



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**EVALUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA EL ÁREA DE
PRODUCCIÓN DE QUÍMICA ORIÓN S.A.S
PLANTA GUARNE**

Autor

Laura Catalina Monsalve González

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería industrial

Medellín, Colombia

2021



Evaluación e implementación de estrategias de mejora para el área de producción de
Química Orión S.A.S planta Guarne

Laura Catalina Monsalve González

Trabajo de grado
Como requisito para optar al título de:
Ingeniera industrial

Asesores
Nelson Orozco Alzate
Ingeniero industrial

Erin Marín Torijano
Administrador logístico

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería industrial.
Medellín, Colombia
2021.

Resumen

De acuerdo con la norma ISO 9000: la calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos, basados en lo anterior, un producto se determina si es o no conforme en la medida que cumpla con las especificaciones de calidad requeridas; el presente informe desglosa el trabajo realizado en la compañía Química Orión S.A.S, en el semestre de practica académica, el cual se enfocó en el desarrollo de estrategias que brinden herramientas que permitan alinear el producto al cumplimiento de parámetros como viscosidad y pH, adicionalmente aumentar la productividad eliminando actividades que no agregan valor.

Para la primera acción de mejora se formuló una metodología de medición para la variable viscosidad, con el objetivo de disminuir los desplazamientos de los operarios de fabricación y brindar un método sencillo, que conllevara la menor inversión posible, adicionalmente era necesario que este lograra adaptarse a las condiciones del área.

Se consigue la implementación de tal método basado en procedimiento de embudo de marsh, el cual logra cumplir lo requerimientos expuestos anteriormente, se realizan pruebas y se genera un modelo de regresión simple, entre las variables tiempo de desplazamiento del producto y la variable viscosidad, en el cual se obtiene un R- ajustado de 91,94%, posteriormente se implementó el método en el área y se obtuvo un ahorro de 42,24% del tiempo destinado en la actividad de aprobación calidad.

Para la segunda acción de mejora se implementó una carta de control para la variable pH, se logra pasar de un proceso de una variación alta a acotar los resultados de pH y tener un proceso bajo control.

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objetivos | 2 |
| 2.1 Objetivo general..... | 2 |
| 2.2 Objetivos específicos | 2 |
| 3. Marco Teórico..... | 2 |
| 3.1 Estudio de métodos de trabajo | 2 |
| 3.2 Medición del trabajo | 2 |
| 3.3 Eficiencia | 2 |
| 3.4 Productividad..... | 2 |
| 3.5 Regresión lineal simple..... | 2 |
| 3.6 Cartas de control | 3 |
| 3.7 Índice de capacidad..... | 4 |
| 3.4.1. PH | 4 |
| 3.4.2 Viscosidad..... | 4 |
| 3.4.3 Grados brix | 5 |
| 4.1 Cronograma de Actividades..... | 5 |
| 5.1 Descripción | 6 |
| 5.2 Visión, Misión y valores | 6 |
| 5.2.1 Misión | 6 |
| 5.2.2 Visión..... | 6 |
| 5.2.3. Valores | 6 |
| 6. Descripción del proceso de producción del jabón lavalozza | 7 |
| 6.1 Diagrama SIPOC | 8 |
| 7. Análisis diagnóstico | 9 |
| 7.1 Evaluación estudio de tiempos de las actividades | 9 |
| 7.2. AMEF | 13 |
| 7.3 Diagrama de Pareto..... | 14 |
| 8. Formulación de propuestas de mejora | 14 |
| 9. Resultados obtenidos | 17 |
| 9.1. Modelo de regresión lineal | 17 |

| | |
|--|----|
| 9.1.2 Validación de supuestos del modelo..... | 20 |
| 9.2 Límites de control | 25 |
| 10. Conclusiones y acciones recomendadas | 29 |
| 11. Bibliografía..... | 31 |
| 12. Anexos | 32 |
| 12.1 Cronograma de actividades..... | 32 |
| 12.2. SIPOC | 33 |
| 12.3 Tabla de rango | 34 |
| 12.4 Caracterización actual proceso | 35 |
| 12.5. Cartas de control | 37 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 .Resumen estadístico de alistamiento de materia prima. Fuente: Elaboración propia.. | 9 |
| Tabla 2. Resumen estadístico de adición de materia prima 1. Fuente: Elaboración propia..... | 10 |
| <i>Tabla 3.</i> Resumen estadístico de reposo de producto. Fuente: Elaboración propia..... | 10 |
| Tabla 4. Resumen estadístico de adición de materia prima 2. Fuente: Elaboración propia. .. | 12 |
| Tabla 5. Resumen estadístico de aprobación calidad. Fuente: Elaboración propia. | 13 |
| Tabla 6. Modos de fallas con mayor NPR. Fuente: Elaboración propia..... | 13 |
| Tabla 7 . Descripción de acción de mejora. Fuente: Elaboración propia..... | 15 |
| Tabla 8 . Descripción de acción de mejora. Fuente: Elaboración propia..... | 16 |
| Tabla 9. Matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia..... | 17 |
| Tabla 10 . Resumen de beneficios y ahorros obtenidos. Fuente: Elaboración propia..... | 25 |
| Tabla 11. Cálculo de los límites de control. Fuente: Elaboración propia. | 25 |
| Tabla 12. Resumen de beneficios y ahorros obtenidos. Fuente: Elaboración propia..... | 26 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Interpretación del índice de capacidad..... | 4 |
| Ilustración 2. Mapa de procesos de la compañía Química Orión S.A.S | 7 |
| Ilustración 3. Histograma de tiempos de alistamiento de materia prima. | 9 |
| Ilustración 4. Histograma de tiempos de adición materia prima 1 | 10 |
| Ilustración 5. Histograma de tiempos de reposo de producto. | 11 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 6. Histograma de tiempos Adición de materia prima 2..... | 11 |
| Ilustración 7. Histograma de tiempos aprobación calidad. | 12 |
| Ilustración 8. Diagrama de Pareto tiempos improductivos. | 14 |
| Ilustración 9. Modelo de regresión lineal simple. | 18 |
| Ilustración 10. Modelo de regresión lineal simple. | 19 |
| Ilustración 11. Prueba de normalidad..... | 20 |
| Ilustración 12. Gráfico de residuales vs tiempo. | 21 |
| Ilustración 13. ACF Y PACF. | 21 |
| Ilustración 14. Gráfico de la recta ajustada por el modelo de regresión lineal | 22 |
| Ilustración 15. Gráfico de distancia Cook..... | 23 |
| Ilustración 16. Datos ajustados vs datos reales modelo.. | 23 |
| Ilustración 17. Análisis de capacidad inicial..... | 27 |
| Ilustración 18. Análisis de capacidad actual. | 28 |

1. Introducción

El objetivo común de las organizaciones es el aumento de la productividad y eficiencia, adicionalmente estas deben asegurar la calidad de sus productos y/o servicios, por lo tanto, existe la constante necesidad de implementar acciones que brinden resultados efectivos a bajos costos, todos ellos encaminados a la generación de valor, crecimiento empresarial y aumento de competitividad.

El presente documento tiene como fin documentar el trabajo de grado realizado en el semestre de industria, el cual se llevó a cabo en la compañía Química Orión S.A.S (Planta Guarne), compañía dedicada a la manufactura de productos de limpieza y desinfección, con experiencia en el mercado nacional de 28 años.

A causa de la contingencia mundial, dada por Covid-19 los productos de desinfección y limpieza han tenido un crecimiento exponencial en el mercado, ya que los hábitos de los consumidores se han adaptado a los protocolos dispuestos para controlar la propagación del virus, por lo tanto, las empresas del sector ha tenido un incremento en la demanda y sus proyecciones de ventas, sumado a esto el mercado es más amplio y competitivo cada día, por ende, es necesario que la empresa se adapten en medio de la crisis; es fundamental que se planteen estrategias con el fin de asegurar que la organización esté preparada para asumir tales cambios.

El trabajo se enfocará en el estudio del proceso de fabricación del producto que representa el 52,2 % de participación en la producción en la planta de Guarne (lavalozas), el proyecto se centrará en el análisis del proceso de fabricación de este, el cual pretende identificar las actividades que generan valor y las que no, con el fin de establecer mecanismos que permitan aumentar la productividad de tal referencia. Así mismo se desea evaluar la siguiente situación: actualmente las especificaciones de calidad se definen en el valor de PH, viscosidad y grados brix, se identifica que el proceso debe realizar diversas actividades basadas en el ensayo y error para que los parámetros estén dentro del rango, el estudio tiene como foco la evaluación e implementación de acciones que nos permitan conocer, controlar tales valores y disminuir los tiempos y acciones perdidas.

A continuación, se establece los objetivos, conceptos teóricos que se utilizarán en el desarrollo del proyecto, la metodología, cronograma de actividades y resultados obtenidos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Plantear un modelo de mejora con el fin de aumentar la productividad del proceso de fabricación de lavalozas en la empresa Química Orión S.A.S planta de guarne

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el proceso de fabricación de lavalozas, estableciendo sus diferentes unidades de trabajo, interfaces e interrelaciones, así mismo las actividades que agregan valor.
- Comparar la documentación actual con la caracterización realizada en el paso anterior.
- Establecer el plan de mejoramiento.

3. Marco Teórico

3.1 Estudio de métodos de trabajo

En la actualidad conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos originan incrementos de productividad. Con base en la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución, puede efectuarse un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales. Lo cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos. García Criollo, Roberto (2005).

3.2 Medición del trabajo

Es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierta en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida. García Criollo, Roberto (2005).

3.3 Eficiencia

La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos: es decir, se genera cantidad, calidad y se incrementa la productividad. García Criollo, Roberto (2005).

3.4 Productividad

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. García Criollo, Roberto (2005). [1]

3.5 Regresión lineal simple

Modelo con un solo regresor x que tiene una relación con una respuesta y , donde la relación es una línea recta. Este modelo de regresión lineal simple es

$$y = B_0 + B_1 x + E$$

donde la ordenada al origen b_0 y la pendiente B_1 son constantes desconocidas, y E es un componente aleatorio de error. Se supone que los errores tienen promedio cero y varianza desconocida. Además, se suele suponer que los errores no están correlacionados. Esto quiere decir que el valor de un error no depende del valor de cualquier otro error. Conviene considerar que el regresor x está controlado por el analista de datos, y se puede medir con error despreciable, mientras que la respuesta y es una variable aleatoria. Con lo que hay una distribución de probabilidades de y para cada valor posible de x .

A los parámetros B_0 y B_1 se les suele llamar coeficientes de regresión. Éstos tienen una interpretación simple y, frecuentemente, útil. La pendiente B_1 es el cambio de la media de la distribución de y producido por un cambio unitario en x . Si el intervalo de los datos incluye a $x = 0$, entonces la ordenada al origen, B_0 , es la media de la distribución de la respuesta y cuando $x = 0$. Si no incluye al cero, B_0 no tiene interpretación práctica. [2]

3.6 Cartas de control

Las cartas de control son un gráfico que sirve para observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de u procesos a través del tiempo, Así, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora. Cuando se habla de analizar el proceso nos referimos principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas de control también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables de entrada o de control del proceso mismo. La variación por causas comunes (o por azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; y es aportada de forma natural por las condiciones. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes causas que son difíciles de identificar y eliminar, ya que son inherentes al sistema y la contribución individual de cada causa es pequeña; no obstante, a largo plazo representan la mayor oportunidad de mejora. La variación por causas especiales (o atribuibles) es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están de manera permanente en el proceso. Por ejemplo, la falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza de la máquina, el empleo de materiales no habituales o el descuido no frecuente de un operario. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello. [3]

3.7 Índice de capacidad

Las variables de salida o de respuesta de un proceso (véase capítulo 1) deben cumplir con ciertas metas y/o especificaciones, a fin de que sea posible considerar que el proceso funciona de manera satisfactoria. Por ello, una tarea primordial del control de calidad es conocer la capacidad o habilidad de un proceso, que consiste en determinar la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada. Esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria.

El índice de capacidad potencial del proceso, C_p , se define de la siguiente manera:

$$C_p = (ES - EI) / 6S$$

donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste. [4]

| VALOR DEL ÍNDICE C_p | CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO | DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO) |
|------------------------|-------------------------------|---|
| $C_p \geq 2$ | Clase mundial | Se tiene calidad Seis Sigma. |
| $C_p > 1.33$ | 1 | Adecuado. |
| $1 < C_p < 1.33$ | 2 | Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto. |
| $0.67 < C_p < 1$ | 3 | No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria. |
| $C_p < 0.67$ | 4 | No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias. |

Ilustración 1. Interpretación del índice de capacidad.

Fuente: Control estadístico de la calidad y seis sigmas, Gutierrez-2da.

3.4 Definiciones

3.4.1. PH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución o sustancia. [4]

3.4.2 Viscosidad

Es lo opuesto de fluidez; puede definirse de modo simplificado, como la mayor o menor resistencia que ofrece un líquido para fluir libremente. Todos los líquidos poseen algo de viscosidad. En

términos generales la viscosidad de un líquido es independiente de su densidad o gravedad específica, pero si depende de la temperatura a que se encuentre, siendo inversamente proporcional a esta. [5]

3.4.3 Grados brix

Los grados Brix miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución. Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro. [6]

4. Metodología

A Continuación, se expone la metodología que se llevará a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

Fase 1: Reconocimiento

En esta fase se realizó el acercamiento con el área, se pretende conocer todos los procesos y actividades que realizan.

Fase 2: Análisis diagnóstico

Una vez se identifiquen los procesos o actividades a estudiar, se realizará la toma de tiempos y registro de métodos actuales, con los cuales se estudiará el comportamiento. Se apoyará este análisis con herramientas como diagrama de causa – efecto, AMEF.

Fase 3: Propuestas de mejora

Según la conclusión que se obtengan se realizará las propuestas de las acciones de mejora.

Fase 4: Documentación e implementación de las propuestas de mejora

En esta fase se aplicarán las acciones de mejoras que tengan viabilidad y sean aceptadas por parte del coordinador de producción, considerando los recursos disponibles y horizonte de tiempo.

Fase 5: Evaluación de los resultados obtenidos

Se llevará a cabo el análisis de los resultados de las acciones de mejora implementadas.

Fase 6: Presentación de proyecto

Finalmente formula y presenta el proyecto.

4.1 Cronograma de Actividades

El cronograma se encuentra en anexos.

5. Presentación de la empresa

5.1 Descripción

Química Orión S.A.S una compañía especializada en la manufactura de productos de limpieza y desinfección. La experiencia adquirida desde 1992, le ha permitido fabricar productos que son utilizados ampliamente por la industria con los mejores resultados de costo – beneficio; cada materia prima es rigurosamente seleccionada para que al final todos los productos terminados cumplan con los estándares de calidad exigidos por cualquier sector productivo. Certificado bajo los criterios de la norma ISO 9001/2015. (QuimicaOrion.com.co, 2020)

Cuenta con dos plantas de producción un de ellas está ubicada en Guarne Antioquia, planta destinada a realizar la maquila de los productos de como desengrasante, lavalozas, jabón de manos, limpiavidrios y gel antimaterial para empresas del sector. Adicionalmente se cuenta con la planta ubicada en la Estrella, Antioquia donde se realizar la producción y distribución de marca propia.

5.2 Visión, Misión y valores

5.2.1 Misión

Es ser reconocida por generar satisfacción a través de la excelencia en el servicio, la calidad, el dinamismo y la búsqueda de productos ecológicos para la limpieza y desinfección en la industria alimentaria, abasteciendo de materias primas químicas y asesoría al sector productivo, comprometiéndose a asegurar nuestra rentabilidad y la de nuestros clientes, mejorar nuestra calidad de vida como producto del trabajo colectivo y organizado. (QuimicaOrion.com.co, 2020)

5.2.2 Visión

Consolidarse como una de las mejores opciones en el suministro de productos de limpieza y desinfección, materias primas y asesoría química a nivel nacional, destacada por la excelencia de sus productos y servicios a la medida del cliente, comprometidos con el crecimiento de nuestros clientes, colaboradores aliados y del país. (QuimicaOrion.com.co, 2020)

5.2.3. Valores

- Fomentar una cultura de excelencia. Elaborar todos nuestros productos en el marco de la calidad y la mejora continua, tal y como se define en las normas ISO 9001.
- Desarrollar nuestras actividades bajo un sistema de participación e innovación constante, para facilitar la superación personal e institucional.

- Atender al uso racional de los recursos; considerando el factor humano y el medio ambiente como pilares fundamentales para el pleno desarrollo de nuestra organización.
- Establecer relaciones de confianza a largo plazo con todos los miembros y personas con las que interactuamos (clientes, proveedores, competidores, etc.)

5.3. Mapa de procesos

Los procesos estratégicos de la compañía son dirigidos por la gerencia los cuales tiene como objetivo el desarrollo de nuevos mercado, los procesos misionales son encabezados por gestión comercial, compras, logística de abastecimiento, producción y logística de distribución, en los cuales se ejecutan las funciones principales del desarrollo empresarial, finalmente los procesos de apoyo son gestión humana, recursos físicos y de información, financiera, técnica y administración del SGC, estos son encargados de complementar la función de la empresa.

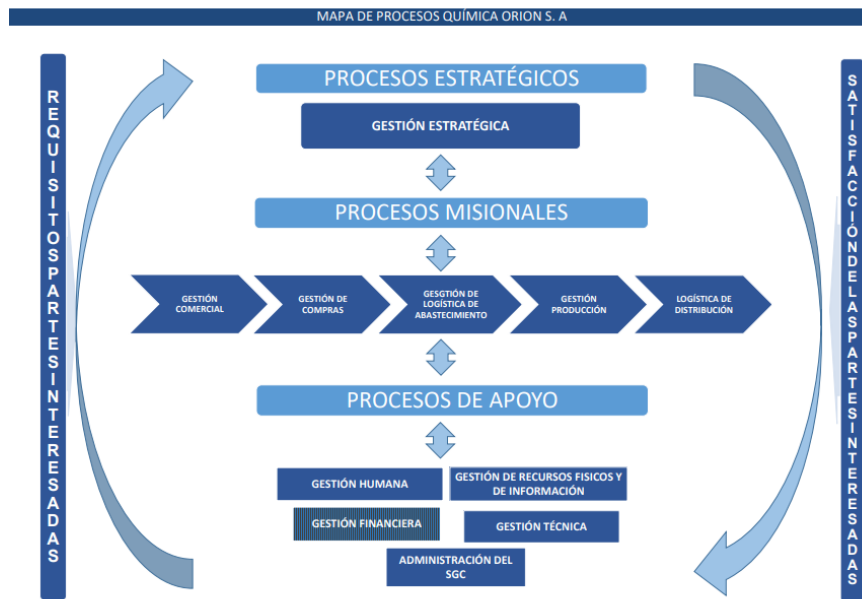


Ilustración 2. Mapa de procesos de la compañía Química Orión S.A.S

6. Descripción del proceso de producción del jabón lavaloz

A continuación, se describe el proceso productivo del jabón lavaloz, procesos seleccionado para realizar el trabajo de grado

- **Alistamiento de materia prima:**

El proceso inicia en el momento que el operario de producción le hace el requerimiento al área de dispensación sobre él envió de la materia prima, una vez la materia llega en el malacate este debe

realizar la descarga y ubicarla en el área de producción doméstico, en esta se debe verificar si la materia prima esta completa y rotulada contrastándola con la orden de producción, en caso de que no se encuentre en las cantidades correctas y demarcadas con el rotulo correspondiente, el operario procederá a realizar una nueva solicitud al operario de dispensación, considerando los faltantes.

- **Adición materia prima al tanque de producción**

Se recibí el aviso sobre la culminación del lote anterior, inmediatamente después este iniciara el proceso de fabricación, se llena el tanque de agua y se adiciona cada una de las materias primas siguiendo las instrucciones de la orden de producción.

- **Reposo**

El producto en proceso requiere un tiempo de reposo, este con el fin de realizar la dilución correcta de la materia prima, evitar concentraciones de materia prima y desviaciones del pH en el producto, en este tiempo el operario de producción aplicará productos que disminuyan la espuma y aceleren el proceso. Por último, se comprobará que el pH del producto se encuentre dentro de los límites de especificaciones

- **Adicionar materia prima faltante**

Se debe adicionar materia prima restante al tanque y aumentar la agitación, actividad con la cual se finaliza el producto.

- **Aprobación calidad**

Finalmente, el operario de producción se dirige al laboratorio de calidad con la muestra y la orden de producción, en este lugar el auxiliar de laboratorio realizará las pruebas de viscosidad, pH y grados brix, si el producto no cumple el operario deberá realizar ajuste según las especificaciones que proporcione el auxiliar. Una vez el producto se encuentra bajo los estándares de calidad este será aprobado y liberado para las líneas de envase.

6.1 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC es un sistema de ordenamiento o herramienta en formato tabular que permite la caracterización o asignación lógica de una serie de procesos. En ella se involucran una serie de parámetros elementales como lo son un proveedor, una entrada, un proceso o una serie de procedimientos con una salida y un resultado final, que se debe ajustar a los requerimientos del cliente. El anexo 1 presenta el SIPOC del proceso, en el cual se detalla las interfaz e interrelaciones de este. [4]

7. Análisis diagnóstico

7.1 Evaluación estudio de tiempos de las actividades

A continuación, se presentarán los resultados proporcionados por el estudio de tiempos realizado en el área de producción de la planta guarne, en los cuales se estableció el tiempo que requiere cada actividad, estos se realizan haciendo seguimiento al material por lo tanto no se adiciona suplementos.

- **Alistamiento materia prima**

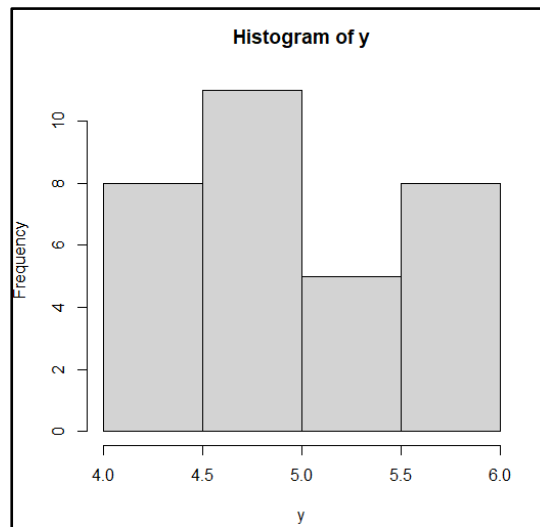


Ilustración 3. Histograma de tiempos de alistamiento de materia prima. Fuente: elaboración propia.

| Resumen estadísticos alistamiento materia prima | | | | | | | |
|---|-----------|---------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| Mínimo | cuartil 1 | Mediana | Media | Desviación | cuartil 3 | Máximo | Coef.V |
| 4,005 | 4,50 | 4,91 | 4,95 | 0,56 | 5,42 | 5,94 | 11 % |

Tabla 1 .Resumen estadístico de alistamiento de materia prima. Fuente: Elaboración propia

El tiempo de alistamiento de materia prima sigue una distribución normal (valor-p de 0,258 > 0,05), el tiempo de ciclo para tal actividad es de 4,95 minutos, considerando el coeficiente de variación este es de 11,4 %, con lo cual se concluye que es un proceso estable.

- **Adición materia prima al tanque de producción**

El tiempo en el cual se realiza la actividad de adición de la materia prima al tanque de producción, no sigue una distribución normal considerando un valor-p de 0,00488 < 0,05. El tiempo de ciclo para tal actividad es de 34.73, este presenta un coeficiente de variación que indica que no es un

proceso estable, dado esto se sugiere realizar intervención y evaluación de métodos, con el objetivo de disminuir la variabilidad.

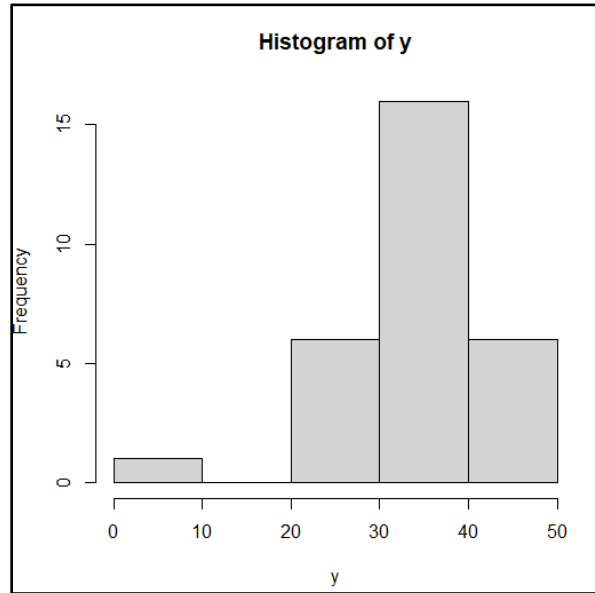


Ilustración 4. Histograma de tiempos de adición materia prima 1. Fuente: elaboración propia

| Resumen estadísticos adición materia prima al tanque de producción | | | | | | | |
|--|-----------|---------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| Mínimo | cuartil 1 | Mediana | Media | Desviación | Cuartil 3 | Máximo | Coef.V |
| 25,06 | 30,29 | 32,94 | 34,73 | 6,36271463 | 38,46 | 48,40 | 18,32% |

Tabla 2. Resumen estadístico de adición de materia prima 1. Fuente: Elaboración propia

- **Reposo de producto**

Como se menciona en la descripción de actividades este es necesario para la completa disolución de la materia prima y estabilización de pH, dentro del estudio se identifica que esta es un proceso no estandarizado, lo cual se ve reflejado en el coeficiente de variación que indica que es un proceso no estable, no obstante, la prueba de normalidad refleja un valor p de $0,07985 > 0,05$, con lo cual se determina que estos siguen una distribución normal.

| Resumen estadísticos reposo de producto | | | | | | | |
|---|-----------|---------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| Mínimo | Cuartil 1 | Mediana | Media | Desviación | cuartil 3 | Máximo | Coef.V |
| 19,06 | 25,48 | 27,41 | 25,48 | 5,77 | 31,26 | 41,92 | 22,66% |

Tabla 3. Resumen estadístico de reposo de producto. Fuente: Elaboración propia

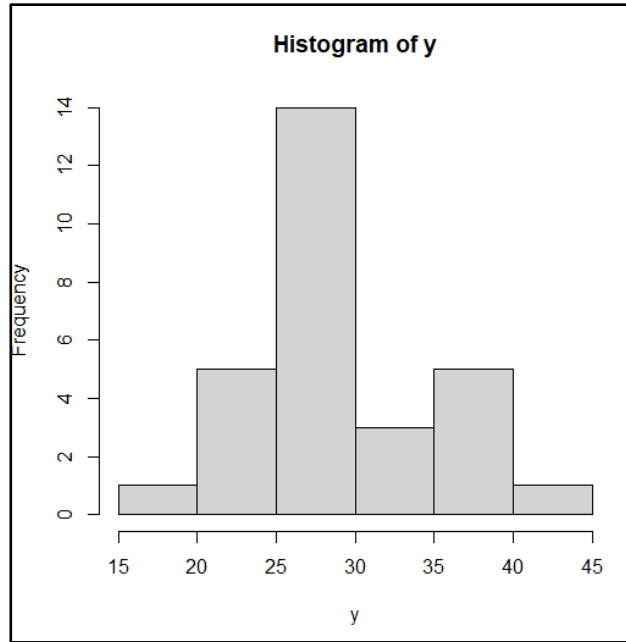


Ilustración 5. Histograma de tiempos de reposo de producto. Fuente: elaboración propia

- **Adición de materia prima 2**

El tiempo en el cual se realiza la actividad de adición de la materia prima faltante al tanque de producción es de 3,68 min la prueba de normalidad presenta un valor-p de $0,1955 > 0,05$, por lo cual se concluye que los datos se distribuyen normalmente.

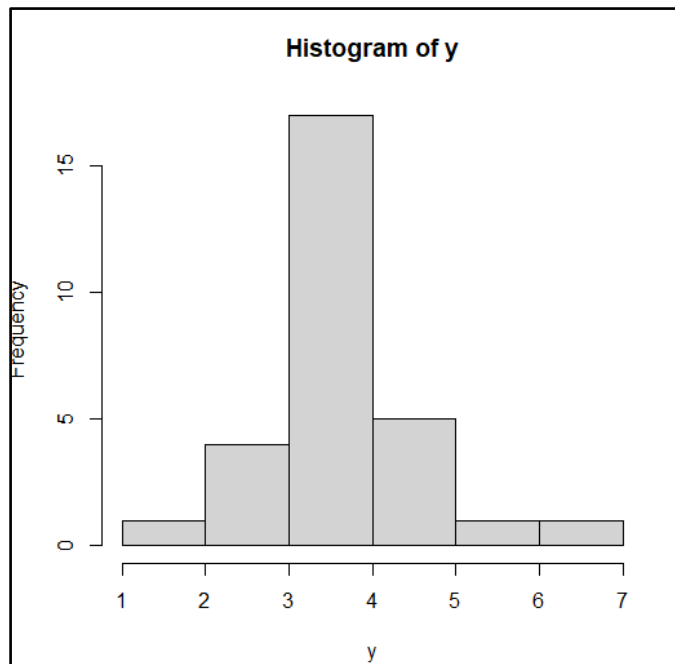


Ilustración 6. Histograma de tiempos Adición de materia prima 2. Fuente: elaboración propia

| Resumen estadístico adicción de materia prima 2 | | | | | | | |
|---|-----------|---------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| Mínimo | cuartil 1 | Mediana | Media | Desviación | cuartil 3 | Máximo | Coef.V |
| 1,54 | 3,18 | 3,54 | 3,68 | 0,96 | 3,98 | 6,19 | 26,08% |

Tabla 4. Resumen estadístico de adicción de materia prima 2. Fuente: Elaboración propia.

- **Aprobación calidad**

Finalmente el desplazamiento hasta el laboratorio de calidad para verificar las especificaciones del producto tiene un tiempo en promedio de 19,91 min, considerando el coeficiente de variación se determina que este no es un procesos estable, sin embargo, el valor -p es de 0,1185, por lo tanto estos son datos que se distribuyen normalmente, teniendo en cuenta las observaciones obtenidas en el estudio de toma de tiempos se identifica que esta actividad depende en gran medida de la disponibilidad del auxiliar, en ocasiones el laboratorio se encuentra totalmente ocupado y estos deben esperar este tiempo, por otro lado, se realizara énfasis en la necesidad de dirigirse al laboratorio dado que esto radica en la medida de viscosidad, ya que estos cuentan con pH metro fijo en cada agitador y refractómetro en el área

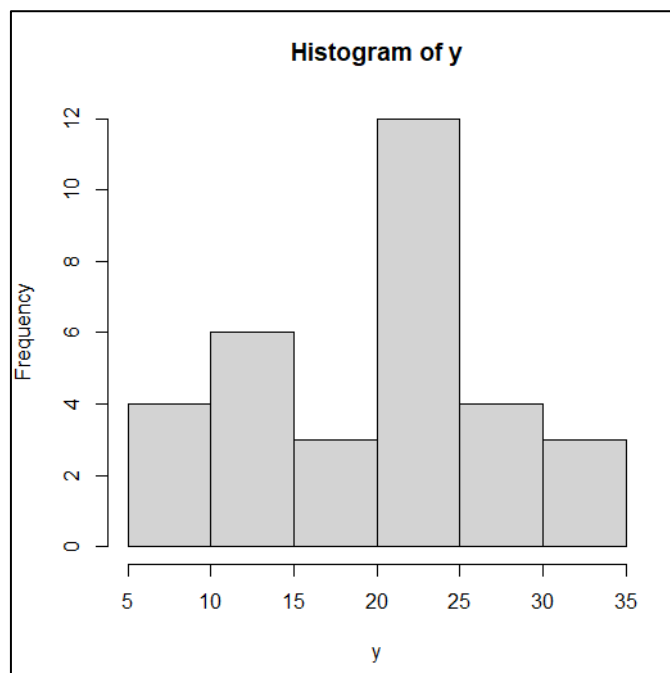


Ilustración 7. Histograma de tiempos aprobación calidad. Fuente: elaboración propia

| Resumen estadístico aprobación calidad | | | | | | | |
|--|-----------|---------|-------|------------|-----------|--------|--------|
| Mínimo | Cuartil 1 | Mediana | Media | Desviación | cuartil 3 | Máximo | Coef.V |
| 8,57 | 12,99 | 21,14 | 19,91 | 7,13 | 23,52 | 35,00 | 35,81% |

Tabla 5. Resumen estadístico de aprobación calidad. Fuente: Elaboración propia.

7.2. AMEF

La herramienta AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

En el análisis de modo y efectos de falla realizado para el proceso en cuestión se identificó los modos de falla potenciales, es decir las acciones que pueden poner en riesgo el cumplimiento de los requerimientos del producto en cada actividad del proceso. Luego se establecieron las posibles causas, efectos y controles actuales de estos y posteriormente, se realizó una estimación de factores como la severidad, ocurrencia y nivel de detección a dichas fallas basados en las tablas de calificación adjuntas en el archivo del AMEF. Finalmente se calcula el nivel de prioridad de riesgo de cada modo de falla con la Ecuación 1

Ecuación 1. Nivel de prioridad de riesgo.

$$NPR = Severidad * Deteccion * Ocurrencia$$

De la tabla 6 se observa que el error en la medición de viscosidad tiene mayor nivel de prioridad de riesgo.

| Modo de falla | NPR |
|---|-----|
| Poca confiabilidad en las mediciones de viscosidad | 576 |
| Cambios el método de producción | 480 |
| Adicional de sal a las superficies en acero inoxidable | 336 |
| No clasificar la materia prima por lote y ubicarla en el lugar incorrecto | 256 |
| Adicionar materia prima de un lote dispensado no correspondiente a su consecutivo | 240 |
| No se cuenta con un parámetro tangible y medible para el tiempo de reposo. | 240 |
| Adición variable de la cantidad de sal al producto en etapa de fabricación | 240 |
| Daño en el equipo no detectado antes de iniciar el proceso | 180 |

Tabla 6. Modos de fallas con mayor NPR. Fuente: Elaboración propia.

7.3 Diagrama de Pareto

Dentro de la fase diagnóstica, se evalúa la información del registro de tiempos improductivos del área, teniendo en cuenta el periodo de junio- septiembre del año 2020, la ilustración 8 presenta el diagrama de Pareto realizado con dicha información, los cuales nos permiten observar que es necesario tomar acciones en los tiempos improductivos derivados de los problemas de viscosidad y pH en el producto, los cuales representan el 92,86%.

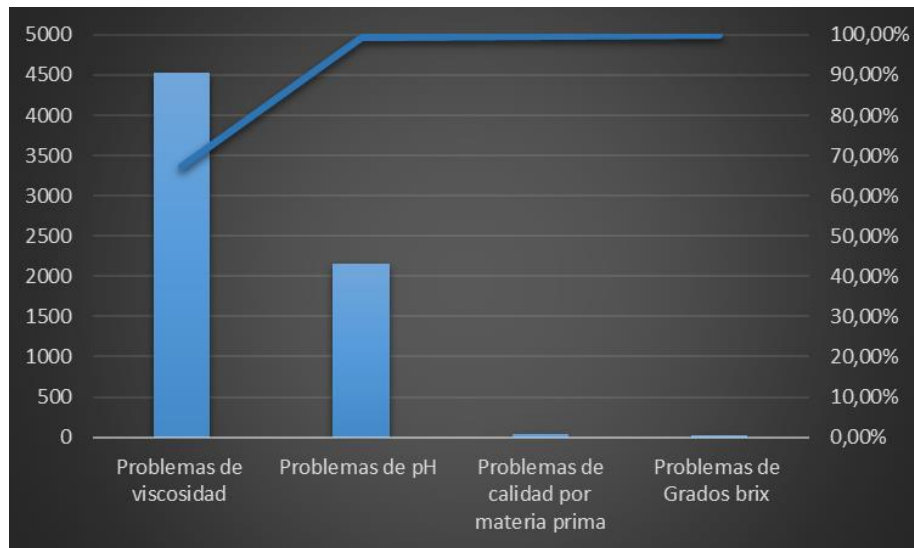


Ilustración 8. Diagrama de Pareto tiempos improductivos. Fuente: elaboración propia

8. Formulación de propuestas de mejora

Dentro de los objetivos planteados se encuentra la comparación de la caracterización (SIPOC) y la documentación actual, de esto se concluye que la documentación se encuentra actualizada y congruente con las acciones del flujo del proceso, sin embargo como se establece en el estudio de los tiempos se identifican algunas falencias respecto a la estandarización de la formulación, una vez se realizó la propuesta de intervenir este aspecto, se generan algunas limitaciones, teniendo en cuenta que esta función pertenece al laboratorio de investigación y desarrollo de la compañía, el cual se viene adelantando un trabajo para mitigar tal situación. El anexo 2 presenta la caracterización actual de la compañía.

A partir de los resultados del análisis anterior, se determina realizar estrategias de mejora enfocadas en la actividad de aprobación de calidad, teniendo en cuenta la información obtenida en el diagrama de Pareto los tiempos improductivos del área se deben a variables como viscosidad y

pH, considerando que estos son las mediciones que deben hacerse en la fase de aprobación calidad y contrastándolos con los resultados y observaciones obtenidas en el estudio de tiempos, se llega la conclusión que esta es la fase del proceso que requiere intervención prioritaria. A continuación, se presenta las propuestas de mejora.

Modelo de regresión lineal basado en la metodología de embudo de marsh para la medición de viscosidad

| | |
|-----------------------------|---|
| Objetivo | Establecer un método para la medición de viscosidad en el área de fabricación basado en la metodología del embudo de marsh |
| Alcance | El procedimiento tendrá validez para el área de fabricación, dado que será de utilidad para corroborar el valor de viscosidad de los productos a granel |
| Responsable | Aprendiz producción/ Operarios de fabricación |
| Acciones a realizar | <ol style="list-style-type: none"> 1. Recolectar muestras de producto lavalozza 2. Realizar pruebas de laboratorio, se medirá la viscosidad en el viscosímetro de cada muestra; posteriormente se medirá el tiempo de caída del producto en el embudo. 3. Analizar datos y evaluar regresión lineal. 4. Capacitar y realizar pruebas piloto del modelo con apoyo de los operarios de fabricación. 5. Evaluar resultados y procedimentar método |
| Resultados esperados | <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de los desplazamientos de los operarios de fabricación • Aumento en la confiabilidad de valor de viscosidad • Obtener un método que se adecue a las condiciones del área, adicionalmente en disminuir la inversión requerida en la proporción posible. • Disminución en el tiempo de la actividad de aprobación calidad |

Tabla 7. Descripción de acción de mejora. Fuente: Elaboración propia.

Se planteará un modelo de regresión basado en la metodología del embudo de marsh, con este se tiene el objetivo de brindar una herramienta de medición de viscosidad para el área de fabricación, del producto lavalozza, lo que permitirá disminuir los movimientos al laboratorio para realizar esta medición, tales desplazamientos son la causa de los tiempos improductivos por problemas de viscosidad, ya que los operarios en la actualidad deben dirigirse varias veces al laboratorio cada vez que realizan un lote de lavalozza para darle estabilidad a dicha variable, considerando que en

el área de fabricación se cuenta con pH metro fijo y refractómetro, los operarios deben dirigirse al laboratorio únicamente para realizar medición de viscosidad, el modelo les permitirá tomar decisiones sobre el producto rápidamente, evitando dicho movimiento ; el viscosímetro es un equipo que requiere sumo cuidado ya que este se descalibra fácilmente en el cambio de las agujas, no es apto para conservarse en lugares de mucha humedad y generación de vapores en el aire, las anteriores son condiciones constante de la zona de producción, por lo tanto no es conveniente instalar un viscosímetro en el área y se toma la decisión anterior.

• **Construcción e implementación de cartas de control para producto lavaloz**

| | |
|-----------------------------|--|
| Objetivo | Implementar la metodología de cartas de control y límites de proceso para la variable pH del producto lavaloz. |
| Alcance | El procedimiento tendrá validez para el área de fabricación, dado que será de utilidad para ajustar la variable pH de los productos a granel. |
| Responsable | Aprendiz producción/ Operarios de fabricación. |
| Acciones a realizar | <ol style="list-style-type: none"> 1.Recolectar Datos históricos de la variable pH 2. Recoger los valores durante un periodo de tiempo suficiente que nos permita obtener una visión representativa del desarrollo del proceso. 3) Definir el tipo de grafica con la cual se trabajará 4) Calcular los limites superior, inferior y central 5) Gestionar el tablero en el cual se graficarán los valores en planta 6) Capacitar a los operarios de producción 7). Realizar pruebas piloto dentro de las cuales se representarán los datos en la gráfica, y estudiarán el comportamiento de estas. |
| Resultados esperados | <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la variabilidad del proceso • Cumplimiento de las especificaciones del producto • Proceso estable |

Tabla 8 . Descripción de acción de mejora. Fuente: Elaboración propia

Actualmente la directriz con la cual se trabaja se basa en cumplir con el rango de especificación de calidad de la variable pH, es decir, que este valor podría darse exactamente en el límite superior o límite inferior, Considerando las desviaciones inherentes de los equipos de medición evaluada en $\pm 0,3$, evento en el cual se tiene el riesgo de que en el momento que este sea medido por el

cliente el producto se encuentre fuera de los requerimientos , adicionalmente se identifica que el criterio del auxiliar de calidad juega un papel fundamental en el ajuste del pH ya que estos indican el valor de pH que debe ajustarse el producto, criterio que puede variar según cada auxiliar, por lo tanto de implementaran los límites de control que tiene como fin acotar el rango y disminuir la variación. Finalmente se identifica que, dado a la variación, el índice de capacidad hace referencia a un proceso no controlado.

9. Resultados obtenidos

9.1. Modelo de regresión lineal

La tabla 9 presenta el coeficiente de correlación de en el cual podemos observar una correlación positiva de 0,96.

| | | |
|------------|------------|--------|
| | Viscosidad | Tiempo |
| Viscosidad | 1,00 | 0,96 |
| Tiempo | 0,96 | 1,00 |

Tabla 9. Matriz de correlación. Fuente: Elaboración propia

- La ecuación propuesta por el modelo es: $Y = 10,82 + 15,9799X$

Donde:

β_1 = Por cada segundo que aumente el tiempo, la viscosidad disminuirá en 1 Centipois, el coeficiente es la pendiente de la recta, mide el cambio en Y por cada unidad de cambio en X,

β_0 = es la ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta el eje Y, es decir el valor de Y cuando $X = 0$

```

Call:
lm(formula = y ~ x)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-95.98 -20.98   6.23  25.88  76.66

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  10.8269    49.9442   0.217   0.83
x            15.9799     0.8772  18.217 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 42.8 on 28 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9222,    Adjusted R-squared:  0.9194
F-statistic: 331.9 on 1 and 28 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Ilustración 9. Modelo de regresión lineal simple. Fuente: Elaboración propia en R Project.

Prueba de Significancia para β

$$H_0 : \beta_0 = 0$$

$$H_1 : \beta_0 \neq 0$$

Estadístico de prueba
$$T_0 = \frac{\hat{\beta}_0 - \beta_{00}}{\sqrt{MSE \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]}} \sim t_{n-2}$$

Criterio de rechazo: $|T_0| > t_{\alpha/2, n-2} \quad \text{ó} \quad Vp < \alpha$

Con un valor de significancia de 0,05 y con el valor p de 0.83, no se rechaza H_0 , por ende, se concluye que no hay efecto significativo para el modelo debido este coeficiente, por lo tanto, este no se tendrá en cuenta en la ecuación del modelo.

Prueba de Significancia para β_1

$$H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0$$

Estadístico de prueba:
$$T_0 = \frac{\hat{\beta}_0 - \beta_{00}}{\sqrt{MSE \left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{S_{xx}} \right]}} \sim t_{n-2}$$

Criterio de rechazo: $|T_0| > t_{\alpha/2, n-2} \quad \text{ó} \quad Vp < \alpha$

Con un valor de significancia de 0,05 y con el valor p de 2e-16, se rechaza H_0 , por ende, se concluye que hay un efecto significativo para el modelo debido este coeficiente.

El coeficiente de determinación R^2 ajustado asociado a un modelo de regresión lineal define la proporción de variabilidad total en Y explicada por el modelo, tal que:

$$R^2 \text{ ajustado} = 1 - \frac{MSE}{MST}$$

Se encuentra que el valor para el R^2 ajustado = 0,9194, como se menciona anteriormente este es un indicador de asociación lineal, por lo tanto, se define que el modelo presenta un buen ajuste.

El análisis de varianza (ANOVA) del modelo consiste en la descomposición de la variabilidad total observada en la variable respuesta, es decir en la descomposición de la suma de cuadrados totales, este se presentas en la figura 11.

```
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table

Response: y
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
x           1 607831  607831  331.86 < 2.2e-16 ***
Residuals 28  51284    1832
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Ilustración 10. Modelo de regresión lineal simple. Fuente: Elaboración propia en R Project.

Prueba de significancia de la interacción

$$H_0 : Y = 0$$

$$H_1 : Y \neq 0$$

Estadístico de prueba: $F_0 = \frac{MSR}{MSE} \sim f_{1,n-2}$

Criterio de rechazo: $F_0 > f_{\alpha,1,n-2}$ ó $Vp < \alpha$

Con un valor de significancia de 0,05 y con el valor p de 2.2e-16, se rechaza H_0 , por ende, se concluye que hay relación lineal entre las variables.

El error porcentual absoluto medio (MAPE), también conocido como desviación promedio absoluta porcentual (MAPE), mide la exactitud de un método para la construcción ajustada de

valores de serie de tiempo en estadísticas, para el caso el MAPE es de 4,07%, es decir, el modelo tiene un error asociado de 4,07 %.

9.1.2 Validación de supuestos del modelo

- **Supuesto de normalidad**

Shapiro-Wilk normality test

```
data: residuals(modelo)
W = 0.95392, p-value = 0.215
```

Ilustración 11. Prueba de normalidad. Fuente: Elaboración propia en R Project.

Prueba de normalidad

$H_0: \varepsilon_i = \text{Normales}$

$H_1: \varepsilon_i \neq \text{Normales}$

Estadístico de prueba: $0 < w_0 < 1$ $w_0 = 0.95392$

Criterio de rechazo: $V_p < \alpha$ $\alpha = 0,05$

Con un nivel de significancia de 0.05, como V_p es mayor que α , no se rechaza H_0 , y se concluye que los errores del modelo se distribuyen normales

- **Supuesto de independencia de los residuales**

El gráfico 12 nos permiten concluir que los datos no son correlacionados, por lo tanto, se asume independencia de los residuales. Considerando que el modelo cumple los supuestos bajo los cuales se plantea la regresión lineal simple, adicionalmente se tiene un coeficiente de determinación que nos indica que la variable tiempo bajo el método ya explicado tiene la capacidad de explicar el comportamiento de la viscosidad en un 91,94 % el modelo obtenido es válido.

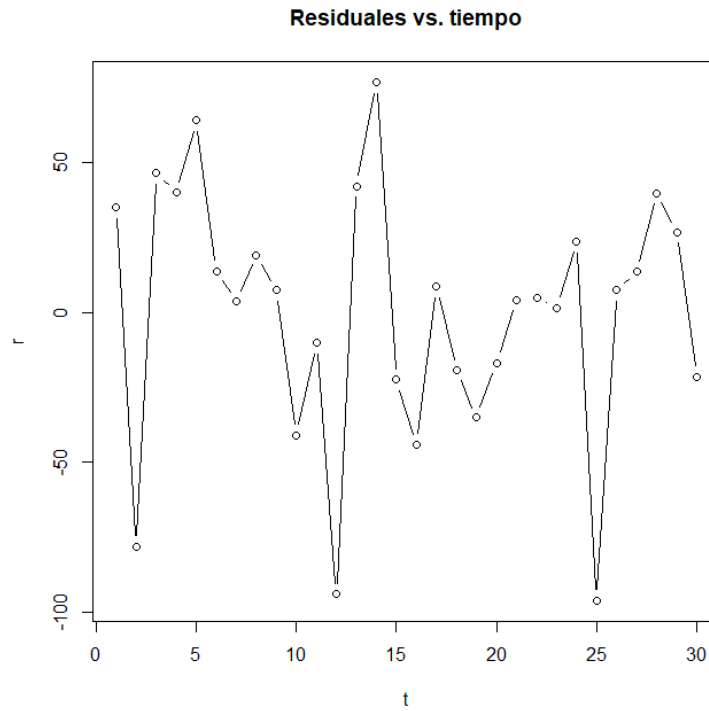


Ilustración 12. Gráfico de residuales vs tiempo. Fuente: Elaboración propia con *R Project*.

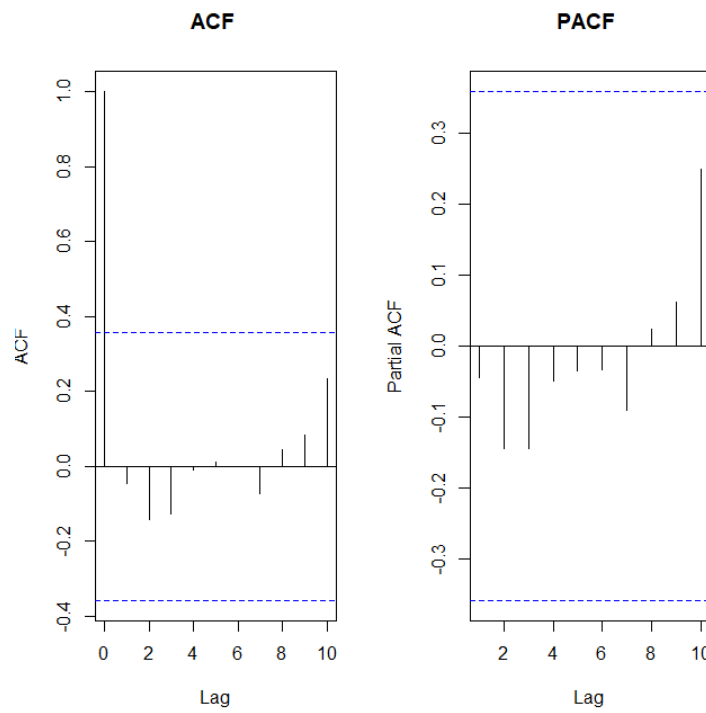


Ilustración 13. ACF Y PACF. Fuente: Elaboración propia con R Project.

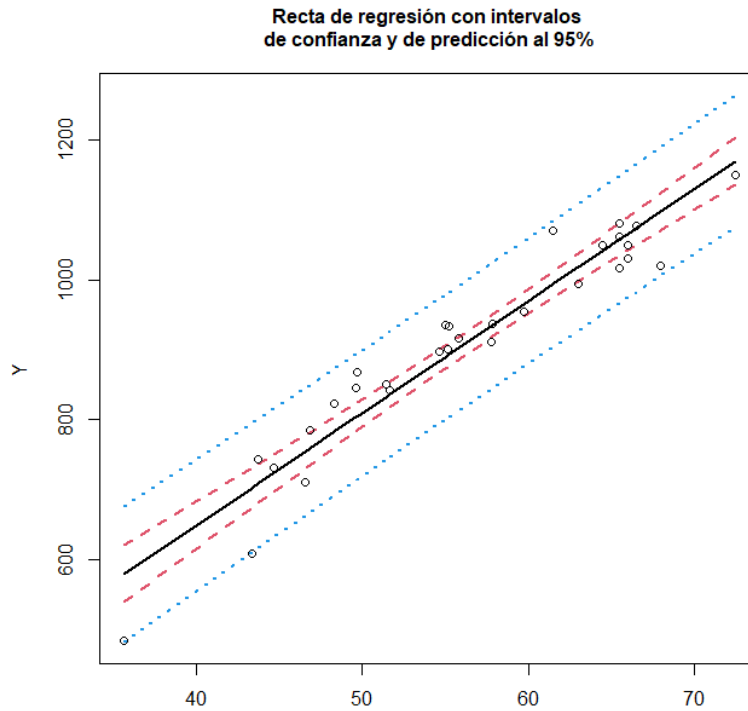


Ilustración 14. Gráfico de la recta ajustada por el modelo de regresión lineal. Fuente: Elaboración propia

Evaluación de datos atípicos

La distancia Cook es un indicador que refleja qué tan bien el modelo ajusta a la i -ésima observación y a la vez da cuenta de tan lejos está ese punto respecto al resto de los datos. Se utiliza para identificar observaciones que tengan valores predictores poco comunes en comparación con los datos restantes y observaciones a las que el modelo no se ajuste adecuadamente. Las observaciones con distancias de Cook grandes pueden tener un gran efecto sobre el valor ajustado y, por lo tanto, sobre el modelo de regresión, se considera punto influencia aquel punto para el cual $Di > 1$. En el gráfico de distancia Cook (Ver gráfico 3) no se observa ningún valor mayor con distancia Cook mayor de 1, por lo cual no se encuentran datos atípicos.

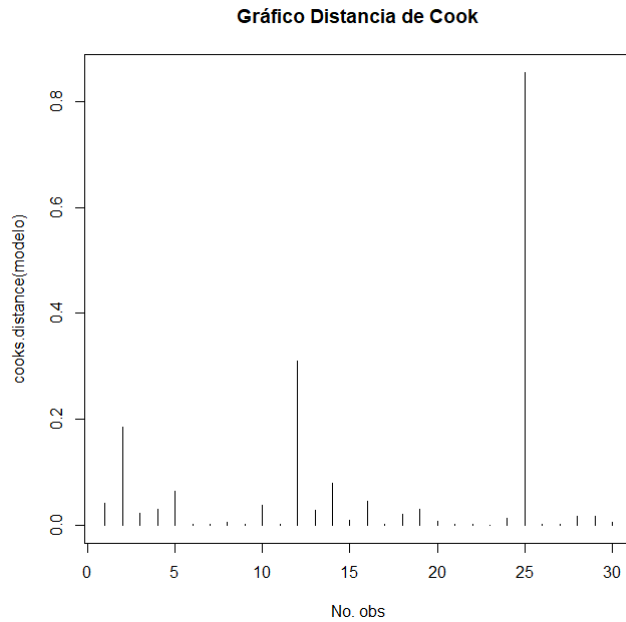


Ilustración 15. Gráfico de distancia Cook. Fuente: Elaboración propia con R Project.

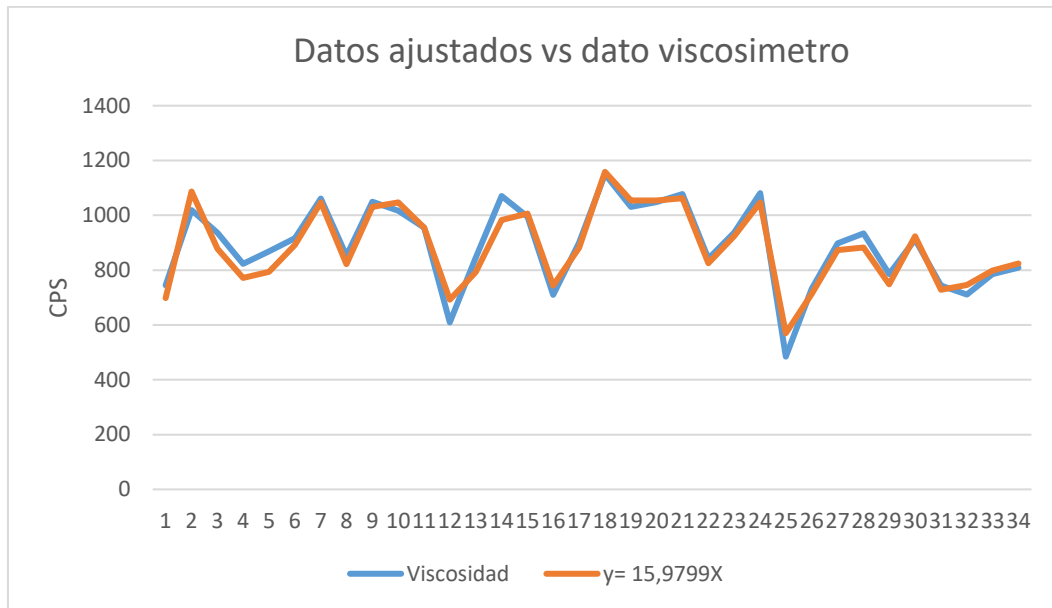


Ilustración 16. Datos ajustados vs datos reales modelo. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 16, presenta los resultados obtenidos en la implementación del método, donde se pueden observar los datos que se obtuvieron de la viscosidad sugerida por el método y los valores de viscosidad reportados por el viscosímetro, en este se puede apreciar que el modelo tiene la capacidad de explicar el comportamiento de la viscosidad.

Como se establece en la tabla 10 el costo de la actividad se disminuye en un 42,2%; considerando el costo promedio de un viscosímetro oscila alrededor de \$ 7.000.000, inversión que se mitiga con la implementación de anterior modelo, las herramientas de este tienen un costo alrededor de \$ 21500. Como se menciona anteriormente el viscosímetro es un equipo que debe tener una cuidadosa manipulación y fácilmente puede descalabrarse, por lo tanto, el método actual ofrece flexibilidad al proceso. A continuación, se describe el método de medición, dentro de los anexos se puede encontrar la tabla de rango generada.

Descripción proceso de medición de viscosidad

1. Una vez el producto se encuentre terminado se toma muestras de este en dos recipientes rotulados
2. Se toma el embudo y con el dedo se cubre el orificio inferior, posteriormente se adiciona producto en este, la persona que realiza la medición del tiempo deberá tener el cronometro en la mano y ubicar la probeta sobre una superficie plana de tal manera que tendrá visibilidad total al desplazamiento del producto.
3. La persona que tiene el embudo lo ubica en la probeta retirando el dedo del orificio y permitiendo que el producto caída
4. La medición se realizará hasta una distancia de 6 ml,
5. El procedimiento se realiza de la misma manera con la segunda muestra, cuando se obtienen los dos datos de tiempo se realiza un promedio y se registra el tiempo, finalmente se verifica en la tabla de rangos, que proporcione para cada valor de tiempo un valor de viscosidad asociado.

| Costo de operación inicial | | Costo de operación Actual | |
|-------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| Números de lotes por turno | 4 | Números de lotes por turno | 4 |
| Números de lotes por día | 8 | Números de lotes por día | 8 |
| Número de lotes por mes | 192 | Número de lotes por mes | 192 |
| Tiempo de la actividad | 19,91 | Tiempo de la actividad | 11,5 |
| Valor operario min | \$ 106 | Valor operario min | \$ 106 |
| Costo de la actividad mensual | \$ 405.208 | Costo de la actividad mensual | \$ 234.048 |
| Costo actividad anual | \$ 4.862.500 | Costo actividad anual | \$ 2.808.576 |
| Inversión método tradicional | | Inversión método actual | |
| Valor viscosímetro | \$ 7.000.000 | Valor herramientas método actual | \$ 21.500 |
| | | Salario Aprendiz producción | \$ 292.800 |
| Total | \$ 7.000.000 | Total | \$ 314.300 |
| Disminución costo operación | | | 42,24% |
| Ahorros de inversión | | | \$ 6.685.700 |

Tabla 10 . Resumen de beneficios y ahorros obtenidos. Fuente: Elaboración propia

9.2 Límites de control

La tabla 11 presenta los límites de control obtenidos para el producto lavalozza, los cuales se establecieron dado los datos históricos del área de producción, evaluados con la ecuación 2.

| | |
|----------------|-------|
| Media | 7,655 |
| Rango promedio | 0,055 |
| d2 | 1,128 |
| LCS | 7,80 |
| LCI | 7,51 |

Tabla 11. Cálculo de los límites de control. Fuente: Elaboración propia.

$$LCS = \mu + 3 (\bar{R} / d2) = 7,8 \quad \text{Ecuación 2. Límite de control superior.}$$

$$LCI = \mu - 3 (\bar{R} / d2) = 7,51 \quad \text{Ecuación 3. Límite de control inferior.}$$

Para la implementación de los límites de control fue necesario realizar una capacitación a los operarios en la cual se les expuso el objetivo de la metodología de los límites de control, la necesidad del proceso y diferencia entre estos y los límites de especificación, adicionalmente se

instaló un tablero en el cual los operarios están constantemente graficando los valores de pH (ver en anexo), así mismo se realiza seguimientos diarios a los datos y al cumplimiento de los límites, La ilustración 17 muestra el análisis de capacidad de la situación inicial.

Como se muestra en la tabla 10, la implementación de las cartas de control y permitió pasar de un proceso con un índice de capacidad de 0,88, el cual indica que este es un proceso no capaz, El Cp compara el ancho de las especificaciones (tolerancia) con la amplitud de la variación (dispersión natural) del proceso. Sí la variación del proceso es mayor que la amplitud de las especificaciones, entonces el Cp es menor que 1, lo que sería evidencia de que no se está cumpliendo con las especificaciones. En la situación actual se puede apreciar que al implementar la carta de control y los límites de control el proceso tiene un índice de capacidad actual de 3,125, Sí el Cp es mayor que 1, es una evidencia de que el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones. Teniendo o partes por millón desviadas de las especificaciones en la variable de pH.

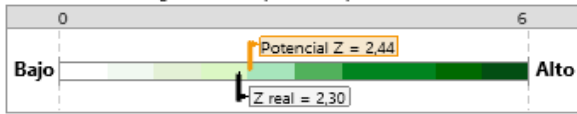
| | |
|---|--|
| Propuesta de mejora: Implementación de cartas de control | |
| Estado: Terminada | |
| Beneficios: Disminución de la variabilidad del proceso Cumplimiento de las especificaciones del producto Proceso estable | |
| Situación inicial Índice de capacidad inicial: $C_p = (8,5-7) / 6 (0,2835) = 0,8818$ proceso no capaz | Situación actual Índice de capacidad inicial: $C_p = (8,5-7) / 6 (0,080) = 3,125$ proceso capaz |

Tabla 12. Resumen de beneficios y ahorros obtenidos. Fuente: Elaboración propia

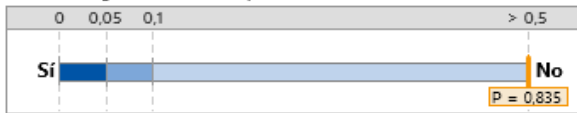
Análisis de capacidad para Lavalozza

Informe de resumen

¿Qué tan capaz es el proceso?

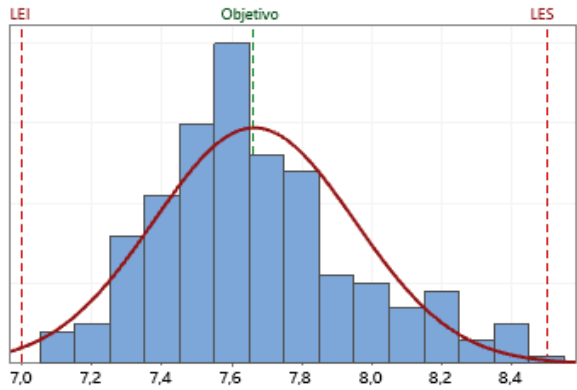


¿Es la media del proceso diferente de 7,66?



Capacidad real (largo plazo)

¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Requerimientos del cliente

| | |
|-----------------|------|
| Espec. superior | 8,5 |
| Objetivo | 7,66 |
| Espec. inferior | 7 |

Caracterización del proceso

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Media | 7,6641 |
| Desviación estándar (largo plazo) | 0,28700 |
| Capacidad real (LP) | |
| Pp | 0,90 |
| Ppk | 0,78 |
| Nivel Z | 2,30 |
| % fuera de las espec. | 1,09 |
| PPM (DPMO) | 10859 |

Comentarios

- La media del proceso no difiere significativamente del objetivo ($p > 0,05$).
- La tasa de defectuosos es 1,09%, la cual estima el porcentaje de partes del proceso que están fuera de los límites de especificación.

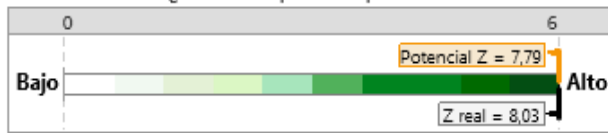
La capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente.

La capacidad potencial (corto plazo) es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso.

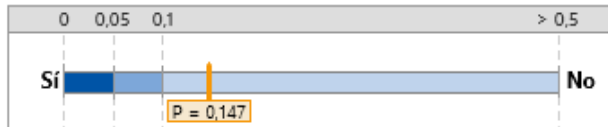
Ilustración 17. Análisis de capacidad inicial. Fuente: Elaboración propia con R Project.

Análisis de capacidad para Lavalozza Informe de resumen

¿Qué tan capaz es el proceso?

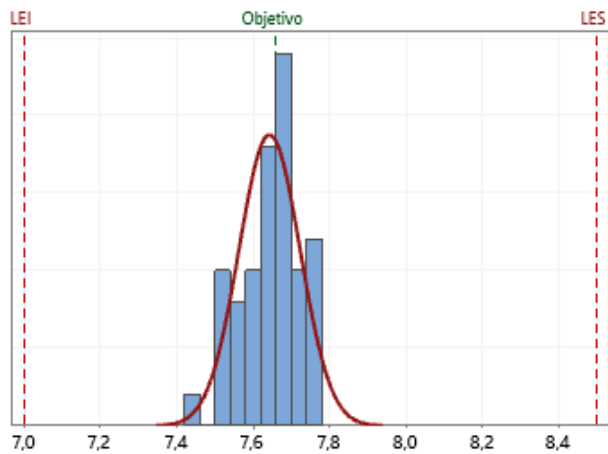


¿Es la media del proceso diferente de 7,66?



Capacidad real (largo plazo)

¿Están los datos dentro de los límites y cerca del objetivo?



Requerimientos del cliente

| | |
|-----------------|------|
| Espec. superior | 8,5 |
| Objetivo | 7,66 |
| Espec. inferior | 7 |

Caracterización del proceso

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Media | 7,6428 |
| Desviación estándar (largo plazo) | 0,080019 |
| Capacidad real (LP) | |
| Pp | 3,12 |
| Ppk | 2,68 |
| Nivel Z | 8,03 |
| % fuera de las espec. | 0,00 |
| PPM (DPMO) | 0 |

Comentarios

- La media del proceso no difiere significativamente del objetivo ($p > 0,05$).
- La tasa de defectuosos es 0,00%, la cual estima el porcentaje de partes del proceso que están fuera de los límites de especificación.

La capacidad real (largo plazo) es lo que experimenta el cliente.

La capacidad potencial (corto plazo) es la que se podría alcanzar si se eliminaran los desplazamientos y desvíos del proceso.

Ilustración 18. Análisis de capacidad actual. Fuente: Elaboración propia con R Project

10. Conclusiones y acciones recomendadas

En los resultados obtenidos se evidencia un progreso para el área de fabricación respecto al cumplimiento de las especificaciones de calidad, adicionalmente se destaca la implementación de herramientas que permitan a los operarios de fabricación el análisis y la toma de decisiones ágiles para alinear el resultado del producto.

Como se menciona anteriormente se logra implementar un modelo de regresión lineal simple con un R-ajustado de 91,94%, dicho valor nos permite concluir que el tiempo es una variable que puede explicar la viscosidad, el modelo cumple con los criterios para los errores, por lo cual es validado y se procedió a la implementación en el área de fabricación, proporcionando una disminución en el tiempo de aprobación de 42,24 %, dado la disminución de los movimientos de los operarios en la actividad de aprobación calidad. Referente a la inversión el equipo tradicional para la medición de viscosidad tiene un costo promedio de \$ 7.000.000, para el procedimiento actual se realizó una inversión de

\$ 21.500, compuesta por una probeta plástica de 10 ml y un embudo, sumado a este el salario de aprendiz de producción que ejecuto las pruebas de laboratorio, análisis de datos, capacitación e implementación del método en campo lo cual suma \$ 314.300, para una inversión total de \$335,800, en ese orden de ideas se tuvo un ahorro en la inversión de \$ 6.664.200.

Retomando la acción de mejora de las cartas de control estas proporcionan herramientas que nos permiten conocer y controlar los procesos, determinar causas comunes y especiales, Las cartas de control han facilitado monitorear la estabilidad del proceso de fabricación de lavalozas. En este contexto el proceso se mantiene bajo control estadístico para la variable pH, con un indicador de capacidad de mayor de 1,33.

Se recomienda hacer seguimiento continuo a las cartas de control y resultados del método de medición de viscosidad con el objetivo de tener el proceso bajo control y encontrar cualquier tipo de anomalías que día a día trae retos para la compañía; como se especifica anteriormente el método está planteado para producto lavalozas, teniendo en cuenta los resultados, se podría plantear límites de control y un nuevo modelo de medición para los diversos productos que tiene la compañía, es decir, basar el modelo lineal en la metodología del embudo de marsh, sin embargo la ecuación como tal debe ser diferente, dado que la densidad de los productos lo es y por lo tanto no aplicaría el modelo planteado, en el trabajo actual se comprueba que el tiempo de desplazamiento del producto tiene una relación positiva y fuerte con la viscosidad, utilizando este criterio como base se

puede recolectar datos sobre las variables y construir los modelos, así mismo las cartas y límites de control.

Dentro de los aprendizajes del proyecto se resalta la inclusión del personal operativo implicado en este caso los operarios de fabricación dentro del análisis y toma de acciones de mejora, ya que estos cumplen un papel fundamental en el proceso, su experiencia los lleva a tener información de suma importancia en la toma de decisiones, sin la cual no se hubiesen tenido los resultados deseados, se puede observar un avance significativo dentro del área, camino hacia la innovación y cambio.

11. Bibliografía

García Criollo, R. (2005). Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo (2nd ed.; McGraw-Hill, ed.). México.

Douglas C. Montgomery (2011). Control estadístico de la calidad (Tercera edición, Limusa Noriega, ed)

Douglas C. Montgomery, Elizabeth Peck y Geoffrey Vining (2006). Introducción al análisis de regresión lineal (Tercera edición, Patria, ed.)

Rios, E. (2013). Diseño de sistemas productivos. Medellín.

David Alexander Murillo Rojas (2018). Formulación de un modelo lineal de regresión múltiple para determinar el personal necesario en los proyectos de la empresa DR&MR. Trabajo final de grado: Universidad de la Salle

Departamento de estadística e investigación operativa. (2012). *Regresión lineal simple*. http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOPHPDPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf. [Consulta: 14 de octubre de 2020]

Otras fuentes consultas

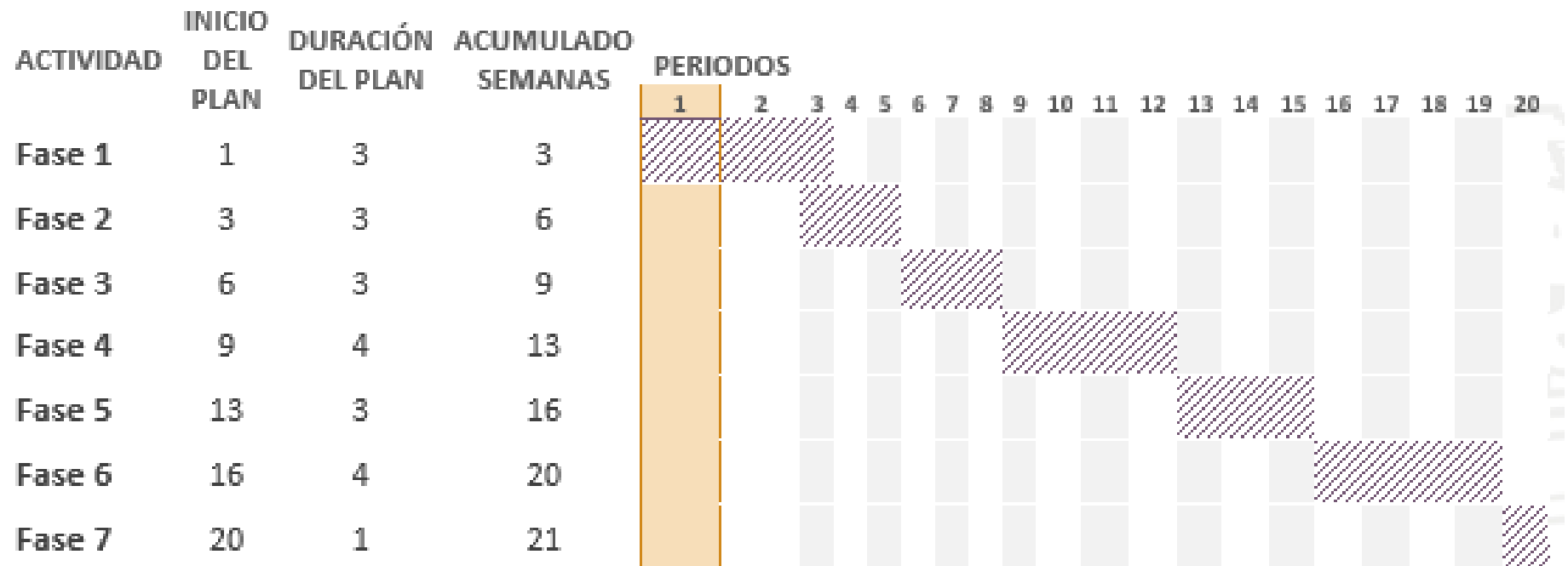
Ecovidasolar.es. *Definición de PH* (2017). <https://www.ecovidasolar.es/blog/ph-en-el-cuerpo-y-ph-en-el-agua/> [Consulta: 22 de julio de 2020]

Ecured.cu. Definición de Viscosidad. <https://www.ecured.cu/Viscosidad>. [Consulta: 22 de julio de 2020]

Equiposylaboratorio.com. Definición de grados brix. <https://www.equipsylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-son-los-grados-brix> . [Consulta: 22 de julio de 2020]

12. Anexos

12.1 Cronograma de actividades




12.2. SIPOC

| PROVEEDOR | ENTRADA | | | PROCESO | SALIDA | | CLIENTE | | |
|-----------------------|---------------|--|---------------|---|--|---------------------------|--|--|--|
| S | I | | | P | O | | C | | |
| PROVEEDOR | DETERMINACIÓN | ENTRADA | CLASIFICACIÓN | ESPECIFICACIONES (REQ. DEL PROCESO) | PROCESO | TIPO DE PROCESO | SALIDAS | ESPECIFICACIONES (REQ. DEL CLIENTE) | CLIENTE |
| Area de dispensación | Materiales | Materia prima | Controlable | Materia prima pesada y rotulada | Alistar materia prima | Agrega Valor Cliente | Orden de producción | Orden diligenciada y con rótulos adheridos | Laboratorio de Calidad |
| Area dispensación | Métodos | Orden de producción | Ruido | Orden diligenciada hasta el área que le corresponde a dispensación, instrucciones de fabricación | | Agrega Valor Organización | | | |
| Area de producción | M.O | Operarios de fabricación | Controlable | Personal capacitado | | Agrega Valor Organización | Materia prima ubicada en la zona de producción | La materia prima debe estar ubicada en zona de tránsito del área de producción y clasificada según el lote | Operario fabricación de área doméstico |
| Area de envasado | M.O | Operarios líneas de envasado | Ruido | Aviso oportuno sobre la culminación del tanque anterior, llave de paso cerrada y el aseo las tuberías | Adicionar materia prima al tanque de producción | No Agrega Valor | Lote de lavalozas | 4500kg de lavalozas | Area producción |
| Area de producción | M.O | Operarios de fabricación área doméstico | Controlable | Personal capacitado | | Agrega Valor Organización | | | |
| Area de producción | Materiales | La materia prima ubicada en zona de tránsito | Ruido | Materia prima clasificada según el lote que se realizará | | No Agrega Valor | | | |
| Planta de agua | Materiales | Agua tratada | Controlable | Agua con la especificación de calidad para la producción | | Agrega Valor Cliente | | | |
| Area de mantenimiento | Máquinas | Tanque de producción | Controlable | En buen estado | | Agrega Valor Organización | | | |
| Area de producción | M.O | Operarios de fabricación área doméstico | Controlable | Personal capacitado | Reposo | Agrega Valor Organización | 4500kg de lavalozas | Ph dentro de los límites de especificaciones | Area de producción |
| Area de producción | Materiales | Lote de lavalozas | Controlable | 4500kg de lavalozas | | Agrega Valor Cliente | | | |
| Area dispensación | Materiales | Insumo | Experimental | Antiespumante | | No Agrega Valor | | | |
| Area producción | Materiales | La materia prima ubicada en zona de tránsito | Ruido | Materia prima clasificada según el lote que se realizará | Adicionar materia prima faltante al tanque de producción | Agrega Valor Cliente | | | |
| Area producción | M.O | Operarios de fabricación área doméstico | Controlable | Personal capacitado | | Agrega Valor Organización | | | |

12.3 Tabla de rango

| Viscosidad cps | Tiempo (segundos) |
|----------------|-------------------|
| 352-368 | 22-23 |
| 368-384 | 23-24 |
| 384-399 | 24-25 |
| 399-415 | 25-26 |
| 415-431 | 26-27 |
| 431-447 | 27-28 |
| 447-463 | 28-29 |
| 463-479 | 29-30 |
| 479-495 | 30-31 |
| 495-511 | 31-32 |
| 511-527 | 32-33 |
| 527-543 | 33-34 |
| 543-559 | 34-35 |
| 559-575 | 35-36 |
| 575-591 | 36-37 |
| 591-607 | 37-38 |
| 607-623 | 38-39 |
| 623-639 | 39-40 |
| 639-655 | 40-41 |
| 655-671 | 41-42 |
| 671-687 | 42-43 |
| 687-703 | 43-44 |
| 703-719 | 44-45 |
| 719-735 | 45-46 |
| 735-751 | 46-47 |
| 751-767 | 47-48 |
| 767-783 | 48-49 |
| 783-799 | 49-50 |
| 799-815 | 50-51 |
| 815-831 | 51-52 |
| 831-847 | 52-53 |
| 847-863 | 53-54 |
| 863-879 | 54-55 |
| 879-895 | 55-56 |
| 895-911 | 56-57 |
| 911-927 | 57-58 |

12.4 Caracterización actual proceso

|  | CARACTERIZACIÓN PROCESO PRODUCCIÓN | | | | | | Código: | C-PD-01 |
|---|--|--|--|---|---|---|------------------------------------|------------|
| | | | | | | | Versión: | 3 |
| | | | | | | | Fecha: | 25/04/2018 |
| TIPO DE PROCESO | Misional | | ALCANCE | Desde la entrega de materia prima por parte del área de logística, pasando por el manejo de producto a granel, revisión técnica del mismo, acondicionado, rotulado, empaçado, embalado, revisión por control calidad, hasta su entrega final al área de logística y distribución. | | | | |
| OBJETIVO DEL PROCESO | Transformar la materia prima en producto terminado, cumpliendo con los parámetros de control calidad y requisitos legales establecidos por las partes interesadas (entes reguladores), con el objetivo de alcanzar la mejor productividad en el proceso. | | RIESGOS DEL PROCESO | R001; R008; R014; R015; R08; R66; R67; R68; R71; R72; R73; R74 | | | | |
| | | | LÍDER DEL PROCESO | Líder de Producción | | | | |
| | | | | | | | | |
| PROVEEDOR | ENTRADAS | PLANEAR (ACTIVIDADES) | PARÁMETROS DE CONTROL | SALIDAS | RESPONSABLES | CLIENTES | DOCUMENTOS | |
| compras | Planear la consecución de insumos y herramientas necesarias para el flujo del proceso | Planear la solicitud de compra basado en los requerimientos y necesidades del proceso | orden de compra | Cotizaciones | Líder de producción y/o analistas de producción | clientes externos e internos | F-CS-02 | |
| logística de abastecimiento | Planear el abastecimiento de materias primas e insumos. | Planear la programación de producción en base a la demanda semanal y alimentando los stocks del almacén | orden de producción o fabricación | Materia prima e insumos contabilizados | Líder de producción y/o analistas de producción | logística de despacho y clientes externos | FPD-01V.07 | |
| Gestión humana | Planear la consecución del recurso humano y las herramientas necesarias de estos para desarrollar sus competencias | Planear entrevistas y capacitaciones para el desarrollo de competencias en el personal | Cumplimiento de todas los requerimientos requeridos en el recurso humano | Solicitud escrita de personal y capacitaciones | Líder de producción y/o analistas de producción | clientes externos e internos | F-GH-08 | |
| PROVEEDOR | ENTRADAS | HACER (ACTIVIDADES) | PARÁMETROS DE CONTROL | SALIDAS | RESPONSABLES | CLIENTES | DOCUMENTOS | |
| compras | Suministrar los insumos y herramientas necesarias para el flujo del proceso | Ejecutar la solicitud de compra emitida según la necesidad evidenciada en la planeación | orden de compra | Entrega de insumos o herramientas | Líder de producción y/o analistas de producción | clientes externos e internos | F-CS-02 | |
| logística de abastecimiento | Suministrar la materia prima e insumos previamente contabilizados y pesados | Ejecutar la programación de producción transformando la materia prima e insumos en producto terminado | orden de producción o fabricación | Materia prima e insumos contabilizados | Líder de producción y/o analistas de producción | logística de despacho y clientes externos | FPD-01V.07 | |
| Gestión humana | Facilitar el recurso humano y herramientas necesarias para desarrollar sus competencias | Ejecutar entrevistas y capacitaciones brindadas por gestión humana para el desarrollo de competencias en el personal | Periodo de prueba | Entrega de personal capacitado | Líder de producción y/o analistas de producción | clientes externos e internos | F-GH-08, F-GH-04, F-GH-07, F-GH-27 | |

12.5. Cartas de control

