 hasta 100	± 10% del contenido declarado
Más de 100 hasta 250	± 6% del contenido declarado
Más de 250 hasta 500	± 5% del contenido declarado
Más de 500	± 25 g/kg ó g/L
El valor inferior de cada intervalo pertenece a la clase anterior.	

Fuente: COGUANOR NGO 44 087.

#### **2.4.2. Especificaciones de calidad de materias primas y materiales**

En el caso de las materias primas y materiales, que deben ser evaluados antes de entrar a los procesos productivos para garantizar la calidad, se tomará como especificaciones los criterios definidos en los certificados de calidad dispuestos por los proveedores.

#### **2.5. Generación de sistemas de registro y colección de datos**

Como estrategia para minimizar los efectos negativos en la calidad que ocasiona la mano de obra no llevando los registro de las operaciones realizadas ni de las condiciones en las que va la producción, se desarrollan los puntos siguientes para la generación de sistemas de registro y colección de datos.

Para facilitar el registro y colección de datos de procesos se presentan los siguientes formatos y cuadros de registros del tipo lista de verificación, que facilitan la tabulación y recolección de los mismos.

##### **2.5.1. Registros de procesos**

Con el propósito de llevar un registro de la ocurrencia de un proceso producto, se proponen llevar los siguientes formatos en cada línea de producción para poder dar una garantía y trazabilidad del proceso y así poder rastrear cualquier error suscitado.



### **2.5.1.1. Formulaciones líquidas**

El supervisor de la línea de formulaciones líquidas deberá llevar el registro para trazar el proceso completo de formulación, este lo deberá llevar en un libro de actas anotando los siguientes datos: nombre del producto, número de lote y orden, lotes de materiales a utilizar, detalle de cada una de las cargas por diferencia de pesos, tiempos de proceso, esto lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos.

### **2.5.1.2. Formulaciones granuladas**

El supervisor de la línea de formulaciones granuladas deberá llevar el registro para trazar el proceso completo de formulación, este lo deberá llevar en un libro de actas anotando los siguientes datos: nombre del producto, número de lote y orden, lotes de materiales a utilizar, detalle de cada una de las cargas por diferencia de pesos, tiempos de proceso, esto lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos.

### **2.5.1.3. Reenvases de líquidos y polvos**

El supervisor de la línea de reenvases ya sea de líquidos o polvos deberá llevar el registro para trazar el proceso completo de reenvase, este lo deberá llevar en un libro de actas anotando los siguientes datos: nombre del producto, número de lote y orden, límites de llenado, registro de calibraciones de selladora y llenadora, tiempos de proceso; esto lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos.


## 2.5.2. Registros de control de procesos

Cada uno de los procesos deben ser monitoreados aleatoriamente por el personal de control de calidad, para poder obtener datos y registros que puedan servir de trazado de los procesos así como datos que puedan analizarse estadísticamente. Para ello se presentan los siguientes formatos.

### 2.5.2.1. Formulaciones líquidas

El personal de control de calidad deberá supervisar de forma aleatoria la línea de formulaciones granuladas y deberá llevar el siguiente registro para trazar el proceso completo de formulación, y lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos que se presentan en el formato.

Figura 21. Hoja del proceso de formulaciones líquidas propuesta

	REGISTRO DE CALIDAD		FORMULACIÓN DE LÍQUIDOS		Código:	
	Elaborado por		Aprobado por		RE-CC-202	
Aseguramiento de Calidad MENPHIS REYES	Fecha: 11/01/13	Gerente de Planta	Fecha:	Versión 1		

**PRODUCTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE PRODUCCIÓN:** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

**LOTE** \_\_\_\_\_ **KG/L** \_\_\_\_\_

	ESPERADO	REAL	RENDIMIENTO
<b>PREPARACIÓN</b>	Realizado Por	Revisado Por	
Las materias primas y lotes corresponden según la orden de producción			
Los materiales de empaque, etiquetas, bolsas, panfletos, envases, etc., corresponden según la orden de producción			
Las balanzas para el peso de los activos están calibradas y cuentan con el aval de control de calidad			

**FORMULACIÓN**

**Activo 1** \_\_\_\_\_ **Solvente 1** \_\_\_\_\_

**Activo 2** \_\_\_\_\_ **Solvente 2** \_\_\_\_\_

MP	ACTIVO			SOLVENTES Y OTROS			FIRMA
	INICIO	FIN	NETO	INICIO	FIN	NETO	

Continuación de la figura 21.

PROCESO						
ETAPA	INICIO	FIN	OBSERVACIONES			

ANÁLISIS						
ANÁLISIS	RESULTADO	OBSERVACIÓN				

EMPAQUE						
Hora	Peso	SELLO	Etiquetado	Embalaje	Realizado Por	Revisado Por

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.2.2. Formulaciones granuladas

El supervisor de la línea de formulaciones granuladas deberá llevar el siguiente registro para trazar el proceso completo de formulación, y lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos que se presentan en el formato.

Figura 22. Hoja del proceso de formulaciones granuladas propuesta

	<b>REGISTRO DE CALIDAD</b>		<b>FORMULACIÓN DE GRANULADOS</b>		Código:
	Elaborado por		Aprobado por		RE-CC-204
	Aseguramiento de Calidad Menphis Reyes	Fecha: 11/01/13	Gerente de Planta	Fecha:	Versión 1

**PRODUCTO:** \_\_\_\_\_

**ORDEN DE PRODUCCIÓN:** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

**Lote** \_\_\_\_\_

PREPARACIÓN	Realizado Por	Revisado Por
Las materias primas y lotes corresponden según la orden de producción		
Los materiales de empaque, etiquetas, bolsas, panfletos, envases, etc., corresponden según la orden de producción		
Las balanzas para el peso de los activos están calibradas y cuentan con el aval de control de calidad		

Continuación de la figura 22.

**FORMULACIÓN**

Activo 1 \_\_\_\_\_ Solvente 1 \_\_\_\_\_  
 Activo 2 \_\_\_\_\_ Solvente 2 \_\_\_\_\_

BATCH	ACTIVO			SOLVENTES Y OTRAS MP			Visto Bueno
	INICIO	FIN	NETO	INICIO	FIN	NETO	

**Inerte** \_\_\_\_\_

BATCH	INICIO	FIN	NETO	INICIO	FIN	NETO	Vo. Bo.
				PREMEZCLA			
				IMPREGNACIÓN			
				HOMOGENIZACIÓN			

**EMPAQUE**

Hora	Peso	Sellado Bolsa Liner	Sellado Bolsa Kraft	Etiquetado	Embalaje	Realizado Por	Revisado Por

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.2.3. Reenvases de líquidos y polvos

El supervisor de la línea de reenvases de líquidos y polvos deberá llevar el siguiente registro para trazar el proceso completo de formulación, y lo deberá llenar en tiempo con valores reales de cada uno de los campos que se presentan en el formato.

Figura 23. Hoja del proceso de reenvases propuesta

	ORDEN	1	2	3	4	5	6	7	8	Realizado	Revisado Por
Calibración de la Llenadora											
Calibración de la Selladora de Inducción											
Los lotes de granero corresponden según la orden y están aprobados por cc											
Etiquetas, parrillos, cajas corresponden según la orden y están aprobados por cc											

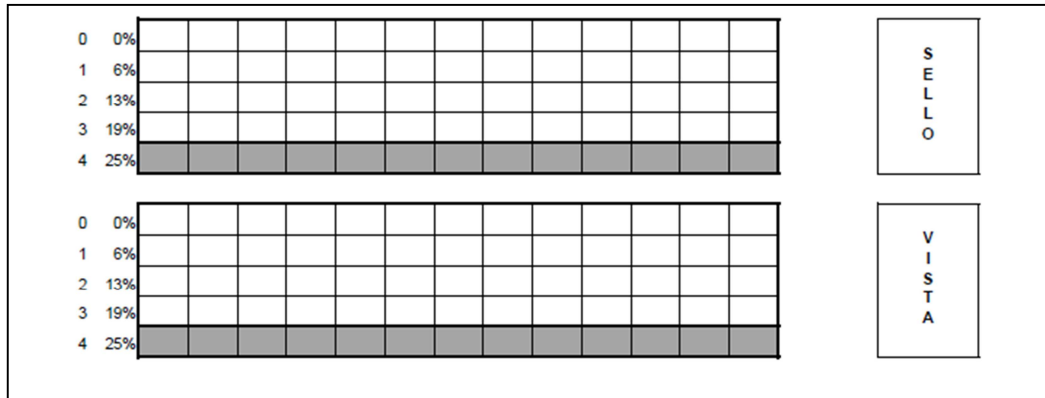
HORA	No.	Peso	Sellado	Etiquetado	Encajado	Embalaje	Realizado	Revisado Por
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L. SUPERIOR													
L. CENTRAL													
L. INFERIOR													

AUNTO

Continuación de la figura 23.



Fuente: elaboración propia.

### 2.5.3. Registros de resultados de los procesos

En el caso de los resultados de análisis de las formulaciones se llevará un registro del seguimiento de cada una de ellas a través de una hoja electrónica, donde se adjuntaran datos de número de lote, orden, nombre de producto, cliente, fecha de producción, cantidad, equipo de formulación, supervisor, resultado del análisis.

### 2.6. Implementación de muestreos de aceptación o rechazo

Como estrategia para minimizar los efectos negativos en la calidad que ocasiona la no confrontación final acerca de lo producido para garantizar su calidad se desarrolla la metodología para implantar muestreos de aceptación y rechazo de productos terminados. En vista que el muestreo por aceptación se puede dar utilizando diferentes metodologías, para establecer la metodología óptima a usar se presenta una tabla comparativa, y por medio de factores ponderados se elige la más idónea para implantar.

Tabla XXXII. **Selección de la metodología de muestreo de aceptación**

<b>Factor</b>	<b>Plan básico</b>	<b>MIL-STD</b>	<b>Phillips</b>	<b>Dodge-Roming</b>
Costo	80	100	100	100
Complejidad	20	100	75	80
Reconocimiento	100	100	90	90
Riesgo	80	100	100	95
Adaptabilidad	50	100	90	90
Disponibilidad de datos	75	100	95	90
Promedio	67.5	<b>100</b>	92	90.83

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a este análisis la metodología de muestreo por aceptación a emplear será la que dicta la norma militar MIL-STD-414.

### **2.6.1. Muestreo por variables**

Este tipo de muestreo será empleado en la aceptación de materias primas para la evaluación de propiedades fisicoquímicas de especificación de las mismas, para aceptación de materiales en la evaluación de propiedades de especificación, y productos terminados en general para la evaluación de variables cuantitativas de importancia en la calidad, para ello se seguirá el siguiente procedimiento.

Ejemplo 10. Elaboración de muestreos de aceptación por variables en el área de bodega de material de empaque. Se somete a evaluación un lote de 1 000 envases para la aceptación o rechazo mediante la evaluación de su peso siendo la especificación 51,0 gramos con límites 51,2 y 49,8 superior e inferior.

- Paso 1. Determinar la letra código en función del tamaño del lote a inspeccionar y el nivel de inspección, se trabajará con un nivel de inspección normal (IV). Se procede a la lectura directa en la figura 11 en base a los parámetros establecidos.

Para un tamaño de lote de 1 000 unidades y tratándose de un muestreo normal (columna IV), de acuerdo a la figura 11 corresponde la letra K.

- Paso 2. Definir el nivel de calidad aceptable NQA. Este es definido por la organización en base a las expectativas que se tengan de calidad.

Se trabajará con un 2,5 por ciento en vista que las expectativas de calidad dentro de la organización son valores superiores al 98 por ciento.

- Paso 3. Establecer el tamaño de la muestra y el valor de la variable k. Se establece mediante lectura directa en la figura 12 en base a los parámetros especificados.

De acuerdo a la figura 12 para la letra K corresponde un tamaño de muestra de 35 unidades. Para un nivel de AQL de 2,5 corresponde un valor de k de 1,57 por ciento.



- Paso 4. Recolectar los datos de la variable a analizar. Se procede a tomar una muestra al azar de 35 envases a los cuales se les evalúa el peso y se tabula de la siguiente forma.

Tabla XXXIII. **Evaluación del peso de los envases del lote en cuestión**

Muestra	Peso	Muestra	Peso	Muestra	Peso	Muestra	Peso
1	51,108	11	51,141	21	51,191	31	51,122
2	51,153	12	51,003	22	51,157	32	51,175
3	51,107	13	51,164	23	51,055	33	51,198
4	51,181	14	51,048	24	51,043	34	51,142
5	51,070	15	51,124	25	51,007	35	51,041
6	51,010	16	51,119	26	51,060		
7	51,135	17	51,121	27	51,124		
8	51,085	18	51,118	28	51,150		
9	51,043	19	51,084	29	51,166		
10	51,123	20	51,062	30	51,068		

Fuente: muestreo realizado en bodega de planta, junio 2012.

- Paso 5. Establecer el valor promedio de la variable que se somete a inspección. Ídem paso 4 ejemplo 1.

$X = 51,1056$  de promedio.

- Paso 6. Establecer la desviación estándar de la variable inspeccionada. Ídem paso 5 ejemplo 1.

$S = 0,05432$  de desviación estándar.

- Paso 7. Calcular los valores muestrales  $T_u$  y  $T_l$ . Para calcular estos valores muestrales se utiliza las siguientes fórmulas.  $T_u = (U-x)/s$  donde  $U$  es el límite superior de especificación y  $T_l = (x-L)/s$  donde  $L$  es el límite inferior de especificación.

Para la tabla XXXIII se tiene  $T_u = (51,2 - 51,1056)/0,05432 = 1,7378$ .  $T_l = (51,1056 - 49,8)/0,05432 = 24,0353$  de coeficientes.

- Paso 8. Se somete a evaluación con el comparativo  $k$ . Para establecer si el lote se acepta o se rechaza se debe comparar los valores obtenidos con el valor de  $k$ , utilizando la figura 24.

Figura 24. **Criterios de aceptación o rechazo de acuerdo a tabla militar**

Etapa	Sección	Formato 1	Formato 2	Gráfica
Preparatorio		Obtener $k$ y $n$ de las tablas apropiadas	Obtener $M$ y $n$ de las tablas apropiadas	Seleccionar el gráfico apropiado
Criterio de determinación	Sección B ( $s$ )	$T_u = \frac{U - \bar{X}}{s}$	$Q_u = \frac{U - \bar{X}}{s}$	$A = \frac{\bar{X} - L}{U - L}$
		$T_l = \frac{\bar{X} - L}{s}$	$Q_l = \frac{\bar{X} - L}{s}$	$V = \frac{s}{U - L}$
	Sección C ( $\bar{R}$ )	$T_u = \frac{U - \bar{X}}{\bar{R}}$	$Q_u = \frac{(U - \bar{X})c}{\bar{R}}$	$A = \frac{\bar{X} - L}{U - L}$
		$T_l = \frac{\bar{X} - L}{\bar{R}}$	$Q_l = \frac{(\bar{X} - L)c}{\bar{R}}$	$V = \frac{\bar{R}}{U - L}$
	Sección D ( $\sigma$ )	$T_u = \frac{U - \bar{X}}{\sigma}$	$Q_u = \frac{(U - \bar{X})v}{\sigma}$	$A = \frac{\bar{X} - L}{U - L}$
		$T_l = \frac{\bar{X} - L}{\sigma}$	$Q_l = \frac{(\bar{X} - L)v}{\sigma}$	$V = \frac{\sigma}{U - L}$

Continuación de la figura 24.

Estimación		Entrar en la tabla con $n$ y $Q_U$ o $Q_L$ para obtener $p_U$ o $p_L$		
Acción	Especificación simple	Aceptar si $T_U \geq k$ o $T_L \geq k$	Aceptar si $p_U \leq M$ o $p_L \leq M$	
	Especificación doble	Aceptar si* $T_U \geq k$ , $T_L \geq k$ y $s < MSD$ o $R < MAR$	Aceptar si $p_U + p_L \leq M$	Aceptar si $(A, V)$ se representa dentro de la curva de aceptación
Tablas estándar/ Especificación		414, 1,9/sencilla, doble* 3951/sencilla, doble con AQL separados	414, 1,9/sencilla, doble	3951 doble combinada con AQL

Nota:  $c =$  factor de escala;  $v = \sqrt{\frac{n}{n-1}}$

\* Procedimiento no oficial.

Fuente: ANSI/ASQC Z1.9 (1993), ISO 3951 (1989).

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 Pág. 53.

En vista que el valor de TI es mayor que el valor de k, de acuerdo a la Figura 23 se procede a aceptar el lote de 1 000 envases.

### 2.6.2. Muestreo por atributos simple

Este tipo de muestreo será empleado en la aceptación de materias primas para la aprobación o rechazo de los mismos, así como productos terminados en general para la evaluación de variables cualitativas de importancia en la calidad, para ello se seguirá el siguiente procedimiento.

Ejemplo 11. Elaboración de muestreos de aceptación por atributos de un producto terminado en presentación de 250 mililitros en el área de bodega de producto terminado. Se somete a evaluación un lote de 1 745 unidades mediante la evaluación del cumplimiento de las siguientes especificaciones; peso dentro de límites, sellado conforme, apariencia conforme.

- Paso 1. Determinar la letra código en función del tamaño del lote a inspeccionar y el nivel de inspección, se trabajará con un nivel de inspección normal (IV). Ídem paso 1 ejemplo 10.

Para un lote de 1 745 unidades con un nivel de inspección normal corresponde una letra código de L.

- Paso 2. Definir el nivel de calidad aceptable NQA. Ídem paso 2 ejemplo 10.

Se trabajará con un 2,5 por ciento en vista que las expectativas de calidad dentro de la organización son valores superiores al 98 por ciento.

- Paso 3. Establecer el tamaño de la muestra y el valor de la variable Ac y Re. Estos valores se determinan mediante lectura directa en la figura 25 en función del tamaño de lote a inspeccionar y el AQL.

Para un lote de 1 745 unidades y un AQL de 2,5 por ciento se tiene una muestra de 200 unidades con valores de Ac y Re de 10 y 11 respectivamente.

Figura 25. **Tabla de inspección normal para muestreos simples**

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 49.

- Paso 4. Recolectar los datos de la variable a analizar. Se procede a tomar una muestra al azar de 200 envases de producto terminado a los cuales se les evalúa que el peso este dentro de los límites, que el sellado sea conforme, y que la apariencia sea conforme, de no cumplir con alguna de estas especificaciones el producto final se tomará como no conformidad.

Tabla XXXIV. **Evaluación de un producto terminado**

No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación
1	cumple	36	cumple	71	Cumple	106	cumple	141	cumple	176	cumple
2	cumple	37	cumple	72	Cumple	107	cumple	142	cumple	177	cumple
3	cumple	38	cumple	73	Cumple	108	cumple	143	cumple	178	cumple
4	cumple	39	cumple	74	Cumple	109	cumple	144	cumple	179	cumple
5	cumple	40	cumple	75	Cumple	110	cumple	145	cumple	180	cumple
6	cumple	41	cumple	76	cumple	111	cumple	146	cumple	181	cumple
7	cumple	42	cumple	77	cumple	112	cumple	147	cumple	182	cumple
8	cumple	43	cumple	78	cumple	113	cumple	148	cumple	183	cumple
9	cumple	44	cumple	79	cumple	114	cumple	149	cumple	184	cumple
10	no cumple	45	cumple	80	cumple	115	cumple	150	cumple	185	cumple
11	cumple	46	cumple	81	cumple	116	cumple	151	cumple	186	cumple
12	cumple	47	cumple	82	cumple	117	cumple	152	cumple	187	cumple
13	cumple	48	cumple	83	cumple	118	cumple	153	cumple	188	cumple
14	cumple	49	cumple	84	cumple	119	cumple	154	cumple	189	cumple
15	cumple	50	cumple	85	cumple	120	cumple	155	cumple	190	cumple
16	cumple	51	Cumple	86	cumple	121	cumple	156	cumple	191	cumple
17	cumple	52	Cumple	87	cumple	122	cumple	157	cumple	192	cumple
18	cumple	53	Cumple	88	cumple	123	cumple	158	cumple	193	cumple
19	cumple	54	Cumple	89	cumple	124	cumple	159	cumple	194	cumple
20	cumple	55	Cumple	90	cumple	125	cumple	160	cumple	195	cumple
21	cumple	56	Cumple	91	cumple	126	cumple	161	cumple	196	cumple
22	cumple	57	Cumple	92	cumple	127	cumple	162	no cumple	197	no cumple
23	cumple	58	Cumple	93	cumple	128	cumple	163	cumple	198	cumple
24	cumple	59	no cumple	94	cumple	129	cumple	164	cumple	199	cumple
25	cumple	60	Cumple	95	cumple	130	cumple	165	cumple	200	cumple
26	cumple	61	Cumple	96	cumple	131	cumple	166	cumple		
27	cumple	62	Cumple	97	cumple	132	cumple	167	cumple		
28	cumple	63	Cumple	98	cumple	133	cumple	168	cumple		
29	cumple	64	Cumple	99	cumple	134	cumple	169	cumple		
30	cumple	65	Cumple	100	cumple	135	cumple	170	cumple		
31	cumple	66	Cumple	101	cumple	136	cumple	171	cumple		
32	cumple	67	Cumple	102	no cumple	137	cumple	172	cumple		
33	cumple	68	Cumple	103	cumple	138	cumple	173	cumple		
34	cumple	69	Cumple	104	cumple	139	cumple	174	cumple		
35	cumple	70	Cumple	105	cumple	140	cumple	175	cumple		

Fuente: muestreo realizado en bodega el 30 de junio de 2012.

- Paso 5. Se somete a evaluación con el comparativo Ac y Re para establecer si el lote se acepta o se rechaza, utilizando la tabla XXXV se establece la comparación con los valores de Ac y Re en base a los resultados obtenidos en la inspección.

Tabla XXXV. **Tabla maestra para planes de muestreo simple**

Suceso	Decisión
$X \leq Ac$	Se acepta el lote y se sigue en inspección reducida.
$Ac < X < Re$	Se acepta el lote y se pasa a inspección normal.
$X \geq Re$	Se rechaza el lote y se pasa a inspección normal.

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 50.

De acuerdo a los datos de la tabla XXXIV se obtiene el número de rechazos obtenidos representado por el valor de X, para este caso sería de 5 unidades con defecto. Utilizando la tabla XXXV se procede a comparar y evaluar.

Ac: 10 Re: 11 X: 5. Por lo tanto se tiene que  $X \leq Ac$ , se procede a aceptar el lote y continuar con inspección reducida.

### 2.6.3. Muestreo por atributos doble

Este tipo de muestreo será empleado en la aceptación de materias primas para la aprobación o rechazo de los mismos, así como productos terminados en general para la evaluación de variables cualitativas de importancia en la calidad, con la salvedad que será más riguroso que el muestreo simple. Para ello se seguirá el siguiente procedimiento.

Ejemplo 12. Elaboración de muestreos de aceptación por atributos de un producto terminado en presentación de 800 gramos en el área de bodega de producto terminado. Se somete a evaluación un lote de 800 unidades mediante la evaluación del cumplimiento de las siguientes especificaciones; peso dentro de límites, sellado conforme, apariencia conforme.

- Paso 1. Determinar la letra código en función del tamaño del lote a inspeccionar y el nivel de inspección, se trabajará con un nivel de inspección normal (IV). Ídem paso 1 ejemplo 10.

Para un lote de 800 unidades con un nivel de inspección normal corresponde una letra código de J.

- Paso 2. Definir el nivel de calidad aceptable NQA. Ídem paso 2 ejemplo 10.

Se trabajará con un 2,5 por ciento en vista que las expectativas de calidad dentro de la organización son valores superiores al 98 por ciento.

- Paso 3. Establecer el tamaño de la muestra y el valor de la variable Ac1, Ac2, Re1 y Re2. Estos valores se determinan mediante lectura directa en la figura 26 en función del tamaño de lote a inspeccionar y el AQL.

Para un lote de 800 unidades y un AQL de 2,5 por ciento se tiene una primer muestra de 50 unidades y una segunda muestra de 50 unidades con valores de Ac1: 2 Re1: 5 Ac2: 6 y Re2: 7 de coeficientes.



- Paso 4. Recolectar los datos de la variable a analizar. Se procede a tomar una muestra al azar de 50 unidades de producto terminado a los cuales se les evalúa que el peso este dentro de los límites, que el sellado sea conforme, y que la apariencia sea conforme, de no cumplir con alguna de estas especificaciones el producto final se tomará como no conformidad.

Tabla XXXVI. **Evaluación de un producto terminado**

No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.
1	cumple	11	cumple	21	cumple	31	cumple	41
2	cumple	12	cumple	22	no cumple	32	cumple	42
3	cumple	13	cumple	23	cumple	33	cumple	43
4	cumple	14	no cumple	24	cumple	34	cumple	44
5	no cumple	15	cumple	25	cumple	35	cumple	45
6	cumple	16	cumple	26	cumple	36	cumple	46
7	cumple	17	cumple	27	cumple	37	cumple	47
8	cumple	18	cumple	28	cumple	38	cumple	48
9	cumple	19	cumple	29	cumple	39	cumple	49
10	no cumple	20	cumple	30	cumple	40	cumple	50

Fuente: muestreo 1, realizado en bodega planta el 30 de junio 2012.

Figura 26. **Tabla de inspección normal para muestreos dobles**

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 49.

- Paso 5. Se somete a evaluación con el comparativo  $Ac_1$  y  $Re_1$  para establecer si el lote se acepta o es necesario realizar un nuevo muestreo, utilizando la tabla XXXVII se establece la comparación con los valores de  $Ac_1$  y  $Re_1$  en base a los resultados obtenidos en la inspección.

De acuerdo a los datos de la tabla XXXVI se obtiene el número de rechazos obtenidos del primer muestreo representado por el valor de  $X_1$ , para este caso sería de 4 unidades con defecto. Utilizando la tabla XXXVII se procede a comparar y evaluar.

Tabla XXXVII. **Tabla maestra para planes de muestreo doble**

Suceso	Decisión
$X_1 \leq Ac_1$	Se acepta el lote y se sigue en inspección reducida.
$Ac_1 < X_1 < Re_1$	Se pasa a la segunda muestra.
$X_1 + X_2 \leq Ac_1$	Se acepta el lote y se sigue en inspección reducida
$Ac_2 < X_1 + X_2 \leq Re_2$	Se acepta el lote y se pasa a inspección normal.
$X_1 \geq Re_1$	Se rechaza el lote y se pasa a inspección normal.
$X_1 + X_2 \geq Re_2$	Se rechaza el lote y se pasa a inspección normal

Fuente: extraído de norma militar MIL-ST-414 p. 53.

$Ac_1: 2$   $Re_1: 5$   $X_1: 4$ . Por lo tanto se tiene que  $Ac_1 < X_1 < Re_1$ , se pasa a la segunda muestra.

Tabla XXXVIII. **Evaluación de un muestreo de aceptación doble**

No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.	Evaluación	No.
1	cumple	11	cumple	21	cumple	31	cumple	41
2	No cumple	12	cumple	22	cumple	32	cumple	42
3	cumple	13	cumple	23	cumple	33	cumple	43
4	cumple	14	cumple	24	cumple	34	cumple	44
5	cumple	15	cumple	25	cumple	35	cumple	45
6	cumple	16	cumple	26	cumple	36	cumple	46
7	cumple	17	cumple	27	No cumple	37	cumple	47
8	cumple	18	cumple	28	cumple	38	cumple	48
9	cumple	19	cumple	29	cumple	39	cumple	49
10	cumple	20	cumple	30	cumple	40	cumple	50

Fuente: muestreo 2, realizado en bodega de planta el 30 de junio de 2012.

De acuerdo a los datos de la tabla XXXVIII se obtiene el número de rechazos obtenidos del segundo muestreo representado por el valor de  $X_2$ , para este caso sería de 2 unidades con defecto. Utilizando la tabla XXXVII se procede a comparar y evaluar.

$Ac_2: 6$   $Re_2: 7$   $X_2: 2$ . Por lo tanto se tiene que  $Ac_2 < X_1 + X_2 \leq Re_2$ , se acepta el lote y se pasa a inspección normal.

#### **2.6.4. Normas de aceptación y rechazo propuestas**

Finalmente se presenta una serie de condiciones que deben evaluarse antes de cualquier despacho para garantizar que los productos que lleguen a los clientes cumplan con las especificaciones de calidad adoptadas, por lo tanto se establecen a forma de normativas que deben cumplirse en la planta.

- Todo producto antes de ser reenvasado o re empacado debe ser analizado por control de calidad, y contar con el aval del mismo como garantía de que el producto cumple con las especificaciones de calidad.
- Todo material de empaque, envases, sellos, etiquetas, cajas; deben contar con la evaluación de calidad de modo de tener la garantía que se encuentran dentro de las especificaciones esperadas para cumplir con los objetivos deseados.
- Todo producto reenvasado o re empacado que no cumpla con cualquiera de las especificaciones calidad debe ser corregido de modo que cumpla con las especificaciones de calidad, de lo contrario no podrá ser despachado.
- Todo lote muestreado por cualquier método de aceptación que no cumpla con los criterios de evaluación deberá ser rechazado y revisado en su totalidad.
- Toda producción del día cuyo porcentaje de calidad sea menor de 97,5 por ciento será rechazada por calidad, y deberá ser revisado y arreglado en su totalidad.
- Todo producto embalado cuya presentación no cumpla con los estándares de unidades embaladas, y apariencia del embalado, será puesta en cuarentena y podrá ser despachado hasta que cumpla con las especificaciones esperadas.

- Toda materia prima deberá ser analizada por control de calidad de modo de garantizar que la fórmula a utilizar en una formulación sea la correcta y se obtenga producto dentro de especificaciones.
- Todos los ingredientes activos deberán ser probados en una formulación piloto de 100 litros o 100 kilogramos, utilizando la fórmula autorizada por control de calidad, y será puesto en cuarentena hasta que control de calidad establezca si este producto cumple o no con las especificaciones.
- Todo producto podrá ser formulado únicamente cuando la prueba piloto haya dado un resultado positivo de cumplimiento de especificaciones.
- Todo producto formulado en planta deberá ser muestreado y analizado, de acuerdo al procedimiento de muestreo que asegure representatividad del lote formulado.
- Todo producto formulado será puesto en cuarentena y podrá ser despachado hasta que control de calidad asegure su cumplimiento con las especificaciones adoptadas.
- Todo producto que sea rechazado por calidad será etiquetado como producto rechazado y será reprocesado de acuerdo a los criterios que control de calidad estime convenientes.

## **2.7. Propuesta de la utilización de indicadores de calidad**

Como estrategia para minimizar los efectos negativos en la calidad que ocasiona la medición, en términos de que no existe medición ni comparación de los niveles de calidad, se propone la utilización de indicadores de calidad que permitan establecer el comportamiento de la mejora de la calidad y la medición y la evaluación del comportamiento de la misma.

### **2.7.1. Propuesta de indicadores de la calidad**

Con el propósito de asignar un valor a la calidad utilizando un número limitado de parámetros evaluados mediante las herramientas ya descritas y propuestas en incisos anteriores, se proponen diferentes indicadores de la calidad que tienen la ventaja de ser fáciles de usar y proporcionan una idea rápida e intuitiva de la calidad, estos podrán ser utilizados para dar un seguimiento a los problemas que se detecten. A continuación se presentan la descripción y ejemplificación de cada uno de ellos.

#### **2.7.1.1. Indicador de la calidad del día en reenvases**

Se representará por (%C). Indicará en términos de un porcentaje, la calidad de lo producido mediante la calificación de los puntos críticos ya definidos utilizando el formato propuesto para las áreas de reenvase; los errores serán constituidos por el porcentaje de todas las no conformidades encontradas en la evaluación de los puntos críticos. Será aplicado a las áreas de reenvase y reempaque de polvos. Se calculará de la siguiente forma  $\%C = 100 - \%Ep$ . Donde %Ep es el porcentaje promedio de errores.

Ejemplo 13. Durante el mes de septiembre los errores incurridos por la línea de polvos fueron los siguientes IMP: 3,23 IMS: 0,28 y IMA: 0,36 por ciento.

$$\%Ep = (3,23 + 0,28 + 0,36)/3 = 1,29. \%C = 100 - 1,29 = 98,71 \text{ por ciento.}$$

#### **2.7.1.2. Indicador de la calidad del día en formulación**

Se representará también por (%C). Indicará en términos de un porcentaje, la calidad de lo producido mediante la evaluación de lo rechazado por el laboratorio de calidad, para ello se basará en los reportes diarios de certificados de calidad que se reciben del laboratorio. Será aplicado a las áreas de formulación tanto de líquidos como de granulados. Se calculará de la siguiente forma  $\%C = 100*(1-(R/T))$ . Donde R es la cantidad rechazada y T el total formulado.

Ejemplo 14. Durante el mes de agosto en la línea de formulaciones granuladas se formularon 256 000 kilos de producto de los cuales fueron rechazados 27 264 kilos de producto por no cumplir con la especificación.

$$\%C = 100*(1 - (27\ 264/256\ 000)) = 89,35 \text{ por ciento.}$$

#### **2.7.1.3. Indicador de mal sellado**

Se representará por (IMS). Indicará en términos de un porcentaje la cuantificación de las unidades no conformes en sello de lo producido. Para ello se utilizará el formato propuesto para las áreas de reenvase y reempaque.



Este indicador será aplicado a las áreas de reenvase y reempaque de polvos y líquidos. Se calculará de la siguiente forma  $IMS = 100 \cdot (MS/T)$ , donde MS es la cantidad no conforme y T el total inspeccionado.

Ejemplo 15. Durante un día de inspección en la línea de polvos se inspeccionaron 128 unidades de las cuales 5 salieron con sellado defectuoso.

$$IMS = 100 \cdot (MS/T) = 100 \cdot (5/128) = 3,91 \text{ por ciento.}$$

#### **2.7.1.4. Indicador de mal peso**

Se representará por (IMP). Indicará en términos de un porcentaje la cuantificación de las unidades no conformes en peso de lo producido. Para ello se utilizará el formato propuesto para las áreas de reenvase y reempaque. Será aplicado a las áreas de reenvase y reempaque de polvos y líquidos. Se calculará de la siguiente forma  $IMP = 100 \cdot (MP/T)$ , donde MP es la cantidad no conforme y T el total inspeccionado.

Ejemplo 16. Durante un día de inspección en la línea de polvos se inspeccionaron 128 unidades de las cuales 8 salieron con peso fuera de límites de llenado.

$$IMP = 100 \cdot (MP/T) = 100 \cdot (8/128) = 6,25 \text{ por ciento.}$$

#### **2.7.1.5. Indicador de mala apariencia**

Se representará por (IMA). Indicará en términos de un porcentaje la cuantificación de las unidades no conformes en apariencia de lo producido. Para ello se utilizará el formato propuesto para las áreas de reenvase y reempaque. Será aplicado a las áreas de reenvase y reempaque de polvos y líquidos. Se calculará de la siguiente forma  $IMA = 100*(MA/T)$ , donde MA es la cantidad no conforme y T el total inspeccionado.

Ejemplo 17. Durante un día de inspección en la línea de polvos se inspeccionaron 128 unidades de la cuales 2 salieron con etiquetado no conforme.

$$IMA = 100*(MA/T) = 100*(2/128) = 1,56 \text{ por ciento.}$$

#### **2.7.1.6. Coeficiente de variación de pesos**

Se representará por (CV). Indicará en términos de una fracción la cuantificación de la variación en peso de las unidades reempacadas o reenvasadas, en comparación con los límites de llenado permitidos. Este indicador será aplicado a las áreas de reenvase y reempaque de polvos y líquidos. Se calculará de la siguiente forma  $CV = S/S_{max}$  donde S es la desviación estándar y  $S_{max}$  es la desviación máxima de acuerdo a límites asignados.

Ejemplo 18. Durante un día de inspección en la línea de líquidos se determinó la desviación estándar de los pesos inspeccionados de un producto mediante el procedimiento del paso 5 del ejemplo 1 el cual fue de 1,6872; se sabe de acuerdo a la tabla de especificaciones propuesta que la máxima variación que puede tener esta presentación es de 2,0 de desviación estándar.

$$CV = S/S_{\max} = 1,6872/2 = 0,8436 \text{ de variación respecto al valor máximo.}$$

#### **2.7.1.7. Porcentaje de calidad de planta**

Se representará por (%CP). Indicará en términos de un porcentaje ponderado por los niveles de producción, la calidad de todo lo producido en planta mediante el promedio ponderado de la calidad obtenida en cada área definida como porcentaje de calidad en reenvase y porcentaje de calidad en formulación. Será aplicado a toda la planta. Se calculará de la siguiente forma  $\%CP = \%C \text{ (reenvase de líquidos)} * fp + \%C \text{ (reenvase de polvos)} * fp + \%C \text{ (granulados)} * fp + \%C \text{ (líquidos)} * fp/4$ , donde fp es el factor de ponderación.

Ejemplo 19. En el mes de julio se obtuvo una calidad para reenvase de líquidos de 98,51 por ciento, para polvos de 98,01 por ciento, para formulaciones líquidas 90,4 por ciento y para formulaciones granuladas 85 por ciento.

Sabiendo que de acuerdo a los niveles de producción líquidos representa el 25 por ciento, polvos el 15 por ciento, formulaciones líquidas 28 por ciento y granulados el 32 por ciento, se tiene.

$\%CP = (98,51*0,25 + 98,01*0,15 + 90,4*0,28 + 85*0,32)/4 = 91,84$  por ciento.

### **2.7.2. Propuesta del manejo de los indicadores de la calidad**

Para llevar un registro cuantitativo de la evolución de la calidad en cada línea de producción, la calidad será ponderada por día y se llevará un registro del comportamiento de la calidad en cada línea, por día, mes y acumulado de acuerdo a las fórmulas indicadas, mediante promedios ponderados de acuerdo a los niveles de producción en cada línea.

Mediante el análisis del comportamiento de los indicadores propuestos se pretende determinar la funcionalidad de los procesos actuales y el subconjunto de procedimientos, de modo de corregirlos para garantizar la tendencia al cien por ciento en la calidad obtenida. Llevando el registro diario de la calidad por área como respaldo de la gestión de la calidad en el proceso.

### **2.8. Reducción de rechazos de producción por incumplimiento de especificaciones de calidad**

Finalmente la reducción de los rechazos de producción por incumplimiento de las especificaciones de calidad de los productos, se logró mediante la creación de un sistema de aseguramiento de la calidad en la planta.

El sistema de aseguramiento de la calidad propuesto, se basó principalmente en la adopción de políticas por parte de la dirección para lograr la satisfacción del cliente y el cumplimiento de sus expectativas, y el traslado de estas que se ven reflejadas en la planificación de la producción. Iniciando con la planificación de la producción en donde se debe tener en cuenta el cumplimiento de los objetivos de la calidad, tomando en consideración los tiempos de proceso, controles, registros, calidad de materiales; para lograr cumplir en tiempo con los pedidos sin alterar la especificación final de los productos terminados.

Posteriormente a ello en el proceso productivo, ingresan materias primas y materiales que serán sometidos a una verificación y aprobación como punto de control previo, esto con la finalidad de garantizar la calidad desde el inicio de la producción basado en el cumplimiento de la serie de especificaciones definidas a partir de la página 90 en base a la utilización de muestreos de aceptación definidos y ejemplificados a partir de la página 102 como fundamento para la aprobación o rechazo de los materiales y materias primas.

A lo largo del proceso productivo se tienen diferentes puntos de control, en donde aseguramiento de calidad ejercerá supervisión e inspección. Para ello los puntos críticos de control desarrollados a partir de la página 23 y resumidos en la página 45 se encontrarán bajo monitoreo continuo a lo largo del día de producción, realizando inspecciones aleatorias de las unidades en proceso; con esto se pretende garantizar que los productos terminados que salgan de las diferentes líneas de producción cumplan con la serie de especificaciones de calidad definidas a partir de la página 90. De esta forma se reducirá la probabilidad de error en los productos terminados.

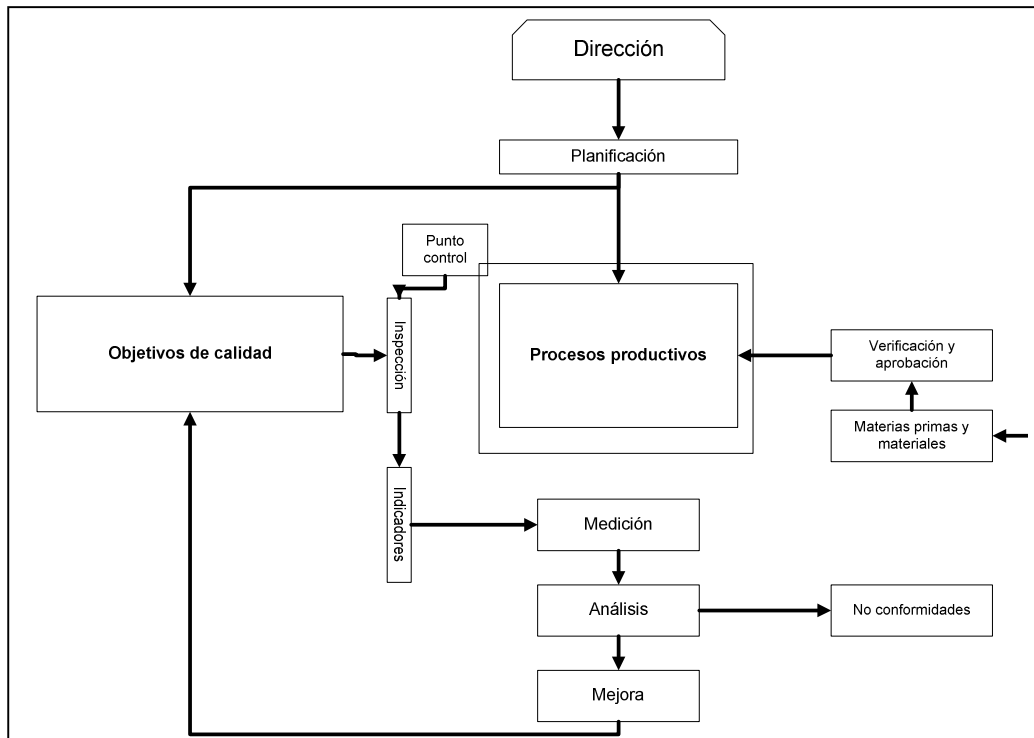
En vista que habrá monitoreo de propiedades cualitativas y cuantitativas de las unidades de procesos, se debe utilizar la serie de formatos y registros desarrollados e indicados a partir de la página 95 esto para mejorar la toma y manejo de la información obtenida. Con la información recabada se deben elaborar gráficos de control del proceso los cuales ya han sido desarrollados y ejemplificados a partir de la página 90. Con estos gráficos se pretende medir el proceso productivo y compararlo estableciendo tendencias y comportamientos de la calidad en el proceso.

Así también se debe utilizar la información obtenida para establecer indicadores de la calidad de acuerdo a la propuesta y desarrollo de indicadores mostrados a partir de la página 119. Con el análisis de estos indicadores se obtienen no conformidades que son utilizadas para evaluar la calidad en el proceso.

Como punto final de control, todo producto final deberá someterse a un control final mediante muestreos de aceptación desarrollados y ejemplificados a partir de la página 102. Como base y fundamento para la aprobación o rechazo de productos terminados, reduciendo aún más la probabilidad de error.

Como parte de la mejora continua, mediante el análisis de los indicadores obtenidos se puede realizar una mejoría del proceso de aseguramiento de la calidad si se determina que es deficiente, así como mejoras al proceso productivo con ansias a obtener mejor comportamiento de la calidad.

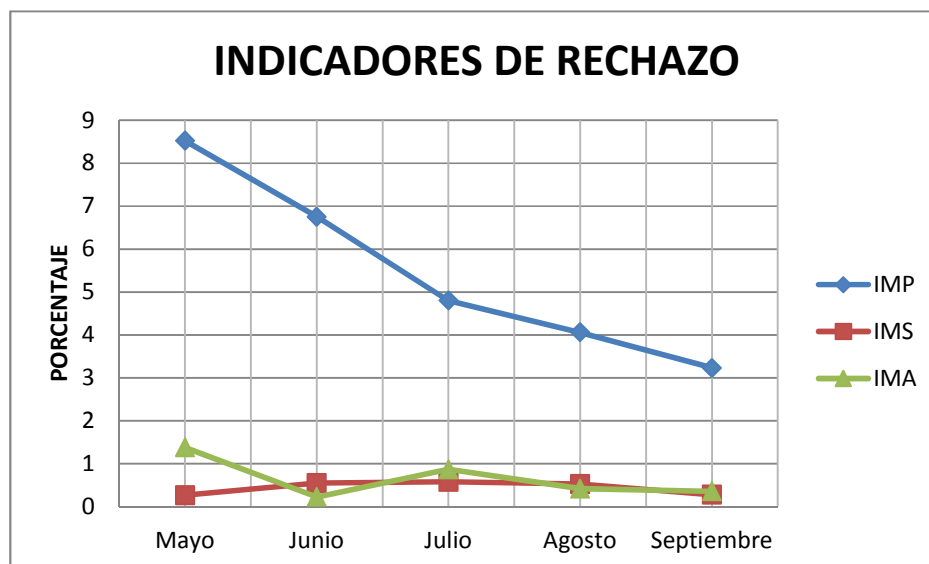
Figura 27. Esquema del sistema de calidad desarrollado



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con la aplicación del conjunto de herramientas y estrategias descritas, desarrolladas y ejemplificadas en los incisos 2.2. al 2.7. Una vez llevado el control en cada una de las líneas producción de los puntos críticos ya definidos, mediante la comparación con las especificaciones establecidas, el seguimiento de los datos y análisis por medio de gráficos de control, llenando las hojas de registro propuestas, realizando las evaluaciones previas sugeridas antes del despacho, y llevando el registro de los indicadores propuestos; se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 28. Indicadores propuestos para áreas de polvos



IMP: Indicador de mal peso IMS: Indicador de mal sello IMA: Indicador de mala apariencia

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la figura 28 se puede observar como los indicadores de rechazo después de la ejecución del programa propuesto tuvieron un descenso para mejora de la calidad, ya que los rechazos disminuyeron considerablemente.

En el caso del indicador de mal peso (IMP) se tuvo el mayor descenso en comparación a los otros indicadores situándose al inicio del programa en un 8,78 por ciento de errores de peso y finalizando al culminar el programa en un porcentaje de 3,25 por ciento con lo cual se comprueba que el programa propuesto produjo una reducción de los errores de hasta un 5,53 por ciento durante el tiempo de ejecución del EPS.

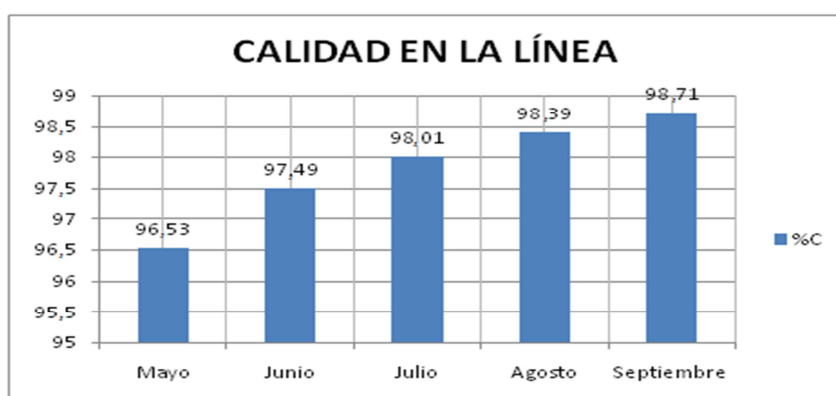


En el caso del indicador de mal sello (IMS) se partió de un 0,25 por ciento de errores en sello al inicio del programa, y finalizando en 0,22 por ciento, en este caso no hubo mayor mejoría ya que esta parte del proceso ya se encuentra automatizada y el error que presenta debe únicamente a factores externos aún no controlados, que dependen directamente de la constitución de la maquinaria del proceso.

En el caso del indicador de mala apariencia (IMA) se partió de 1,5 por ciento de errores en sello al inicio del programa, y finalizando en 0,25 por ciento, con lo cual se comprueba que el programa propuesto produjo una reducción de los errores de hasta un 1,25 por ciento durante el tiempo de ejecución del EPS.

Estos indicadores fueron establecidos de acuerdo al desarrollo de la página 119, y de esta manera se valida el programa propuesto para el cumplimiento del objetivo principal del proyecto de EPS ya que los indicadores de rechazo en general mostraron una mejoría en torno a su disminución.

Figura 29. **Comportamiento de la calidad en la línea de polvos**

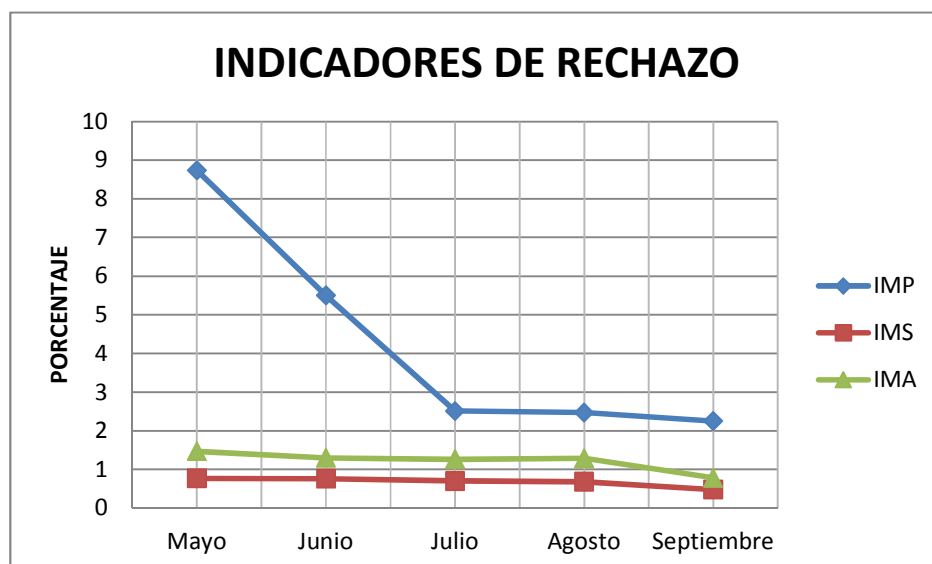


Fuente: elaboración propia.

Para la línea de polvos, gracias a la implantación de los controles definidos en el programa propuesto, se logró finalmente mejorar la calidad general de la línea pasando de un 96,53 por ciento inicial a un 98,71 por ciento al culminar el programa. De acuerdo a este gráfico se logra comprobar que mediante la adopción del sistema propuesto se logró reducir los rechazos de calidad por incumplimiento de las especificaciones.

Cabe destacar que con la continuación del sistema de calidad propuesto se logrará llevar los errores incurridos en esta línea hasta un valor muy pequeño imperceptible en la producción, que cumpla con los valores esperados de calidad, y como parte de la mejora continua estandarizar los procesos para la minimización de fallas.

Figura 30. **Indicadores propuestos para las reenvase de líquidos**



IMP: Indicador de mal peso IMS: Indicador de mal sello IMA: Indicador de mala apariencia

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la figura 30 se puede observar como los indicadores de rechazo después de la ejecución del programa propuesto tuvieron un descenso para mejora de la calidad, ya que los rechazos disminuyeron considerablemente.

En el caso del indicador de mal peso (IMP) se tuvo el mayor descenso en comparación a los otros indicadores situándose al inicio del programa en un 8,74 por ciento de errores de peso y finalizando al culminar el programa en un porcentaje de 2,25 por ciento con lo cual se comprueba que el programa propuesto produjo una reducción de los errores de hasta un 6,49 por ciento durante el tiempo de ejecución del EPS.

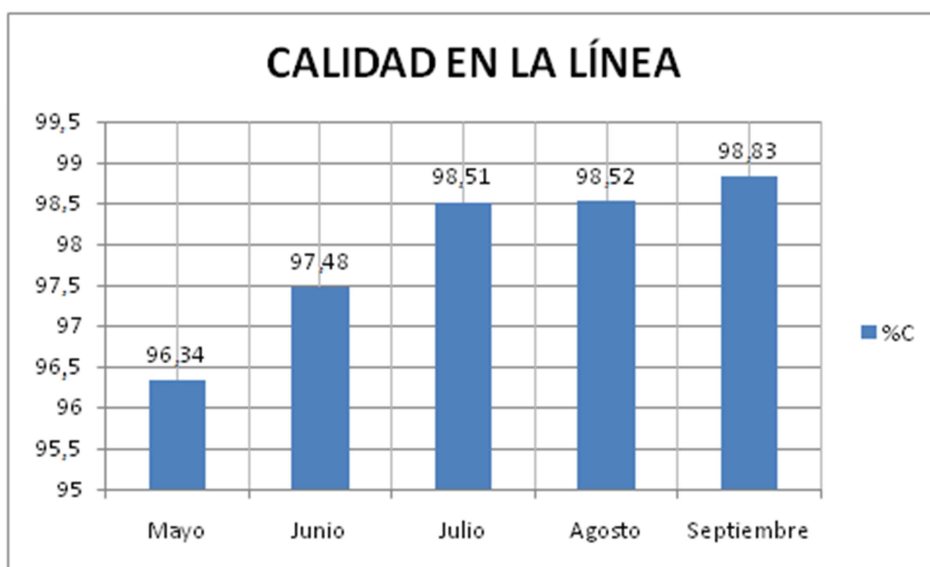
Sin embargo se observa una tendencia constante al final por lo cual se establece que para erradicar el 100 por ciento de errores debe haber una mejora al proceso eliminando las etapas manuales que ocasionan mayor error, tal como llenado manual y etiquetado manual. De esta manera se valida el programa propuesto para el cumplimiento del objetivo principal del proyecto de EPS.

En el caso del indicador de mal sello (IMS) al inicio del programa se situaba en un 0,90 por ciento de errores de sello y finalizando al culminar el programa en un porcentaje de 0,50 por ciento con lo cual se comprueba que el programa propuesto produjo una reducción de los errores de hasta un 0,40 por ciento durante el tiempo de ejecución del EPS.

En el caso del indicador de mala apariencia (IMA) al inicio del programa se situaba en un 1,52 por ciento de errores de apariencia y finalizando al culminar el programa en un porcentaje de 0,80 por ciento con lo cual se comprueba que el programa propuesto produjo una reducción de los errores de hasta un 0,72 por ciento durante el tiempo de ejecución del EPS.

Estos indicadores fueron establecidos de acuerdo al desarrollo de la página 119, y de esta manera se valida el programa propuesto para el cumplimiento del objetivo principal del proyecto de EPS ya que los indicadores de rechazo en general mostraron una mejoría en torno a su disminución.

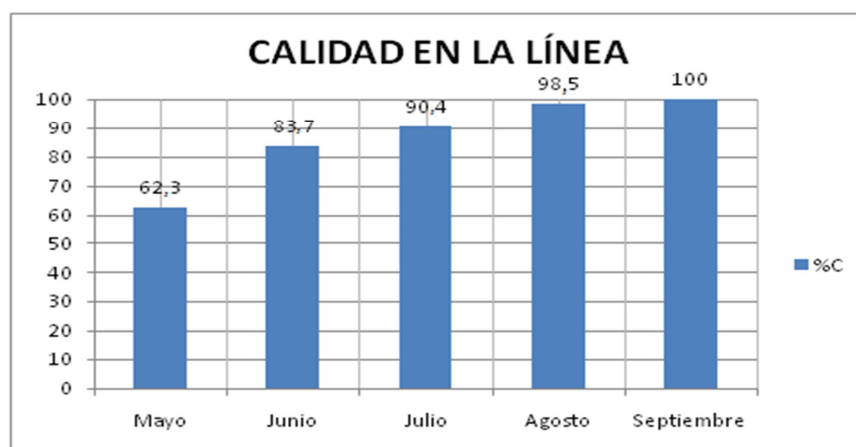
Figura 31. **Comportamiento de la calidad en la línea de líquidos**



Fuente: elaboración propia.

Para la línea de líquidos, gracias a la implantación de los controles definidos en el programa propuesto, se logró finalmente mejorar la calidad general de la línea pasando de un 96,34 por ciento inicial a un 98,83 por ciento al culminar el programa. De acuerdo a este gráfico se logra comprobar que mediante la adopción del sistema propuesto se logrará reducir los rechazos de calidad por incumplimiento de las especificaciones esperadas.

Figura 32. **Calidad en la línea de formulaciones líquidas**



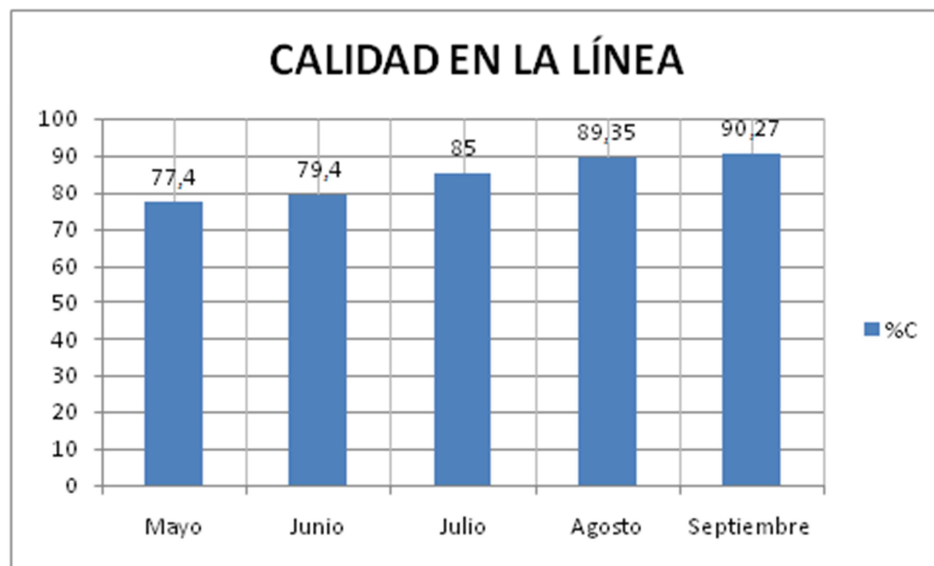
%C: Porcentaje de calidad

Fuente: elaboración propia.

Para la línea de formulación de líquidos, gracias a la implantación de los controles definidos en el programa propuesto desarrollado, se logró finalmente mejorar la calidad general de la línea pasando de un 62,3 por ciento inicial a un 100 por ciento al culminar el programa. Esto indica que se corrigieron el 100 por ciento de los errores causantes de rechazos por incumplimiento de especificaciones. De acuerdo a este gráfico se logra comprobar que mediante la adopción del sistema propuesto se logró reducir los rechazos de calidad por incumplimiento de las especificaciones.

Cabe destacar que en esta línea se obtuvo la mayor mejoría en términos de calidad en comparación a las demás líneas, lo cual fue drástico con la implementación de pruebas piloto antes de la formulación a escala industrial, propuesta que ahorro tiempo y costos de desperdicios por rechazo.

Figura 33. **Calidad en formulaciones granuladas**



%C: Porcentaje de calidad

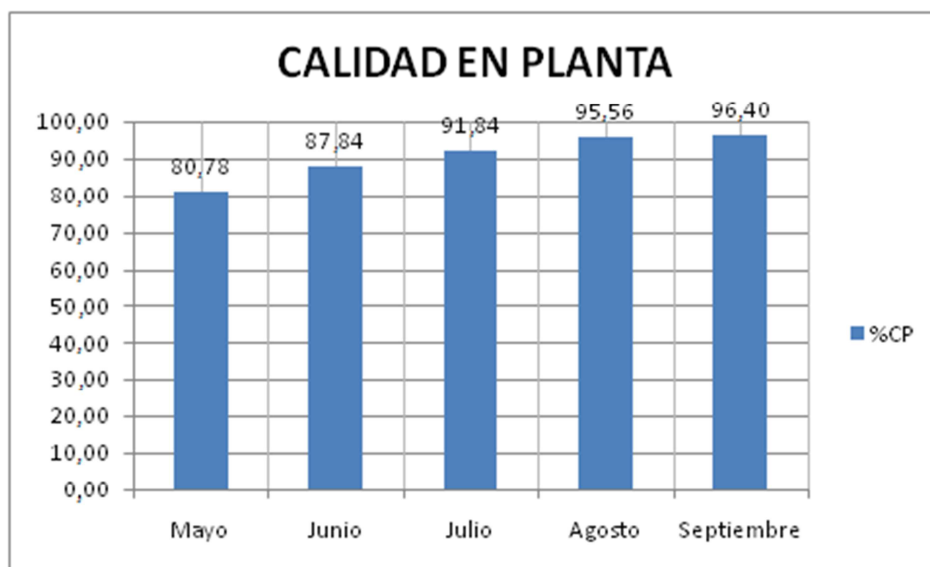
Fuente: elaboración propia.

Para la línea de formulación de granulados, gracias a la implantación de los controles definidos en el programa propuesto, se logró finalmente mejorar la calidad general de la línea pasando de un 77,4 por ciento inicial a un 90,27 por ciento al culminar el programa. De acuerdo a este gráfico se logra comprobar que mediante la adopción del sistema propuesto se logrará reducir los rechazos de calidad por incumplimiento de las especificaciones esperadas.

Cabe destacar que en esta línea para poder alcanzar una calidad del 100 por ciento habría que implementar pruebas piloto antes de la formulación a escala industrial, con lo cual se lograría no solo disminuir los rechazos sino también evitar los costos por reproceso, propuesta que fue implementada en el área de formulaciones líquidas con resultados satisfactorios.

Como comparación de los resultados obtenidos en todas las líneas de producción y para dar validación al proyecto desarrollado, se utilizó el indicador propuesto, desarrollado y ejemplificado en la página 124 porcentaje de calidad de planta, a partir del cual se puede observar una evolución en términos de la calidad global para establecer cuál fue la tendencia, este se muestra en la figura 34.

Figura 34. **Comportamiento de la calidad global de planta**



%CP: Porcentaje de calidad planta.

Fuente: elaboración propia.

Finalmente se puede concluir de acuerdo a lo que se observa en la figura 34, que mediante la implementación de un sistema de control estadístico de la calidad, se logró eficazmente la reducción de los rechazos de producción en la planta aumentando los niveles de calidad, ya que se mantuvieron los procesos bajo control estadístico, y se obtuvo una mayor garantía del cumplimiento de las especificaciones en los muestreos representativos, para lograr así un mayor fundamento en las decisiones para la aprobación o rechazo de un lote de producción.

Claramente se observa una mejoría de la calidad de la planta pasando de un 80,78 por ciento inicial a un 96,40 por ciento final, lo cual indica que los rechazos de producción al inicio del proyecto se encontraban en un 19,22 por ciento; el cual era un valor altamente negativo para el desarrollo de la producción, que atentaba directamente con la satisfacción del cliente, posicionamiento en el mercado, costos por reprocesado e incumplimiento de tiempos de entrega. Este valor al culminar con el proyecto tuvo un descenso considerable situándose en 3,6 por ciento de rechazos, lo cual da la garantía de la funcionalidad y efectividad del sistema propuesto, así también da la garantía de que con la continuidad del mismo se pueden erradicar el 100 por ciento de los errores de producción.





### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. REDUCCIÓN DEL NIVEL DE CONSUMO DE AGUA EN LAS ÁREAS DE FORMULACIÓN DE LÍQUIDOS Y GRANULADOS**

A continuación se presenta la serie de herramientas y estrategias plasmadas para lograr una reducción de los niveles de consumo de agua en las áreas de formulación tanto de líquidos como de granulados.

#### **3.1. Diagnóstico situación actual**

Mediante la utilización de gráficos comparativos se presenta la identificación del problema actual en la utilización de agua en las áreas de interés, con el objetivo de identificar las estrategias que permitan un ahorro en el consumo actual.

##### **3.1.1. Consumo de agua por áreas**

Mediante observación se logró comprobar que el factor de mayor utilización del agua se da en los lavados de los equipos para el cambio de productos, ya que los procesos productivos en las diferentes áreas de producción son procesos que se caracterizan por la casi nula utilización de agua por la misma naturaleza del producto formulado (productos anhidridos).

Sin embargo en algunos casos el agua es utilizada como una materia prima siendo estos consumos no afectos al proyecto de reducción de consumo de agua. Es por ello que el consumo del agua se puede establecer directamente proporcional a los niveles de producción.

Para establecer los niveles de consumo actual de agua en las diferentes áreas de producción y poderla correlacionar con los niveles de producción por línea, se establecieron por medio de mediciones del volumen de agua usado para lavar equipos por cada unidad formulada, en donde mediante estimados in situ se obtuvieron los siguientes indicadores, para lavado de equipo en formulación se utiliza 0,10 litros de agua por cada litro formulado, en formulación de granulados se utiliza 0,015 litros de agua por cada kilo de producto formulado, en el área de polvos el agua es utilizada únicamente con fines de limpieza personal por la naturaleza del producto trabajado.

Para fines de limpieza e higiene del personal cada trabajador consume un promedio de 45 litros diarios distribuidos entre uso de duchas, lavamanos y baños. En base a esto se calcularon los niveles de agua utilizados únicamente para lavados y limpieza, que serían los niveles que se esperan reducir. Adicionalmente se cargó un 1 por ciento en fugas y otros usos, estos niveles de consumo.

**Tabla XXXIX. Niveles de consumo de agua para abril de 2012**

Área	Nivel de producción (L)	Agua utilizada en lavados (L)	Agua utilizada para aseo personal (L)	Estimado de fugas y otros usos (L)	Total (L)
F. de líquidos	89 200	8 920	3 645	339,25	
F. de granulados	290 000	4 350	10 935		
Polvos	27 400	0	6 075		
TOTAL					34 264,25

Fuente: datos calculados.

### 3.1.2. Proyección de consumo de agua

En base a la proyección de los niveles de producción y los datos de la tabla XXXIX se establecen los niveles de consumo que se tendrán de agua de continuarse con la situación actual. Proyección basada en los datos de la tabla anterior.

Tabla XL. **Establecimiento de niveles de consumo de agua en planta**

<b>Mes</b>	<b>Nivel de producción (L-Kg)</b>	<b>Agua utilizada en lavados (L)</b>
Abril	406 600	34 264,25
Mayo	399 300	35 484,33
Junio	382 300	35 741,88
Julio	234 200	30 811,06
Agosto	396 088	35 165,67
Septiembre	363 586	34 283,22

Fuente: datos proyectados.

De acuerdo a los datos consignados en la tabla XL, se puede ver claramente los altos niveles de consumo de agua que se tendrán en los próximos meses.

Estos niveles de consumo de agua generan un costo a la planta no solo por la utilización del recurso sino por el costo generado para su desecho, ya que al ser constituidos como desechos tóxicos de lavado no pueden descargarse directamente al drenaje sino deben someterse a un proceso de tratamiento encarecido por el proceso que conlleva y por el tiempo requerido para consumirlo.

Razón por la cual resulta sumamente importante la ejecución de un proyecto que reduzca los niveles de consumo actuales.

### **3.2. Propuesta de reducción de consumo de agua**

Como medida para la disminución del consumo de agua se presenta un procedimiento de lavado de los equipos que involucra la utilización de solventes de formulación para el lavado, solventes que cumplen la función del lavado y que pueden reutilizarse en formulaciones próximas compatibles, de esta manera se logra eliminar el 100 por ciento del agua utilizada en los lavados.

En lo que respecta al uso de agua con fines de limpieza personal se presenta una serie de recomendaciones que permiten el uso eficiente del agua.

#### **3.2.1. Procedimiento para el lavado de equipos**

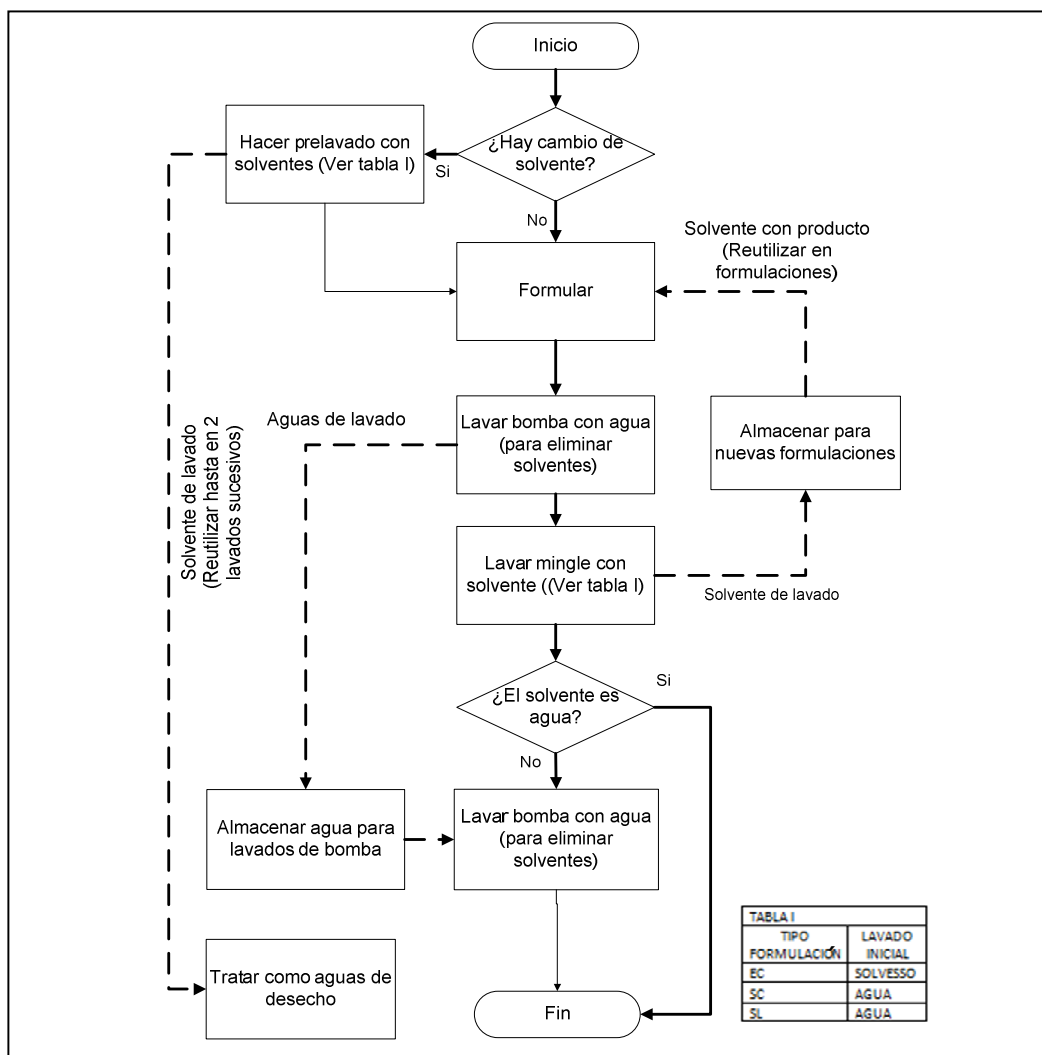
Siendo en estos procedimientos los puntos en donde mayor consumo de agua se tiene, se presenta una serie de flujogramas que describen el procedimiento propuesto de lavados de equipos por áreas, utilizando solventes de lavado y erradicando el consumo del agua.

##### **3.2.1.1. Área de formulaciones líquidas**

A continuación se describe el procedimiento propuesto para reducir el uso de agua en los lavados de los equipos de esta línea, cual lo cual se pretende omitir el uso de agua para los lavados de equipos por el uso de solventes compatibles de las formulaciones.

El objeto de este tipo de lavado es ejercer dos funciones la primera de agentes de lavado del mangle para dejar el mangle limpio y disponible para ser utilizado y materia prima para formulaciones posteriores compatibles con la formulación lavada.

Figura 35. **Procedimiento de lavado en formulación de líquidos**

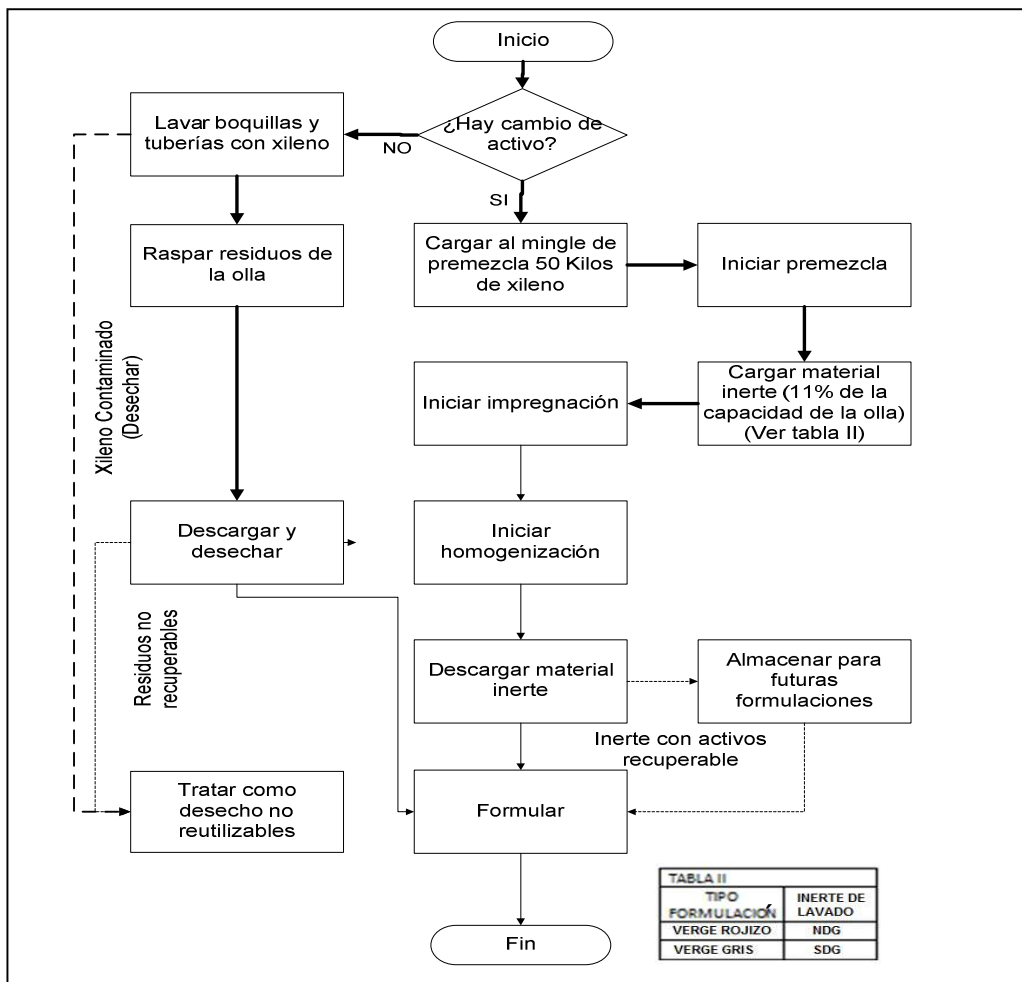


Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.2. Área de granulados

A continuación se describe el procedimiento propuesto para reducir el uso de agua en los lavados de los equipos de la línea de granulados, lavado basado en la metodología propuesta de con un uso mínimo de agua de lavados.

Figura 36. Procedimiento de lavado en formulación de granulados



Fuente: elaboración propia.

### **3.2.2. Plan de acción para uso eficiente de agua en sistema de distribución**

Para lograr un mejor control del uso del agua del sistema de distribución de la misma, y poder así lograr una disminución del consumo, se presentan las siguientes recomendaciones.

- Seguir la evolución del consumo de agua, para determinar las eventuales fugas o disfunciones de los aparatos consumidores de agua. Cuando no haya consumo de agua tomar la medida del contador y tomar la misma media al día siguiente; si la cifra no ha variado, no existen fugas, pero si ha cambiado es preciso ponerse en contacto con un fontanero.
- Sectorizar el control del consumo de agua. De esta forma se podrá disponer de una interesante información sobre proporción de consumos y fugas.
- Realizar mantenimiento y revisión de la instalación actual (conducciones de distribución, grifería, equipos de limpieza, contadores). Definiendo la situación actual, el plana de mantenimiento, estimación de la eficiencia.

Este conjunto de recomendaciones han sido plasmados en un documento guía para el uso eficiente del agua, el cual se ha puesto a disposición de la empresa.



### 3.2.3. Plan de acción para uso eficiente de agua

A continuación se detalla a modo de resumen, el conjunto de propuestas que comprenden el proyecto de reducción del uso del agua en las áreas de interés; llevando a cabo cada una de las acciones descritas se logrará la disminución del consumo de agua esperado.

Tabla XLI. **Plan propuesto para la reducción del consumo de agua**

Áreas de Mejora	Objetivos	Medidas para reducción de consumo	Ahorro total estimado	Responsable(s)
Sistema de tuberías	Eliminar todo tipo de fuga.	Realizar una comprobación del flujo en las tuberías cuando las llaves están cerradas para corroborar si hay fugas en el sistema.	0,1 por ciento del consumo calculado.	Encargado de mantenimiento.
Lavamanos	Reducir el nivel de consumo de agua en los lavados de mano.	Utilizar aireadores en los chorros para reducir el flujo de agua.	4 por ciento del consumo de agua de lavados.	Encargado de mantenimiento.
Procedimiento de lavado	Reducir el uso de agua por lavado de equipos.	Cambio del método de lavado por la metodología propuesta que no involucra el uso del agua.	90 por ciento a 100 por ciento del agua consumida.	Producción.
Maquinas limpiadoras	Reducir el uso de agua en la limpieza de pisos.	Utilizar pistolas a presión de agua para el lavado esporádico de los pisos para reducir el consumo del agua.	5 por ciento del consumo de agua para limpieza.	Producción.

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Resultados proyectados del plan de acción

A continuación se detalla por medio de un cuadro comparativo, los niveles de consumo de agua actuales en comparación a los niveles de consumo de agua que se esperarían luego de ejecutado el proyecto propuesto y descrito.

Tabla XLII. **Comparativo del consumo de agua actual y propuesto**

Mes	Actual			Propuesto			Porcentaje de ahorro (%)
	Consumo en lavados de equipo (L)	Consumo higiénico del personal (L)	Otros consumos (L)	Consumo en lavados de equipo (L)	Consumo higiénico del personal (L)	Otros consumos (L)	
Abril	13 270,00	20 655,00	339,25	0,00	18796.05	338,91	44,15
Mayo	14 478,00	20 655,00	351,33	0,00	18796.05	350,98	46,04
Junio	14 733,00	20 655,00	353,88	0,00	18796.05	353,53	46,42
Julio	9 851,00	20 655,00	305,06	0,00	18796.05	304,75	38,01
Agosto	14 162,50	20 655,00	348,17	0,00	18796.05	347,83	45,56
Septiembre	13 287,79	20 655,00	339,44	0,00	18796.05	339,10	44,18

Fuente: datos proyectados.

### 3.2.5. Costos de inversión para el proyecto

A continuación se detalla a modo de resumen el presupuesto para poder llevar a cabo la ejecución del proyecto de reducción del uso del agua en las áreas de interés, este fue obtenido mediante la realización de cotizaciones directas.

Tabla XLIII. **Presupuesto para la ejecución del proyecto**

Áreas de Mejora	Cantidad	Materiales	Costo unitario	Total
Sistema de tuberías	10	Llaves de pvc 1	Q 40.00	Q 400.00
	20	Uniones de pvc 1	Q 8.00	Q 160.00
	5	Llaves universales PVC de 1	Q 30.00	Q 150.00
	7	7 codos PVC de 1	Q 5.00	Q 35.00
	4	T's PVC de 1	Q 5.00	Q 20.00
	2	Reductores pvc de 1 a ¾	Q 6.50	Q 13.00
	1	¾ de pegamento PVC	Q 75.00	Q 75.00
	1	Pichacha	Q 100.00	Q 100.00
	5	Tubo de 1	Q 35.00	Q 175.00
	5	Rollos de teflón	Q 3.00	Q 15.00
Lavamanos	5	Aereadores para chorros de lavamanos	Q 15.00	Q 75.00
	5	Llaves ahorradoras de agua	Q 35.00	Q 175.00
Procedimiento de lavado	5	Mantas vinilicas para impresión de procedimiento de lavado	Q 65.00	Q 325.00
Maquinas limpiadoras	1	Hidrolavadora para uso industrial	Q11 900.00	Q11 900.00
	1	Aspiradora industrial	Q 8 500.00	Q 8 500.00
TOTAL				Q22 118.00

Fuente: elaboración propia.

## **4. FASE DE DOCENCIA. CAPACITACIONES**

A continuación se presente el conjunto de capacitaciones recibidas y otorgadas para poder cumplir con los objetivos del proyecto plasmado en esta investigación, logrando que los planes propuestos sean llevados a cabo de la mejor manera posible.

### **4.1. Diagnóstico situación actual**

Como técnica de diagnóstico para detectar las necesidades de capacitación dentro de la organización en función del proyecto propuesto se utilizaron los métodos gráficos, obtenidos mediante la realización de una encuesta a nivel operativo y administrativo de forma autoevaluativa, de acuerdo al modelo presentado. Tomando como población el número total de empleados dentro de la planta se estableció la muestra de la siguiente forma.

#### **4.1.1. Metodología del diagnóstico**

Para establecer el tamaño de la muestra dentro de la planta de producción compuesta por 10 personas del área administrativa y 37 del área operativa, sabiendo que se desea un nivel de confianza de los resultados de 90,0 por ciento y un error muestral del 5 por ciento, se procedió con lo siguiente.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente,  $n = (k^2Npq)/(e^2(N - 1) + k^2pq)$  donde k es una constante asociada al nivel de confianza, e es el error muestral y N el tamaño de la población.

Para NC: 90,0% k: 1,65. Como se desconoce p y q estas toman valores intermedios de 0,5.  $n: \frac{((1,65^2)(47)(0,5*0,5))}{((0,05^2)(47 - 1)) + (1,65^2)(0,5*0,5)}$  : 40,2 muestras.

De acuerdo a esta metodología se realizó la encuesta a 40 personas, de las cuales 8 fueron del área administrativa y 32 del área operativa, el modelo de la misma fue el siguiente.

Figura 37. **Formato de la encuesta realizada**

El diagrama muestra un cuestionario con cuatro preguntas numeradas del 1 al 4. Cada pregunta tiene cuatro opciones de respuesta: Sin idea, Poco, Moderado y Amplio. Las preguntas son:

1. ¿Cuál es su conocimiento acerca del trabajo con calidad?  
 Sin idea     Poco     Moderado     Amplio
2. ¿Sabe cuáles son los beneficios del control de la calidad?  
 Sin idea     Poco     Moderado     Amplio
3. ¿Conoce como se puede controlar la calidad?  
 Sin idea     Poco     Moderado     Amplio
4. ¿Conoce cuáles son las especificaciones mínimas de calidad que deben cumplir los productos?  
 Sin idea     Poco     Moderado     Amplio

Continuación de la figura 37.

5  
¿Tiene idea del motivo de algún rechazo de producción que haya hecho últimamente algún cliente?

Sin idea       Poco       Moderado       Amplio

6  
¿Conoce usted qué es la producción más limpia?

Sin idea       Poco       Moderado       Amplio

7  
¿Conoce usted qué beneficios conlleva trabajar con principios de producción más limpia?

Sin idea       Poco       Moderado       Amplio

8  
¿Cree usted que es importante el uso y ahorro del agua dentro de la planta de producción?

Sin idea       Poco       Moderado       Amplio

9  
¿Considera usted que puede reducirse el consumo de agua en la planta de producción?

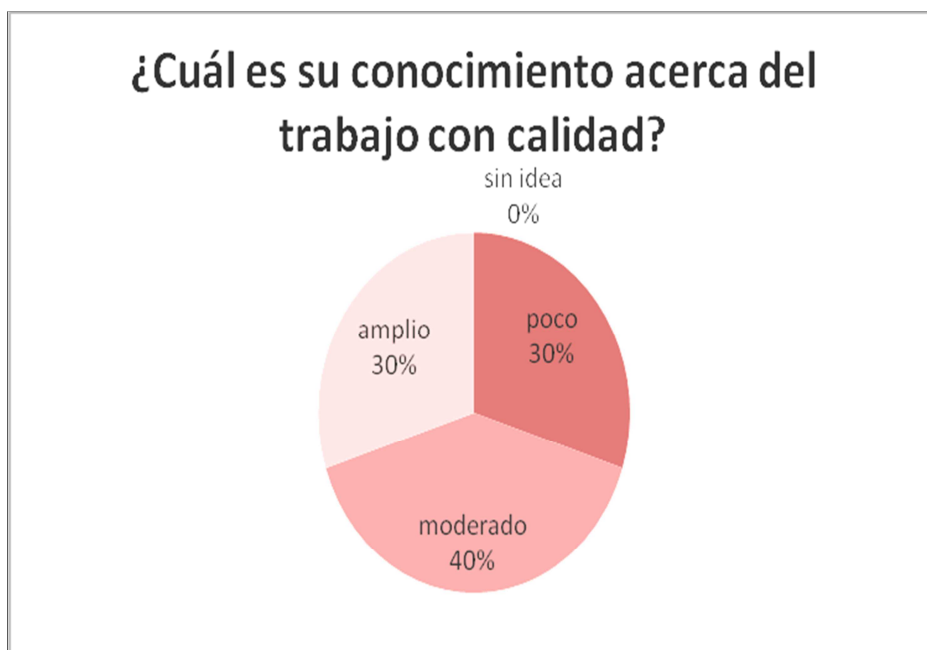
Sin idea       Poco       Moderado       Amplio

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados encuesta sobre calidad y Producción más Limpia

De acuerdo a la encuesta se evaluó si el personal de la planta tenía conocimiento acerca de la calidad para poderla implementarla en su trabajo, lo cual arrojó los siguientes resultados.

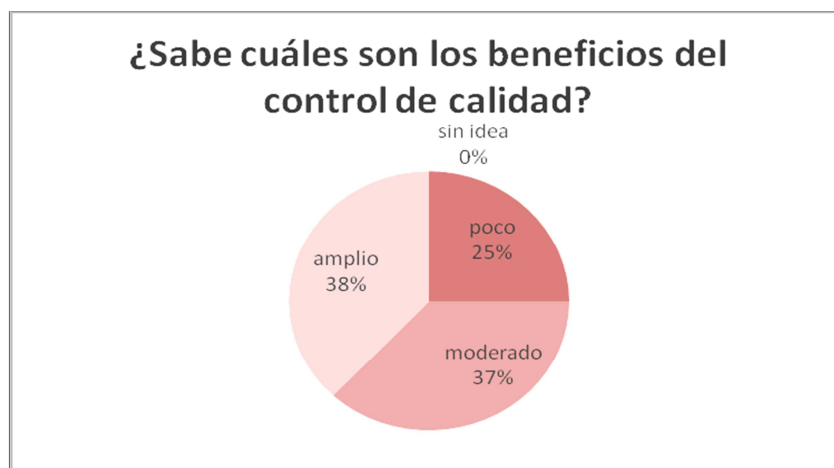
Figura 38. **Evaluación del conocimiento actual del trabajo con calidad**



Fuente: Elaboración propia.

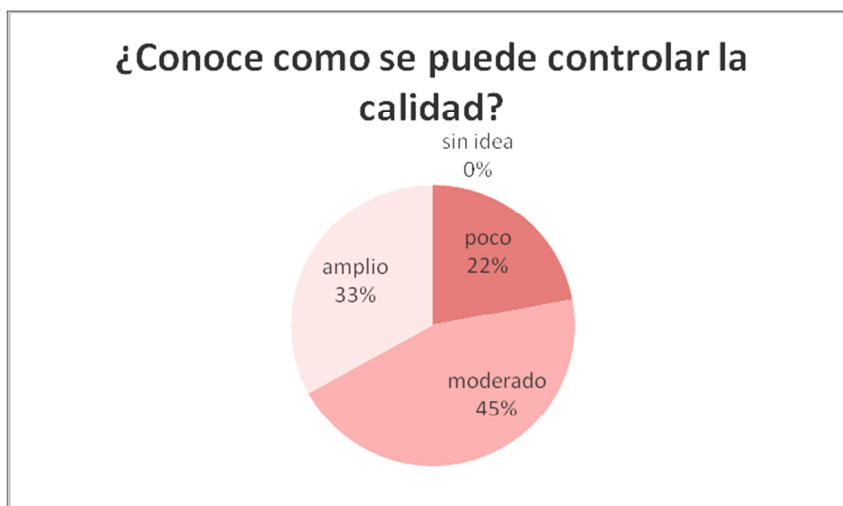
De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que más del 50 por ciento del personal dentro de la planta necesita reforzamiento e inducción acerca de la calidad, para poder entender claramente que es y como beneficia a la planta.

Figura 39. **Evaluación del conocimiento de los beneficios de CC**



Fuente: elaboración propia.

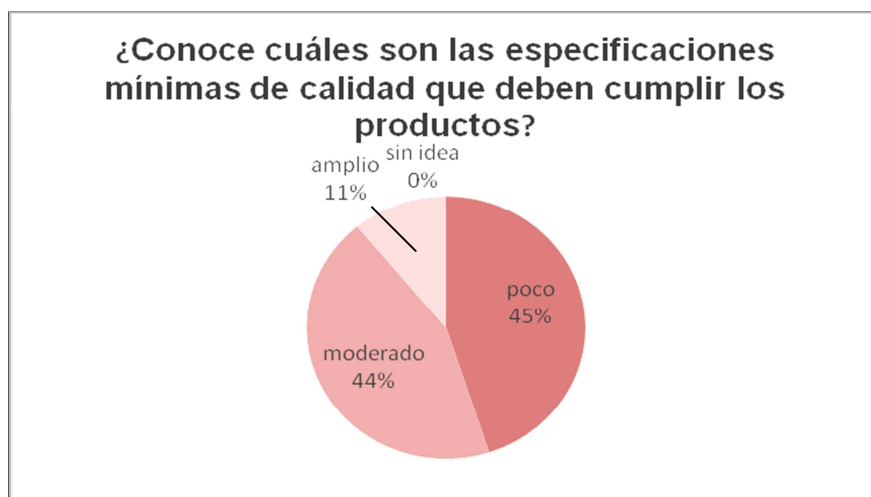
Figura 40. **Evaluación del conocimiento de cómo llevar el CC**



Fuente: elaboración propia.

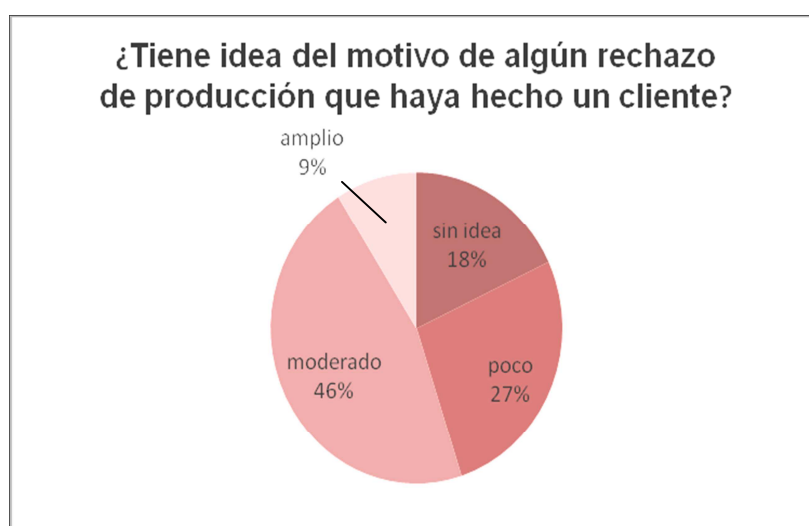


Figura 41. **Evaluación del conocimiento de especificaciones mínimas**



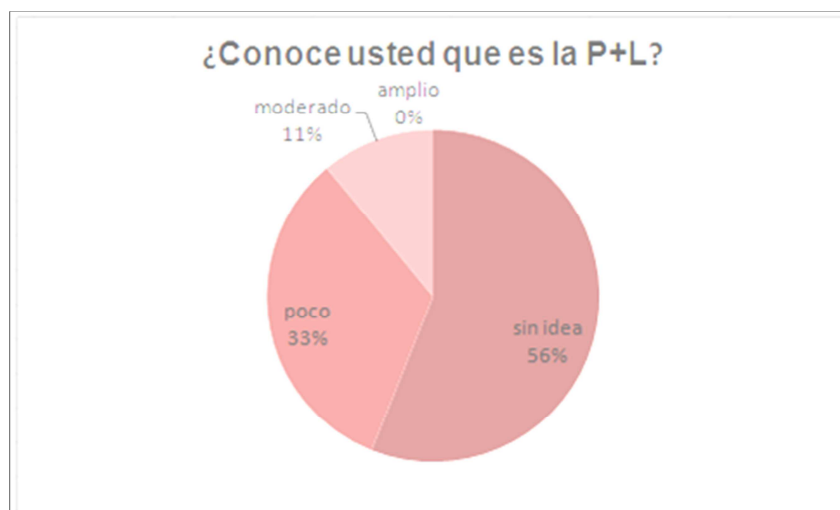
Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Evaluación del seguimiento de rechazos**



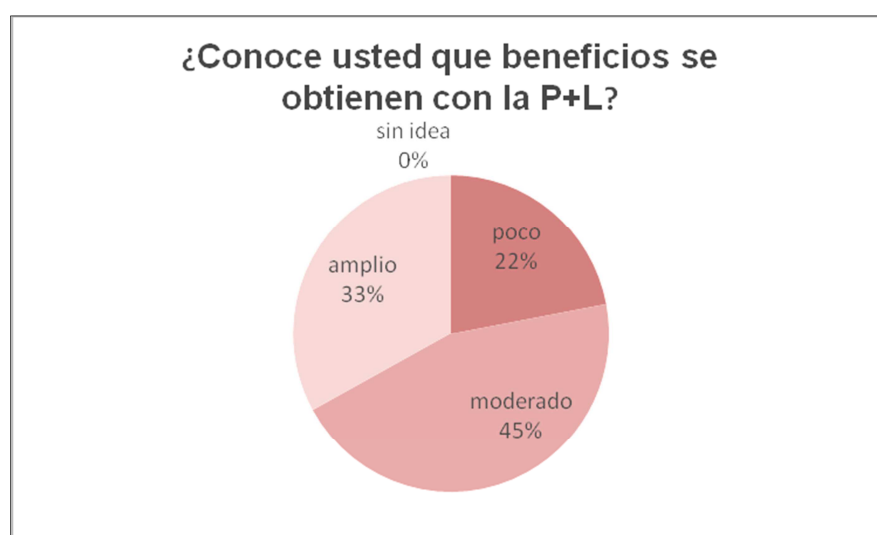
Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Evaluación del conocimiento de P+L**



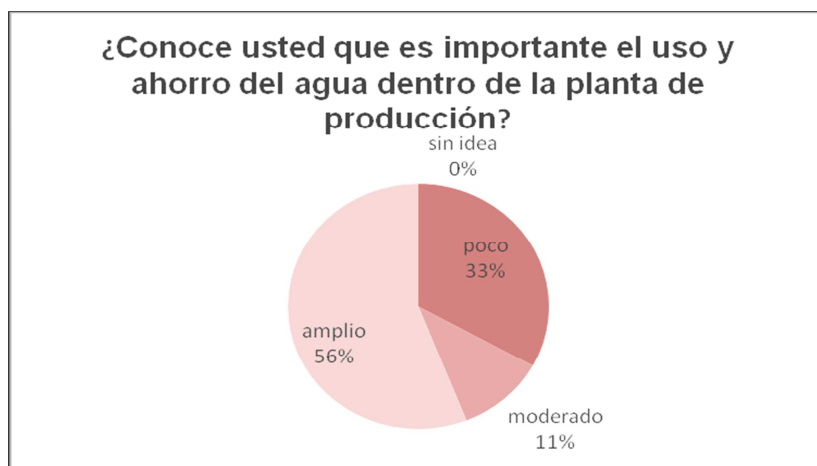
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Conoce usted qué beneficios conlleva trabajar con P+L**



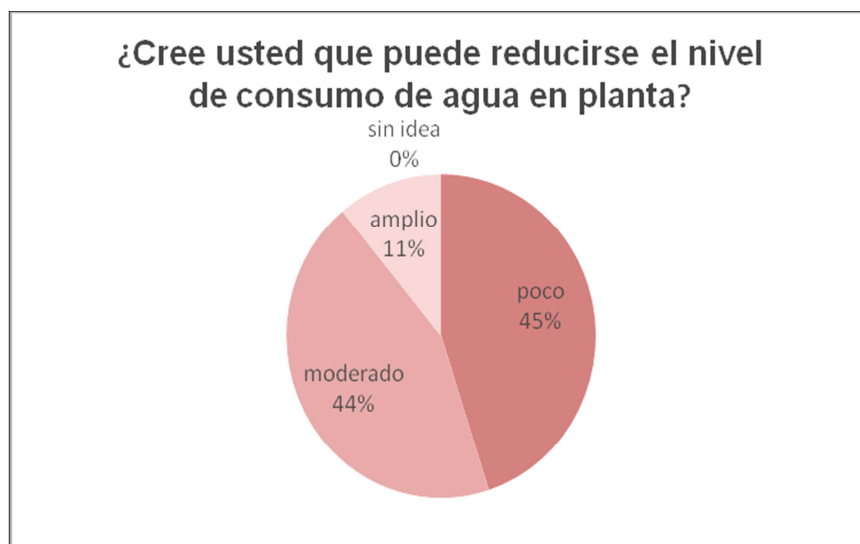
Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Evaluación de la importancia del uso eficiente del agua**



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. **Evaluación de la posibilidad de reducir el consumo de agua**



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la evaluación de los gráficos presentados se puede observar claramente que más del 70 por ciento de la población de trabajadores en la empresa presenta una necesidad de capacitación acerca del conocimiento de la calidad, implicaciones satisfactorias que se obtienen, como se mide y controla. Es por ello que resulta común que hayan problemas de la calidad ya que no existe una cultura de la calidad dentro de las líneas operativas y mandos operacionales.

En vista a esto se deja constancia de un plan de capacitaciones en lo que respecta al control de calidad que permita una inducción completa y continua de los diferentes temas que involucran a la calidad, tales como calidad, empoderamiento, trabajo en equipo, control de calidad, sin faltar las inducciones correspondientes al uso de la metodología propuesta.

Así también en lo que respecta a los principios de Producción más Limpia no se tiene una idea totalmente completa de la implementación de esta metodología en la producción, sin embargo sí existe conciencia de que hay recursos que pueden aprovecharse de una mejor maneja y que pueden reducir su consumo, tal es el caso del agua. Por tal motivo dentro de las capacitaciones programadas se incluyen las capacitaciones que respectan a esta metodología y a factores recomendados que pueden generar un menor consumo de agua.

#### **4.2. Programa de capacitaciones**

A continuación se detalla en forma de tabla la descripción del programa de capacitaciones sugerido y utilizado para poder adentrar al conocimiento y aplicación del proyecto propuesto y cada una de las herramientas ya descritas.

Tabla XLIV. **Capacitaciones programadas para personal de planta**

<b>Capacitación</b>	<b>Temas a tratar</b>	<b>Metodología</b>	<b>Personal al que va dirigido</b>
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto y definiciones</li> <li>- Implicaciones satisfactorias</li> <li>- Beneficios</li> <li>- Evolución</li> </ul>	Presentación de un video documental.	Personal de producción, bodegas y calidad.
Empoderamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto y definiciones</li> <li>- Toma de decisiones</li> </ul>	Presentación con diapositivas y dinámicas de grupo.	Todo el personal.
Trabajo en equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas para el trabajo en equipo.</li> </ul>	Exposición del tema y dinámicas de grupo.	Todo el personal.
Normas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificaciones de calidad.</li> <li>- Niveles aceptables de producción.</li> </ul>	Exposición del tema y metodología de reconocimiento.	Personal de producción, calidad y bodegas.
Producción más limpia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto.</li> <li>- Aplicación.</li> <li>- Beneficios.</li> </ul>	Presentación con diapositivas.	Todo el personal.
Recursos no renovables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptos y definiciones.</li> <li>- Aplicación.</li> </ul>	Presentación con diapositivas.	Todo el personal.

Continuación de la tabla XLIV.

Uso eficiente de agua	- Aplicaciones. - Herramientas de medición.	Exposición y dinámicas de grupo.	Todo el personal.
Metodología de lavados de equipo	- Metodología propuesta.	Exposición y metodología de reconocimiento.	Personal de producción y calidad.
Metodología de sistema estadístico de la calidad	- Uso y aplicaciones. - Cuadros de registros. - Manejo de información.	Exposición y metodología de reconocimiento.	Personal de calidad.

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.1. Capacitaciones llevadas a cabo**

A continuación se presenta el detalle de las capacitaciones que fueron llevadas a cabo de acuerdo a las necesidades de capacitación, plasmadas en el programa respectivo. En cada una de las mismas se detalla sus objetivos, destino, recursos, duración, indicadores y metodología empleada.

##### **4.2.1.1. Capacitación de la calidad**

Esta capacitación fue llevada a cabo con el objetivo primordial de sentar las bases del conocimiento de la calidad, con el fin de dar facultad a la gente para hacer la calidad desde las líneas de producción y descentralizar la calidad e una sola persona.

- Objetivo. Adentrar al conocimiento de la calidad y el trabajo con calidad, a los trabajadores de la planta de producción, así como la hacer ver la importancia que tiene en la producción.

- Personal al que va dirigido. Para esta capacitación fue citado el personal de producción, bodegas y calidad.
- Recursos. Equipo audio visual compuesto por sistema de sonido, cañonera y laptop.
- Duración. 1 hora.
- Indicadores. Se realizó un foro de preguntas y respuestas para aclarar los temas más específicos y detectar la profundidad del aprendizaje.
- Metodología. Se llevó a cabo una capacitación acerca de la calidad, mediante la presentación de un video documental que contempla cómo ha evolucionado la calidad hasta la fecha, cual es el objetivo que se pretende alcanzar y como se logra el trabajo con calidad.

Figura 47. **Capturas del video documental presentado**



Fuente: CRM Films.

#### **4.2.1.2. Capacitación de la metodología propuesta sistema estadístico de la calidad**

Esta capacitación se llevó a cabo con el objeto de presentar la metodología propuesta en esta investigación, así como dictar las herramientas y estrategias que deben llevarse a cabo dentro de una organización para poder asegurar la calidad de los productos.

- **Objetivo.** Presentar la metodología propuesta en este proyecto, estableciendo las herramientas necesarias para el control de calidad y su aplicación estadística.
- **Personal al que va dirigido.** Para esta capacitación fue citado el personal calidad y supervisores de producción.
- **Recursos.** Equipo de proyección compuesto por cañonera y laptop.
- **Duración.** 4 horas.
- **Indicadores.** Para lograr el aprendizaje de la misma se llevó a cabo una inspección de un proceso productivo en donde se fueron recabando los datos de interés, los cuales fueron posteriormente analizados utilizando herramientas como hojas electrónicas para finalmente obtener las conclusiones esperadas.



- Metodología. Se llevó a cabo una exposición de las principales características del sistema estadístico de la calidad, en donde se les presentó los formatos propuestos para la toma de datos y análisis de los mismos. De esta manera el personal fue capaz de llenar los formatos de registro, coleccionar los datos de interés, analizarlos y tomar conclusiones para la presentación de informes.

Figura 48. **Inspección guiada de un proceso productivo**



Fuente: capacitación efectuada en áreas de producción de la planta 4-Agro, S. A.

#### **4.2.1.3. Capacitación de P+L**

Esta capacitación fue llevada a cabo, para adentrar al personal al conocimiento de los beneficios que conlleva la Producción más Limpia, mediante la reducción de desperdicios y aprovechamiento de recursos con los que cuentan las empresas.

- Objetivo. Adentrar a todo el personal al conocimiento de las prácticas de producción más limpia y los beneficios que con esta se obtienen.

- Personal al que va dirigido. Todo el personal de la planta de producción, tanto operativo como administrativo.
- Recursos. Equipo de proyección compuesto por cañonera y laptop.
- Duración. 2 horas.
- Indicadores. Se realizó un foro de preguntas y respuestas para aclarar los temas más específicos y detectar la profundidad del aprendizaje.
- Metodología. Se llevó a cabo una presentación con diapositivas acerca de esta metodología y las implicaciones satisfactorias que se obtienen. Mediante exposición se hizo ver en qué consiste la Producción más Limpia, de qué forma es aplicable dentro de la planta de producción y qué expectativas u oportunidades se tienen para aplicarla en las áreas de trabajo.

Figura 49. **Fotografías de la capacitación de P+L llevada a cabo**



Fuente: capacitación efectuada en planta 4-Agro, S. A.

#### **4.2.1.4. Capacitación de uso eficiente del agua**

Esta capacitación fue llevada a cabo, con el propósito de concientizar al personal al uso adecuado del recurso hídrico, con fines a reducir los consumos actuales y así cumplir las expectativas esperadas en esta investigación.

- **Objetivo.** Concientizar al personal acerca del uso eficiente del agua.
- **Personal al que va dirigido.** Todo el personal de la planta de producción, tanto operativo como administrativo.
- **Recursos.** Equipo de proyección compuesto por cañonera y laptop.
- **Duración.** 3 horas.
- **Indicadores.** Se realizó una serie de lavados de equipo guiados, estableciendo las técnicas para ahorrar agua, y así afianzar la práctica.
- **Metodología.** Por ello se llevó a cabo una capacitación acerca de la diferentes metodologías y herramientas que permiten reducir el consumo de agua, realizando una exposición del tema acompañado de una serie de dinámicas con miras a la reducción del agua, tal es el caso del uso de agua para la limpieza personal, de equipos. Esta capacitación fue llevada a cabo dentro de las áreas de trabajo con cada grupo de producción.

Figura 50. **Capacitación llevada a cabo del uso eficiente del agua**



Fuente: capacitación efectuada en áreas de producción de planta 4-Agro, S. A.

#### **4.2.1.5. Capacitación de metodología propuesta para reducir el consumo de agua**

Esta capacitación fue llevada a cabo, con el propósito de dar a conocer las metodologías propuestas que permitirán un ahorro en el consumo del agua en la planta, esta se acompañó de una serie de cuadros y diagramas que facilitaron su comprensión y utilización.

- **Objetivo.** Introducir a los trabajadores de producción a la metodología propuesta para el ahorro de agua presentada en esta investigación.
- **Personal al que va dirigido.** Personal de producción.
- **Recursos.** Equipo de proyección compuesto por cañonera y laptop.

- Duración. 2 horas.
- Indicadores. Se realizó una comprobación escrita de la metodología expuesta.
- Metodología. Se realizó una presentación de la metodología propuesta para el lavado de los equipos en las que se garantiza un mínimo uso del agua para lavados. Esta presentación se realizó a los encargados de grupos de producción mediante una exposición de la metodología a base de diagramas y formatos de uso.

Figura 51. **Capacitación realizada de la metodología propuesta**



Fuente: capacitación efectuada en panta 4-Agro S. A.

## CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de un sistema de control estadístico de la calidad, se logró eficazmente la reducción de los rechazos de producción, pasando de un 5 por ciento de rechazos a un 2 por, obteniendo una mayor garantía del cumplimiento de las especificaciones y mejor fundamentación para la aprobación o rechazo de un lote de producción evaluado.
2. Para la implementación de un sistema de control estadístico de la calidad, se limitaron como directrices la definición de puntos críticos de control, definición de especificaciones de calidad, implementación de gráficos de control, implementación de formatos de inspección e implementación de muestreos de aceptación simples y dobles.
3. Las especificaciones de calidad fueron adoptadas de forma coherente con los procesos y equilibradas con las expectativas de los clientes de modo de lograr el máximo cumplimiento de las mismas, logrando ser estas; límites de llenado, caracterización del buen sello y apariencia y rangos definidos de concentraciones.
4. Mediante el monitoreo de las especificaciones de calidad en los puntos críticos de control, se obtienen resultados en los procesos menos variantes y de acorde a las especificaciones definidas, que garantizan la reducción de productos que no cumplen con la calidad, ya que mediante el control se logró pasar de un 8 por ciento de errores a un 3 por ciento durante el período de ejecución del proyecto.

5. De acuerdo al análisis de los diagramas de Pareto realizados, los puntos de control en los procesos de reenvase son el peso de la unidad, el sellado, y la apariencia final de la misma; mientras que en los procesos de formulación son el aseguramiento de la fórmula a utilizar, el cumplimiento de las cargas y los tiempos de agitación y mezcla.
6. Con la elaboración de formatos de registro y análisis de información se logró una mejor manipulación de los datos que facilitó su evaluación de forma estadística y el procesamiento de datos para poder tomar conclusiones en cuanto a decisiones, tendencias y control de los procesos.
7. Mediante la adopción de un sistema de lavado de equipos en donde sea aprovechado los remanentes de producto en los tanques de formulación, se logra disminuir del 40 por ciento al 50 por ciento del consumo de agua total de planta; esto se logra utilizando solventes para los lavados que arrastren los remanentes cumpliendo su función de limpieza, y que pueden utilizarse en formulaciones posteriores erradicando desperdicios de agua.
8. Mediante las capacitaciones llevadas a cabo se logró crear un parte aguas de lo que involucra el sistema de control estadístico de la calidad propuesto y el Programa de Producción más Limpia desarrollado, con los cuales se logran disminuir los rechazos y reducir el consumo de agua respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. El personal operativo de la planta debe ser orientado acerca de la responsabilidad de calidad, para lograr crear una cultura de calidad dentro de la organización, delimitando claramente que la calidad no recae en una única persona si no en cada uno que ejecuta su trabajo, desarrollando culturas de empoderamiento y trabajo en equipo, de modo que los mismos operarios sean capaces de encontrar sus errores y corregirlos en el momento.
2. El Departamento de Producción de la planta debe continuar con la ejecución de este plan, analizar los datos obtenidos y realizar reuniones de círculos de calidad para tratar los temas de errores frecuentes y sus soluciones, estableciendo dentro de la organización una cultura de mejora continua, para así lograr eliminar la totalidad de los reclamos.
3. El Departamento de Mantenimiento de la planta debe instalar sistemas de medición de agua sectorizados, de modo que se permita controlar los flujos en las diferentes áreas, y mediante la aplicación del programa propuesto lograr el ahorro esperado.
4. Los trabajadores operativos de la planta deben crear una consciencia del ahorro de agua en producción, ya que serán éstos los que garantizarán el ahorro y el cero desperdicio del agua; de no generar esta consciencia podrán proponerse e implementarse programas que no tendrán los resultados esperados.



5. Gerencia de Planta debe crear una metodología que permita dar seguimiento a los reclamos de los clientes, en donde mediante un seguimiento exhaustivo del mismo se puedan establecer las causas y razones que propiciaron el no cumplimiento de las expectativas de los clientes y finalmente corregirlas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. EVANS, James R. *Administración y control de calidad*. Lindsay, William M (co-autor); 7a ed. México: Cengage Learning Editores, 2008. 854 p.
2. GUTIÉRREZ, Humberto. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. De La Vara Salazar (co-autor); 2a ed. México: McGraw Hill, 2009. 502 p.
3. HANSEN, Bertrand L. *Control de calidad: Teoría y aplicaciones*. Ghare, Prabhakar M. (co-autor); España: Díaz de Santos, 1991. 564 p.
4. JURAN, M. *Manual de control de calidad*. Gryna, Frank M. (co-autor); 2a ed. España: Reverté, 2009. 1509 p.
5. KOONTZ, Harold. *Administración – Una perspectiva global*. Weihrich Heinz (co-autor); 11a ed. México: McGraw Hill, 2009. 244 p.
6. Ministerio de Ambiente Guatemala. *Buenas prácticas para el manejo de agua*. Guatemala: MMA, 2010.
7. MURRAY, Spiegel. *Probabilidad y Estadística*. 4a ed. España: Serie Schaum, 2009. 468 p.

8. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 11a ed. México: Alfa Omega Grupo Editor, 2009. 548 p.
9. SUBUYÚ FUENTES, Eddy Frank. *Diseño e implementación de un sistema para el control de la calidad, en una empresa de bordado, basado en control estadístico de calidad*. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009.
10. VAN HOOFF, Bart. *Producción más limpia*. Colombia: Técnicas Marcombo, 2008. 634 p.