



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS

Desarrollo de un procedimiento de ajuste manual del pH del agua en un proceso de extrusión para la reducción de tiempos muertos

Que para obtener el grado de:

Maestro en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

IME. Ángel Cerda Vázquez

Asesora:

M.C. Alejandra Sánchez Flores

San Luis Potosí, S. L. P

Junio del 2022





UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



FACULTAD DE
INGENIERÍA



CENTRO DE
**INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS
DE POSGRADO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA

San Luis Potosí, S. L. P., 3 de julio de 2020

ACTA

Por este conducto, el Comité Académico del Posgrado en Planeación Estratégica e Innovación manifiesta su aprobación para la realización del trabajo de tesis titulado: "Desarrollo de un procedimiento de ajuste manual para el valor del pH del agua del proceso de extrusión para reducir tiempos muertos".

Los temas que constituyen la tesis son:

- Introducción.
- 1. Antecedentes
- 2. Justificación
- 3. Desarrollo
- 4. Evidencia
- Conclusiones.
- Referencias.

Para cubrir el requisito parcial correspondiente al reporte escrito del trabajo de tesis con el que el Sr. Ángel Cerda Vázquez obtendrá el grado de Maestro en Planeación Estratégica e Innovación. Este trabajo se desarrolla bajo la dirección de la M.C. Alejandra Sánchez Flores experto(a) reconocido(a) en Control Automático e Instrumentación.

Vo. Bo. de los Miembros del Comité Académico

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA VIRTUAL
Zona Universitaria s/n C.P. 78290 Tel. 834 25 42 Fax 828-23-06
San Luis Potosí, S.L.P. México



El que suscribe Ángel Cerda Vázquez,
con domicilio en Calle 11 #310 - B
Colonia / fraccionamiento Industrial Aviación
C.P. 78140 Tel. 4443 15 68 97 Ciudad San Luis Potosí, S.L.P.
 y en mi carácter de autor y titular de la tesis que
lleva como nombre: Desarrollo de un procedimiento de ajuste manual del pH del agua en un proceso
de extrusión para la reducción de tiempos muertos, en lo sucesivo "LA OBRA" y por
ende, cedo y autorizo a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, para que
lleve a cabo la divulgación, publicación, reproducción, así como la digitalización
de la obra, en formato electrónico y sin fines de lucro.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se compromete a respetar
en todo momento mi autoría y a otorgarme el crédito correspondiente.

San Luis Potosí, S.L.P., a 30 de Mayo de 2002.

A t e n t a m e n t e,

IME. Ángel Cerda Vázquez

FIRMA
AUTOR



FACULTAD DE
INGENIERÍA



CENTRO DE
INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS
DE POSGRADO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área de Investigación y Estudios de Posgrado

Aclaración

El presente trabajo que lleva por título:

Desarrollo de un procedimiento de ajuste manual del pH del agua en un proceso de extrusión para la reducción de tiempos muertos se realizó en el periodo junio de 2019 a octubre de 2021 bajo la dirección de la **M.C. Alejandra Sánchez Flores**

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado este documento de tesis para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este documento y asume la responsabilidad total del mismo.

Este documento no ha sido sometido como tesis a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento de Tesis para fines académicos.

Nombre y Firma del autor

IME. Ángel Cerda Vázquez

DEDICATORIA

A dios y mi familia; en especial dedico mi trabajo a mi madre Basilisa Vázquez Vázquez, sin ti no podría haber terminado mis estudios de licenciatura y no tendría los recursos para culminar la maestría. Te agradezco el entregar el corazón día a día por ver a tus hijos triunfar en el ámbito profesional, aun en contra de las adversidades que como familia tuvimos. A mi hermano Gabriel Cerda Vázquez y Perla Julieta Cerda Vázquez, por demostrarme, con su actitud ante la vida, que las cosas se pueden lograr ya que como hermanos mayores han influido en mí para ser una mejor persona. Me han enseñado a no darme por vencido y que, con trabajo, esfuerzo y determinación todos los objetivos se pueden lograr. A mi hermanita Nancy Cerda Vázquez, la más pequeña de la familia, por siempre hacerme reír con sus locuras, motivarme al demostrarme su fortaleza y determinación para cumplir sus objetivos, así como sus ganas de ser una mejor persona día a día.

Una mención especial en esta dedicatoria es para mi entrenador de atletismo, el profesor Ismael Hernández Tenorio, quien me ha ayudado a forjar mi carácter por medio de la práctica de este deporte y demostrarme que solo con disciplina, constancia, actitud y determinación los objetivos se pueden lograr; siempre llevaré en mi mente su pregunta ¿quieres ser o no quieres ser?, la cual me hago cada que me planteo un objetivo y la respondo, ¡sí quiero ser!, entonces me pongo a trabajar para conseguirlo.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la capacidad de razonamiento, entendimiento y sabiduría para poder obtener mi grado de maestría. A mi asesora de tesis, la M.C. Alejandra Sánchez Flores por toda su paciencia, dedicación y soporte durante estos 2 años de arduo trabajo en esta tesis, a la Dra. Imelda Esparza Alvarez por su apoyo, empuje y direccionamiento durante el seminario IV; a mis sinodales de tesis, el Dr. Baudel Lara Lara y el Dr. Héctor Méndez Azua por sus acertadas observaciones y correcciones de esta tesis para poder dar el enfoque y estructura correspondiente de lo que quería expresar.

Al profesor Pedro Flores Valdez por la excelente enseñanza de liderazgo y crecimiento personal que me dejó al impartir la materia de habilidades directivas; mucho de este conocimiento adquirido no solo lo aplico en mi ámbito profesional, también en mi vida diría y personal.

A todos los docentes de la maestría en planeación estratégica e innovación, por el profesionalismo y pasión mostrados al impartir sus clases con el objetivo de formar maestros que ayuden a mejorar el entorno personal, laboral y social donde nos desenvolvemos, en pro de mejorar y transformar la cultura de México a través del conocimiento.

Por último, el agradecimiento a mi amada Facultad de Ingeniería y a la UASLP por brindarme una identidad académica, ya que es un orgullo para mí decir que soy egresado de una de las mejores universidades de México y el mundo, sobre todo porque soy ingeniero y maestro formado en la Facultad de ingeniería.

“MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO”

Me atreveré a dar los modos y las medidas de todas las cosas

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN EN UNA PLANTA DE NEUMÁTICOS	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1.1. <i>Problematización</i>	5
1.1.2. <i>Delimitación del problema</i>	8
1.1.3. <i>Enunciado del problema</i>	8
1.2. JUSTIFICACIÓN	9
1.2.1. <i>Objetivos</i>	10
1.2.2. <i>Alcances</i>	10
1.2.3. <i>Limitación del problema</i>	11
2. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN	12
2.1. MARCO TEÓRICO.....	12
2.2. HIPÓTESIS.....	20
3. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE AJUSTE MANUAL DEL PH DEL AGUA	21
3.1. PROPUESTA METODOLÓGICA	21
3.1.1. <i>Nivel de investigación</i>	21
3.1.2. <i>Diseño de investigación</i>	21
3.1.3. <i>Etapas de la investigación</i>	22
3.1.4. <i>Diagrama de flujo</i>	24
3.2. OBSERVACIÓN	25
3.2.1. <i>Observación directa</i>	25
3.2.2. <i>Observación indirecta</i>	32
3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL SISTEMA DEL PH DEL AGUA.....	34
3.3.1. <i>Acidez</i>	34
3.3.2. <i>Relación de la acidez y la conductividad en la variación del pH</i>	34
3.3.3. <i>Control del sistema</i>	35
3.4. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.4.1. <i>Análisis</i>	41
3.5. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	51
3.5.1. <i>Diagnóstico del problema</i>	51
3.5.2. <i>Generación de hipótesis</i>	51

3.6.	DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO.....	52
3.6.1.	<i>Estabilización por alto o bajo valor de pH</i>	53
3.6.2.	<i>Estabilización por alta conductividad.</i>	66
3.7.	FORMATO DE INSPECCIÓN	73
4.	RESULTADOS.....	75
4.1.	TENDENCIAS DEL VALOR DEL PH DEL AGUA EN EL AÑO 2017	79
4.1.1.	<i>Condiciones del sistema del pH en el año 2017</i>	79
4.2.	TENDENCIAS DEL VALOR DEL PH DEL AGUA EN EL AÑO 2018	83
4.2.1.	<i>Condiciones del sistema del pH en el año 2018</i>	83
4.3.	TENDENCIAS DEL VALOR DEL PH DEL AGUA EN EL AÑO 2019	88
4.3.1.	<i>Condiciones del sistema del pH en el año 2019</i>	88
4.4.	TENDENCIAS DEL VALOR DEL PH DEL AGUA EN EL AÑO 2020	93
4.4.1.	<i>Condiciones del sistema del pH en el año 2020</i>	93
4.5.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	99
4.6.	TRABAJO FUTUTO	100
4.7.	RECOMENDACIONES	101
4.8.	CONCLUSIONES.....	102
	BIBLIOGRAFÍA.....	104
	ANEXOS.....	106
1.	<i>Formato de registro diario del sistema de pH en 2020</i>	106
2.	<i>Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2019.....</i>	109
3.	<i>Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2018.....</i>	112
4.	<i>Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2017.....</i>	116

Índice de figuras

Figura 1. Mezclador Banbury (The Goodyear Tire & Rubber Company, 1996-2009)	3
Figura 2. Componentes del neumático (Castro, 2008).....	4
Figura 3. Proceso de fabricación de una llanta (Alibaba.com, 1999)	12
Figura 4. Diagrama de flujo para el análisis de fallas	17
Figura 5. Diagrama de bloques del control semiautomático del control de pH.....	19
Figura 6. Diagrama de flujo para el desarrollo del trabajo con base en método científico.....	24
Figura 7. Extrusora y línea de enfriamiento (Ammeral Beltech, 2020).....	25
Figura 8. Sistema y subsistemas del pH (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)	27
Figura 9. Suministro de agua de fábrica al TAA (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)	28
Figura 10. Suministro de agua hacia las líneas de la BR y PL (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos).....	29
Figura 11. Tubería de medición y drenaje (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)	30
Figura 12. Circuito de recirculación de agua (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)	31
Figura 13. Ubicación de los sensores y controladores del pH y conductividad (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos).....	36
Figura 14. Funcionamiento de la tubería de drenado (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos).....	37

Figura 15. Indicador del nivel del tanque (INT)e interruptores tipo flotador (INTF) del sistema de pH (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos).....	38
Figura 16. Definir; Asignación del nombre del proyecto, descripción del problema y de la situación actual del problema (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	42
Figura 17. Medir; Establecimiento de la meta, objetivo del proyecto y recolección de los minutos de tiempo muerto por variación del valor del pH del agua (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	43
Figura 18. Gráficas de la variación del valor del pH durante los meses de abril a junio del 2017	44
Figura 19. Diagrama de Ishikawa realizado para encontrar la causa raíz de la variación del valor del pH	45
Figura 20. Análisis de ¿5 por qué?, para determinar las posibles soluciones del problema (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla de 5 porque de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	46
Figura 21. Análisis de ¿5 por qué?, para determinar las posibles soluciones del problema, parte 2 (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla de 5 porque de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	47
Figura 22. Representación esquemática del sistema de pH; flujos de entrada y salida de agua, así como del ácido (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	48
Figura 23. Mejorar; Acciones y contramedidas definidas a implementar para solucionar el problema de la variación del valor del pH del agua (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	49

Figura 24. Controlar; Validación y seguimiento de las medidas y contramedidas implementadas en el paso #4 (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)	50
Figura 25. Pantalla del controlado muestra el valor del pH (izquierda) y a la derecha el esquema donde se encuentra ubicado el controlador	53
Figura 26. Válvulas de drenado de la BR (Izquierda) y válvula de drenado de la PL (derecha); al centro dibujo de la ubicación de las válvulas en el sistema de pH.....	54
Figura 27. Esquema de la ubicación de la válvula de paso de agua # 1 (izquierda) e imagen (derecha) de la ubicación física de la válvula	55
Figura 28. Pantalla del controlado muestra el valor del pH y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador	56
Figura 29. Bomba de ácido (BDA) con la regulación de la perilla central a un valor de 30 y perilla inferior a 50% y esquema de la ubicación de la bomba en el sistema de pH	56
Figura 30. Medidor de flujo de ácido muestra en la pantalla un flujo de 9.6 ml/min y esquema de la ubicación del flujómetro en el sistema de pH.....	57
Figura 31. Esquema de la ubicación de las válvulas de paso de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de la válvulas	59
Figura 32. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la PL al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°	60
Figura 33. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la BR al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°	60
Figura 34. Bomba de la BDA; perilla inferior en posición STOP #1	61
Figura 35. Pantalla del controlado muestra el valor del pH y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador	62

Figura 36. Esquema de la ubicación de las válvulas de paso de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de la válvulas	63
Figura 37. Flujómetro de suministro para el agua de fábrica #1 con una lectura de 7 gal/min a través de la tubería suministro de agua	64
Figura 38. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la BR al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°	65
Figura 39. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la PL al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°	65
Figura 40. Válvulas de drenado de la BR (Izquierda) y válvula de drenado de la PL; al centro dibujo de la ubicación de las válvulas en el sistema	66
Figura 41. Pantalla del controlado muestra el valor de ajuste del pH en 6.3 y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador	67
Figura 42. Bomba de ácido (BDA) con la regulación de la perilla central a un valor de 30 y perilla inferior a 50% y esquema de la ubicación de la bomba en el sistema de pH	68
Figura 43. Esquema de la ubicación de las válvulas de paso de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de la válvulas	69
Figura 44 Flujómetro de suministro para el agua de fábrica #1 con una lectura de 7 gal/min a través de la tubería suministro de agua	70
Figura 45. Esquema de la ubicación de la válvula de drenado inferior a 90°, posición abierta y ubicación física de la válvula en el sistema de pH.....	71
Figura 46. Esquema de la ubicación de la válvula de drenado inferior a 0°, posición cerrada y ubicación física de la válvula en el sistema de pH.....	71
Figura 47. Esquema de la ubicación del indicador del nivel del tanque de agua (INT) #1 y ubicación física del indicador en el sistema de pH	72

Índice de gráficas

Gráfica 1. Tiempo perdido por pH en el mes de julio del 2017 en la extrusora de pared lateral (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos)	5
Gráfica 2. Tiempo perdido por pH en el mes de septiembre del 2017 en la extrusora de banda de rodadura (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos).....	6
Gráfica 3. Tiempo perdido por pH en el mes de noviembre del 2017 en la extrusora de banda de rodadura (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos).....	6
Gráfica 4. Tiempo perdido por pH en el mes de noviembre del 2017 en la extrusora de la pared lateral (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos).....	7
Gráfica 5. Tiempo perdido por pH en el mes de enero del 2018 en la extrusora de la pared lateral (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos)	7
Gráfica 6. Tiempo perdido por pH en el mes de enero del 2018 en la extrusora de la banda de rodadura (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos).....	8
Gráfica 7. Valores del pH del agua en abril y mayo 2017	33
Gráfica 8. Valores del pH del agua en mayo y junio 2017	33
Gráfica 9. Comportamiento de los valores del pH en el año 2017	80
Gráfica 10. Valor medio del pH del agua ($X= 6.51$) en el año 2017 (Soporte de Minitab, 2019)	81
Gráfica 11. Tendencia de los valores del pH hacia el USL en el año 2107 (Soporte de Minitab, 2019)	81

Gráfica 12. Índices de capacidad a corto plazo (Cp, CpK) y a largo plazo (Pp,Ppk, Cpm) en el año 2017 (Soporte de Minitab, 2019)	82
Gráfica 13. Comportamiento de los valores del pH en el año 2018.....	84
Gráfica 14. Valor medio del pH del agua ($X= 6.47$) en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)	85
Gráfica 15. Tendencia de los valores del pH hacia el USL en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)	85
Gráfica 16. Índices de capacidad a corto plazo (Cp, CpK) y a largo plazo (Pp,Ppk, Cpm) en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)	86
Gráfica 17. Comportamiento de los valores del pH en el año 2019.....	89
Gráfica 18. Valor medio del pH del agua ($X= 6.18$) en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)	90
Gráfica 19. Tendencia de los valores del pH hacia el LIC en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)	90
Gráfica 20. Índices de capacidad a corto plazo (Cp, CpK) y a largo plazo (Pp,Ppk, Cpm) en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)	91
Gráfica 21. Comportamiento de los valores del pH del agua en el año 2020	94
Gráfica 22. Valor medio del pH del agua ($X= 6.38$) en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)	95
Gráfica 23. Tendencia de los valores del pH hacia el valor nominal de especificación en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)	95
Gráfica 24. Índices de capacidad a corto plazo (Cp, CpK) y a largo plazo (Pp,Ppk, Cpm) en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)	96

Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo muerto por variación en el valor del pH del agua.....	32
Tabla 2. Formato de inspección diaria del sistema de pH.....	74
Tabla 3. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2017.....	82
Tabla 4. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2018.....	87
Tabla 5. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2019.....	91
Tabla 6. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2020.....	96
Tabla 7. Número de fallas y tiempo muerto desde al año 2017 al 2020	98
Tabla 8. Volumen de agua y ácido especificados	99

RESUMEN

En la presente tesis se desarrolla el procedimiento de ajuste manual del pH del agua para reducir los tiempos muertos en un proceso de extrusión, el cual, al inicio de este trabajo presentaba variaciones que excedían los valores de especificación y ocasionaba paros en la línea de producción. Para establecer el procedimiento de trabajo como solución al problema se realiza el análisis de causa raíz mediante la metodología de solución de problemas DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar); la aplicación de esta herramienta de calidad permite identificar el problema y plantear la solución para minimizar los tiempos muertos, así como la mejora del proceso.

La evaluación de los resultados se realiza por medio del control estadístico de proceso, con la utilización de gráficas de control y el programa MINITAB (Soporte de Minitab, 2019); lo anterior permite evaluar el comportamiento de los valores del pH del agua a través de la implementación de acciones que dan solución al problema. Se realiza una comparativa entre los años 2017, 2018, 2019 y 2020 para demostrar la mejora al implementar el procedimiento de ajuste; con esto se valida que se obtiene una mejora con la solución propuesta.

Con la mejora del proceso y la reducción de tiempos muertos, la aportación principal de este trabajo es el aumento de la confiabilidad del sistema de pH; con lo anterior se aumenta la eficiencia del proceso de extrusión. Al aumentar la eficiencia se asegura el cumplimiento de la demanda del producto para el cliente interno en el tiempo y momento justo; se reduce el desecho de material, se evitan paros en la cadena de suministro y producción de llantas. Al minimizar las anteriores pérdidas en el proceso de extrusión se contribuye a que los costos de producción del neumático se mantengan en un nivel competitivo en el mercado.

Palabras clave:

Tiempos muertos, DMAIC, Control estadístico de proceso, MINITAB y Sistema de pH

ABSTRACT

In the present thesis, the procedure of manual adjustment of the pH of the water is developed in an extrusion process to reduce downtime. To determine the procedure as the solution of the problem, the root cause analysis is performed using the DMAIC problem-solving methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). The application of this quality tool allows to identify the problem and propose the solution to minimize downtime, as well as the improvement of the process.

The evaluation of the results is carried out through statistical process control by using control charts and the MINITAB software (Soporte de Minitab, 2019). The above allows evaluating the behavior of the pH values of the water through implementing actions to solve the problem. A comparison is made between the years 2017, 2018, 2019 and 2020 to demonstrate the improvement when the adjustment was implemented gradually; this validates the effectiveness of the downtime reduction.

With the enhancement of the process and the downtime reduction, the main contribution of this work is to increase the reliability of the pH system; due of such action the efficiency of the extrusion process is increased as well. By increasing the efficiency, the fulfillment of the product demand for the internal customer is assured in the right time and just in time, material waste is reduced and shutdown in the tire production and supply chain are avoided. By minimizing the previous losses in the extrusion process, it helps to keep the production cost of the tire at a competitive level in the market. With a competitive cost and high quality, customer demand and permanence in the tire market are assured.

Keywords:

Downtimes, DMAIC, Statistical process control, MINITAB and PH system

Introducción

En la a sección 1: “descripción del proceso de extrusión en una planta de neumáticos” describen las etapas del proceso de fabricación de un neumático, así como el proceso de extrusión. Se realiza el planteamiento de problema en donde se determina la existencia de tiempos muertos en el proceso de extrusión; se delimita y se enuncia el problema. Se establece el objetivo general y los objetivos específicos, el alcance y las limitaciones del problema.

En la sección 2: “análisis de las propiedades del agua del proceso de extrusión” se expone el marco teórico, se describe detalladamente el proceso de extrusión y el sistema del pH del agua, también se establece la hipótesis del problema.

En la sección 3 “desarrollo del procedimiento de ajuste manual del pH del agua” se plantea la propuesta metodológica, el nivel y diseño de la investigación. Se desarrollan los pasos de la metodología, se inicia con la observación directa, en donde se describe el funcionamiento general del sistema de pH y la observación indirecta, donde se realiza la recopilación de los datos de los tiempos muertos derivados por las variaciones del valor del pH del agua y su comportamiento. Se desarrolla la etapa de investigación: análisis, con la determinación de la causa raíz del problema mediante la metodología DMAIC permitiendo plantear la hipótesis para la solución al problema. Se continúan con la implementación de la solución, con la generación y establecimiento del procedimiento de ajuste manual para el valor del pH del agua.

En la sección 4 “resultados”, se enuncia cómo se realiza la recopilación de datos para validar la eficiencia de la estandarización del procedimiento como solución al problema. Se declara la manera de validación de los resultados por medio del control estadístico de proceso y por medio de los estudios de capacidad desarrollados por el programa MINITAB para posteriormente realizar comparativa del comportamiento de los valores del pH del agua desde el año 2017 hasta el año 2020, con lo anterior se valida la eficiencia de la solución planteada. Se describe el trabajo futuro de la investigación para desarrollar una propuesta de mejora y aumentar la confiabilidad del proceso por medio de la automatización total del sistema de pH y asegurar que se eliminen los tiempos muertos derivados de una variación del valor del pH del agua, se dan las recomendaciones para que lo implementado sea sostenible a través del tiempo y se finaliza con la redacción de las conclusiones de los resultados y del estudio.

1. Descripción del proceso de extrusión en una planta de neumáticos

El proceso de fabricación de neumáticos para la industria automotriz consta de múltiples procesos para su elaboración. Los principales procesos de fabricación de un neumático se dividen en tres sistemas: preparación de componentes, construcción de la llanta (ensamble de componentes) y vulcanización, donde se adquiere la forma final del neumático.

El caso de estudio de este trabajo se centra en el proceso de producción de materia prima para la fabricación de neumáticos, en el subsistema de extrusión; en la etapa de enfriamiento, en el equipo de suministro de agua a la línea de enfriamiento; el sistema de pH.

Preparación de componentes

El proceso de preparación consta de 4 subsistemas:

- a) Preparación de caucho (mezclado)
- b) Preparación de pliegues (telas)
- c) Preparación de pestañas
- d) Proceso de extrusión

a) Mezclado

El proceso de fabricación de un neumático inicia en el sistema de mezclado, aquí se añaden diferentes tipos de ingredientes (materias primas) para la preparación del caucho (Nin, 1999):

- Negro de humo. Añade consistencia y dureza.
- Azufre. Sirve para vulcanizar o "curar" el jebe (sulfato de alúmina y potasa)
- Cementos y pinturas. Para la construcción y el acabado.
- Fibras de rayón y acero. Para fortalecer la llanta.
- Caucho sintético o caucho natural. Materiales principales en la fabricación.
- Antioxidantes y anti-ozonantes. Para resistir los efectos dañinos de la luz solar y del ozono, para hacer que la llanta tenga mayor durabilidad.
- Aceites y grasas. Para hacer más maleable la mezcla y para ayudar en el mezclado de todos los ingredientes.

Estos ingredientes son revueltos en una mezcladora llamada Banbury que opera bajo condiciones temperatura y presión (The Goodyear Tire & Rubber Company, 1996-2009). La Figura 1 muestra la mezcladora Banbury, aquí es donde los ingredientes son mezclados y procesados; al finalizar el proceso de mezclado se obtienen pliegos de caucho que serán utilizados para la preparación de los siguientes componentes del neumático, los pliegos de caucho son cortados y colocados en tarimas de acero para ser transportado a los siguientes procesos.

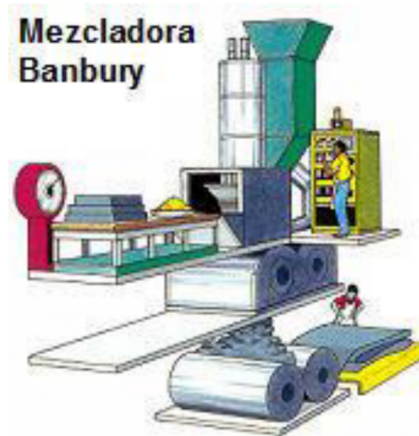


Figura 1. Mezclador Banbury (The Goodyear Tire & Rubber Company, 1996-2009)

b) Preparación de pliegues

Proceso donde se obtienen las telas que serán usadas para hacer el cuerpo de la llanta (The Goodyear Tire & Rubber Company, 1996-2009). Los pliegos son piezas de tejidos (rayón, nylon, fibra de vidrio o acero) que inicialmente viene en forma de rollos de 1,000 metros de largo, que luego son recubiertos de caucho en la calandria y cortado en tamaños y ángulos variables en la mesa cortadora y empalmados para su almacenamiento (Nin, 1999).

Los tipos de tela obtenidos para el cuerpo de la llanta son: recubrimiento interior (inner-liner), tela del cuerpo y cinturones estabilizadores (Castro, 2008). La Figura 2 muestra los componentes del recubrimiento interior, pestañas, tela del cuerpo, cinturones estabilizadores, banda de rodadura y pared lateral.

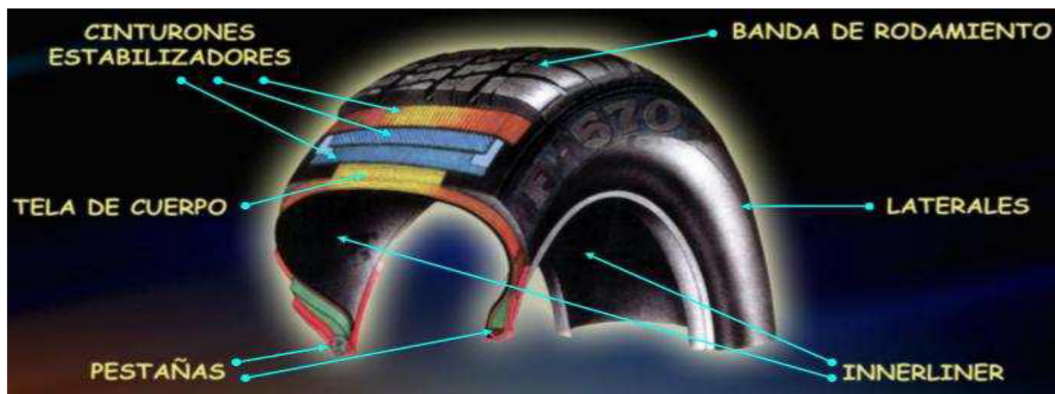


Figura 2. Componentes del neumático (Castro, 2008)

c) Preparación de pestañas

Proceso donde se conforma un aro de alambres, llamado talón. Contiene cable de acero con alta tensión formando el esqueleto, el cual se ajustará al rin del vehículo. Los hilos se alinean a una cinta cubierta con caucho para pegarlo; luego se cortan en vueltas que después son unidas para asegurarlos hasta que sean ensamblados con el resto de la llanta, la Figura 2 muestra la ubicación de las pestañas en la parte inferior del neumático.

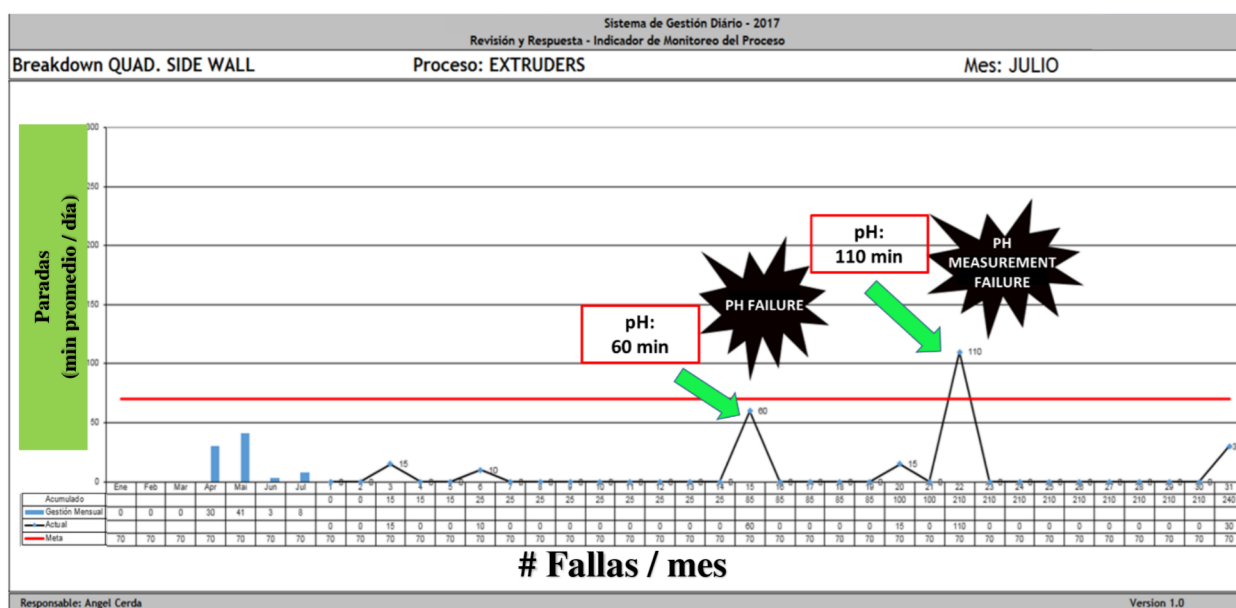
d) Proceso de extrusión

El proceso de extruido inicia cuando los pliegues de caucho son ingresados a las tolvas de alimentación de las extrusoras. El caucho es capturado por un tornillo sin fin que se encuentra dentro un cilindro de acero denominado barril. El tornillo muele y amasa el caucho bajo ciertas especificaciones de presión y temperatura; el caucho es transportado por el tornillo a lo largo del barril hasta que es ingresado a una matriz, en la cual se obtiene la forma deseada del caucho (extrusión). El material adquiere una temperatura que oscila entre los 80 y 120°C al ser extruido. Cuando el material sale de la matriz, inicia el proceso de enfriamiento y encogimiento donde se adquiere el ancho final de la banda de rodadura y de la pared lateral.

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1. Problematización

Desde el mes de julio del año 2017, cuando el sistema de pH y las máquinas de extrusión iniciaron el arranque de producción de los materiales, se comenzaron a presentar paros de línea por variaciones en el valor de pH, las gráficas de tiempo mensual detectaron los minutos perdidos por esta falla. En la Gráfica 1 se muestra un total de 180 min por falla del pH en la línea de extrusión de la pared en el mes de julio del año 2017.



Gráfica 1. Tiempo perdido por pH en el mes de julio del 2017 en la extrusora de pared lateral (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos)

Breakdown QUAD. TREAD

Proceso: EXTRUDERS

Mes: SEPTIEMBRE

Sistema de Gestión Diálogo - 2017

Revisión y Respuesta - Indicador de Monitoreo del Proceso

Paradas (min promedio / día)

PH: 60 min

PH Estabilización de sistema

Se atora caucho en Incline Conveyor. Soporte a Prod.

RTS no realiza escaneo. Se reestablece sistema

Pierde secuencia sensores de cabezal al arranque

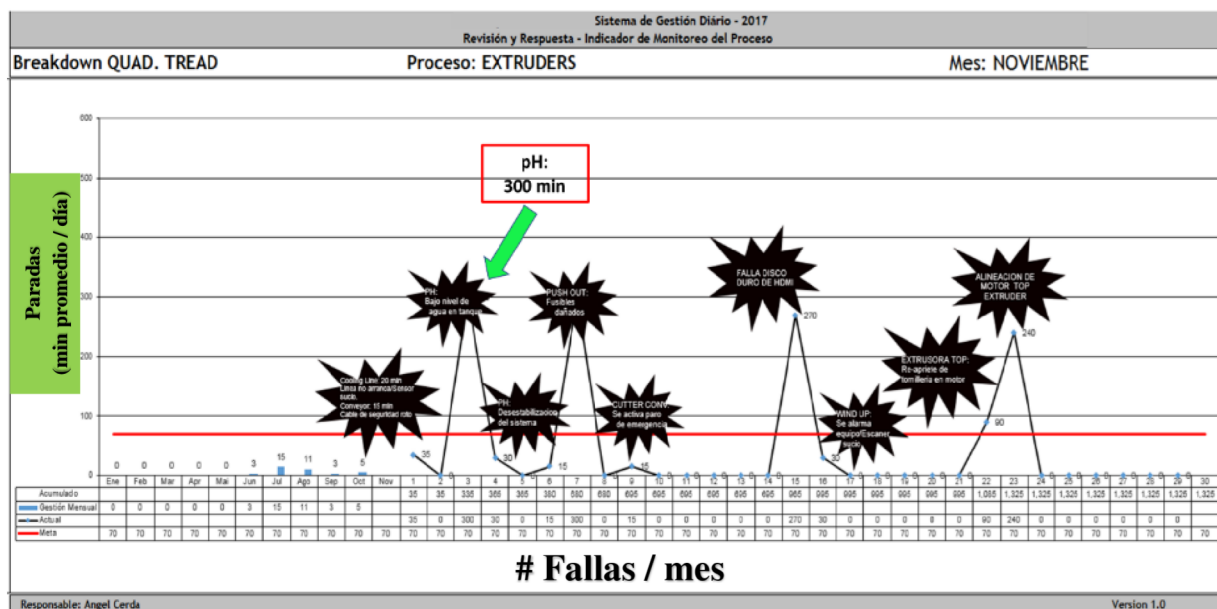
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Acumulado	0	0	0	0	0	3	15	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gestión Mensual	0	0	0	0	0	3	15	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Actual	0	0	0	0	0	3	15	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Meta	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	

Fallas / mes

Responsable: Angel Cerda

Version 1.0

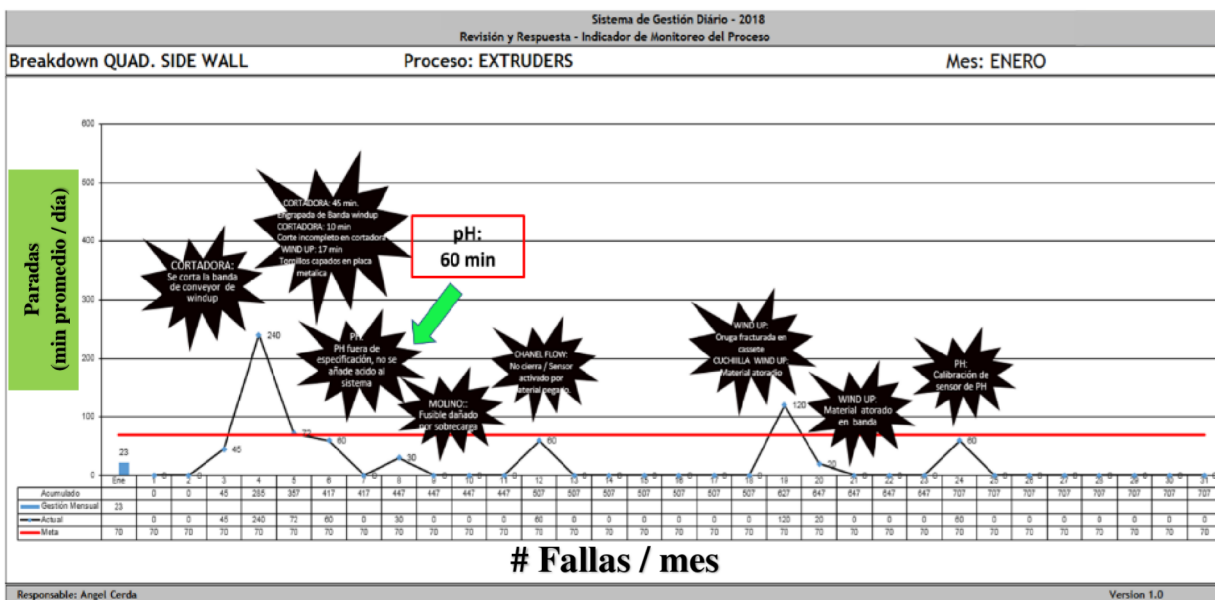
En la Gráfica 3 se muestra un total de 300 min en la línea de la banda de rodadura en el mes de noviembre del año 2017.



6

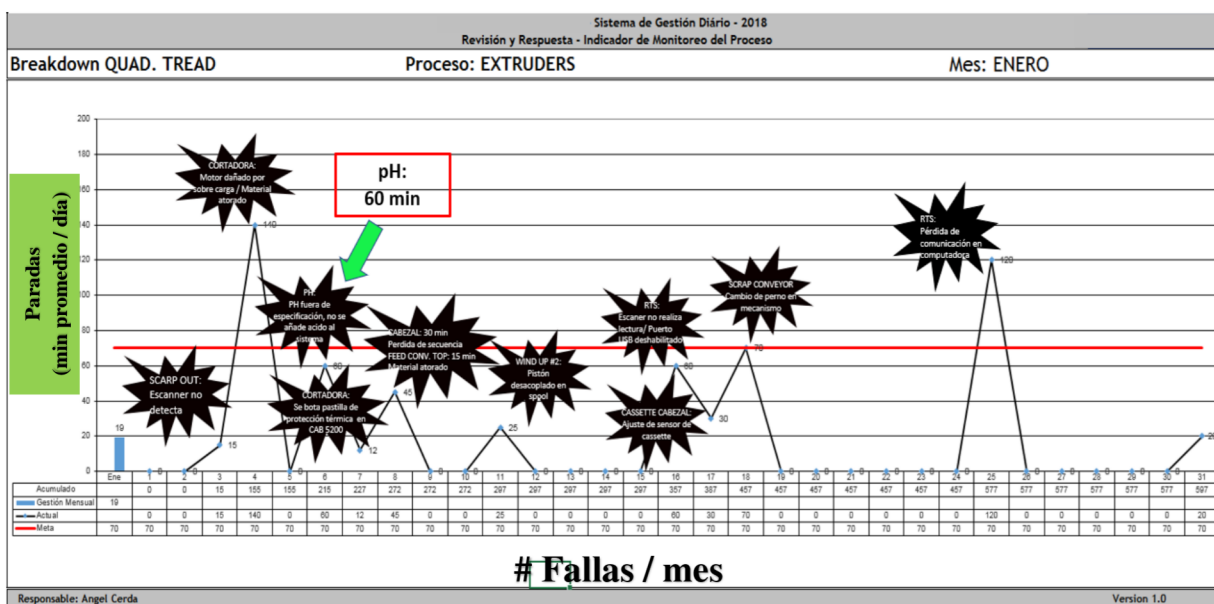
[illegible]

En la Gráfica 5 se muestra un total de 60 min en la línea de la pared lateral en el mes de enero del año 2018.



7

En la Gráfica 6 se muestra un total de 60 min en la línea de banda de rodadura en el mes de enero del año 2018.



Gráfica 6. Tiempo perdido por pH en el mes de enero del 2018 en la extrusora de la banda de rodadura (Reproducido parcialmente del sistema de gestión diario – referencia y accesos restringidos)

Mediante el análisis de fallas se detectaron tiempos muertos superiores a los 120 min. que exceden el 1% de tiempo muerto destinado a fallas, por lo tanto, es necesario realizar un análisis para evitar más tiempos muertos en este sistema para dar solución a las fallas. Se ha detectado un problema en el pH del agua, el cual consiste en que el valor sobrepasa el límite superior de control (LSC, Max: 6.8) y desciende debajo del límite inferior de control (LIC, Min: 5.8).

1.1.2. Delimitación del problema

La problemática por resolver se ubica en el sistema de enfriamiento, específicamente en el sistema de pH, el cual se explicará en la sección 3. El presente trabajo se limitará a desarrollar un procedimiento para el ajuste manual del valor del pH para lograr la reducción de tiempos muertos derivados de una variación.

1.1.3. Enunciado del problema

¿Qué control de calidad se puede implementar, al encontrar e identificar las causas que generan las variaciones del pH del agua para que opere dentro del rango nominal de operación? siguiendo la metodología de manufactura esbelta establecida en la industria de neumáticos para ayudar a reducir o eliminar los tiempos muertos producidos por la variación del pH del agua en el proceso de extrusión durante los años 2017 y 2018.

1.2. Justificación

El presente trabajo desarrolla un procedimiento de ajuste para estabilizar el pH del agua dentro de las especificaciones definidas por el control de calidad; los valores del pH especificados son: (Max. 6.8, Min. 5.8). Una vez implementado se espera una reducción de los tiempos muertos que se han presentado de manera continua en los procesos de extrusión de la banda de rodadura y la pared lateral desde el año 2017.

Los tiempos muertos en el proceso de extrusión presentan el 1% de tiempo perdido por falla en el sistema de pH; si estas pérdidas se cuantificaran en producción de llantas, las pérdidas serían de 750 llantas por hora, lo cual en términos monetarios representa \$30,000 USD.

Los beneficios particulares son:

1. Se generará el conocimiento requerido para realizar los ajustes del pH del agua cuando se presente alguna variación en el sistema. El conocimiento quedará plasmado en un procedimiento de ajuste para que el personal calificado sea capaz de ajustar el pH del agua cuando sea necesario.
2. Al controlar las variaciones del valor del pH del agua, los tiempos muertos derivados por una falla en la desestabilización disminuirán y la efectividad total de los equipos (ETE) del proceso de extrusión aumentará.

Este trabajo presenta un beneficio común ya que podrá implementarse no solo en los procesos de extrusión de neumáticos; podrá utilizarse en cualquier sistema de producción que tenga un sistema de regulación del pH del agua que se requiera ajustar para estabilizar. Algunos sectores en los que se podrá implementar son: *Industria farmacéutica, de papel, alimenticia; tratamiento de aguas residuales* (Frederick J. Kohlmann, 2003).

1.2.1. Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un procedimiento para el ajuste del valor del pH del agua utilizada en las líneas de enfriamiento del proceso de extrusión con la finalidad de disminuir los tiempos muertos ocasionados por las variaciones del valor del pH del agua.

Objetivos específicos

Con base en el objetivo general se definen los siguientes objetivos específicos:

1. Reducir los tiempos muertos en el proceso de extrusión ocasionados por las variaciones del valor del pH del agua y aumentar la confiabilidad del sistema de pH.
2. Identificar en el sistema de pH los puntos de entrada y salida de agua, así como de ácido para detectar si estos generan la variación del pH y conductividad del agua.
3. Encontrar las causas que generan las variaciones del valor del pH del agua dentro del sistema para mantenerlo dentro del valor nominal (6.0 - 6.6).
4. Desarrollar e implementar un procedimiento para mantener el valor del pH del agua dentro del valor nominal.

1.2.2. Alcances

El alcance de este trabajo es establecer un procedimiento de ajuste para controlar las variables que provocan la desestabilización de los valores del pH del agua en las líneas de enfriamiento del proceso de extrusión. Con lo anterior, se espera que los valores del pH del agua tengan un comportamiento hacia la media central del rango de operación establecidos 6.3 (± 0.2), siendo los valores de especificación de 5.8 y 6.8 (Min: 5.8, Max: 6.8).

El trabajo finalizará con la propuesta de implementación, la entrega del procedimiento de ajuste propuesto para la estabilización del pH y la validación de los resultados al implementar el procedimiento. La validación para verificar la efectividad del procedimiento establecido se realizará por medio del control estadístico de proceso, al evaluar por medio de gráficos de control las tendencias del comportamiento del valor del pH durante los años 2017, 2018, 2019 y 2020. Con estudios de capacidad por medio de MINITAB se realizará el comparativo de los valores del pH de agua previos a la estandarización del procedimiento y posterior a la implementación de las mejoras realizadas al sistema y la estandarización del método de ajustes a través del procedimiento.

1.2.3. Limitación del problema

Para la implementación de este proyecto se cuenta con un presupuesto aproximado de \$600,000 MXN para la compra de equipo e instrumentación; se requiere conocer la medición del volumen de agua que entra y que sale del sistema, así como el volumen de ácido que se inyecta para la definición del ajuste óptimo del pH del agua por medio del procedimiento. Los recursos humanos proporcionados por la empresa son: un ingeniero de mantenimiento dedicado a la investigación y 5 técnicos electromecánicos para la implementación de las mejoras.

Los resultados de la implementación se verán reflejados en máximo 1 año iniciando en diciembre del 2019 hasta septiembre del 2020.

2. Análisis de las propiedades del agua del proceso de extrusión

2.1. Marco teórico

Proceso de manufactura de un neumático

El proceso de manufactura de un neumático o llanta a base de caucho consta de tres diferentes etapas:

1. Preparación de los materiales que se utilizan para construir el neumático.
2. La construcción o fabricación del neumático, en donde se ensamblan los materiales preparados. Se le denomina “llanta verde” al producto final, se adopta este nombre debido a que el neumático no se ha vulcanizado.
3. El proceso denominado vulcanización, donde el neumático se hornea y adopta la forma final, como la que utilizan los carros y camionetas.

La preparación de materiales está conformada por los procesos de mezclado, preparación de pliegues, preparación de pestañas y extrusión. El presente trabajo centra el estudio en el proceso de extrusión. En la Figura 3 se muestra el proceso de fabricación de un neumático y el ovalo al centro de la imagen indica el proceso de extrusión.

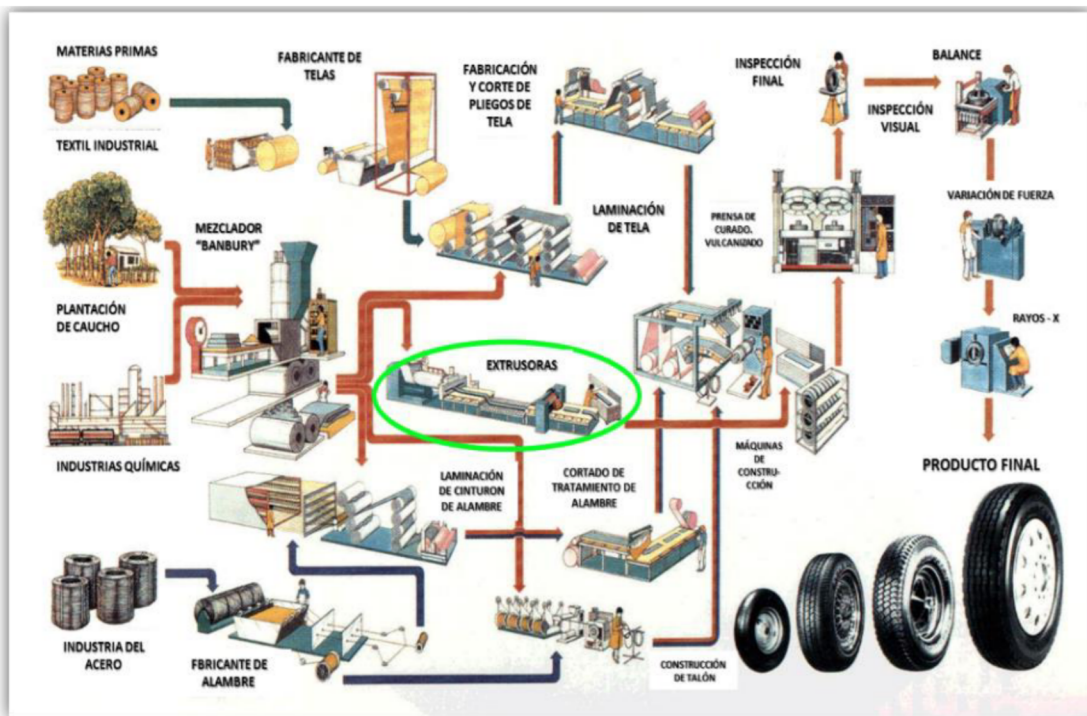


Figura 3. Proceso de fabricación de una llanta (Alibaba.com, 1999)

Extrusión

El proceso de extrusión utiliza caucho como materia prima para producir los materiales denominados banda de rodadura y pared lateral; estos componentes forman la parte exterior del neumático. La banda de rodadura es la superficie de la llanta que hace contacto con el piso y la pared lateral es la que se encuentra a un costado de la llanta; aquí se moldean las características técnicas del neumático y el logo de la compañía que lo produjo. La banda de rodadura y la pared lateral cubren el resto de los componentes que integran la llanta.

La calidad de los componentes de la banda de rodadura y la pared lateral deben cumplir con estándares establecidos de acuerdo con las especificaciones del producto. Para asegurar que se alcancen las especificaciones es necesario seguir un procedimiento establecido.

Para moldear la banda de rodadura y la pared lateral es necesario realizar el proceso de extrusión, el cual requiere de una alta temperatura y presión para alcanzar la consistencia deseada. La temperatura obtenida a la salida es elevada y, de acuerdo con el procedimiento para la extrusión, estos materiales deben ser enfriados con agua que circula en las líneas de enfriamiento; el agua debe estar bajo ciertas especificaciones establecidas por el control de calidad. El enfriamiento se realiza cuando la banda de rodadura y la pared lateral son rociados con agua fría a un grado de acidez determinado; el sistema que controla las propiedades del agua se llama “sistema de pH”. Si el grado de acidez del agua no cumple con las especificaciones establecidas por los estándares calidad y ha entrado en contacto con el producto, este material debe ser desechado.

El sistema de pH en el proceso de extrusión

El pH es la medida con la que se determina el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. El sistema de pH es un equipo que suministra agua con un cierto grado de acidez, conductividad y temperatura en el proceso de extrusión. El agua del sistema fluye hacia las dos líneas de enfriamiento: de la banda de rodadura (BR) y de la pared lateral (PL).

Este sistema es el encargado de controlar el nivel de acidez del agua dentro del rango de 5.8 a 6.8, además de controlar el valor de conductividad en el agua a un máximo de 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La importancia de mantener el agua dentro del rango mencionado se debe a que la BR y la PL deben conservar las propiedades de elasticidad y adherencia especificadas para el cual han sido diseñados; a valores de acidez arriba de 6.8 la adherencia del caucho se pierde. y a valores por debajo de 5.8 el material se puede deteriorar.

Unidades de la conductividad

De acuerdo con la página web de (HANNA instruments, 2004), líder mundial en el desarrollo y fabricación de instrumentos de medición electroquímicos, fotométricos y electrodo, la unidad de medición utilizada comúnmente para la conductividad es el Siemens/cm (S/cm), micro siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y en milésimas (10^{-3}) es decir mili siemens/cm (mS/cm).

Conductividad y sólidos disueltos

De acuerdo con el artículo (Rusydi, 2018). La conductividad o conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (TDS) se utilizan con frecuencia como parámetros de calidad del agua, especialmente en la zona costera. Estos dos parámetros son indicadores del nivel de salinidad que los hacen muy útiles como una forma de estudiar la intrusión de agua de mar. El valor de CE y TDS están correlacionados. CE es la medida de la capacidad del líquido para conducir una carga eléctrica. Su capacidad depende de las concentraciones de iones disueltos, la fuerza iónica y la temperatura de las mediciones. La concentración de iones disueltos generalmente se mide como TDS.

La CE proporciona una medida de la cantidad de TDS o salinidad en el agua. Los productos químicos que contribuyen sustancialmente al total de sólidos disueltos son sodio, calcio, magnesio, cloruro, sulfato y bicarbonato (Blaine R. Hanson, 2006).

En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos TDS, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación lo señala (HANNA instruments, 2004) con la siguiente igualdad:

$$1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

Importancia del proceso de extrusión

La extrusión es uno de los procesos más críticos dentro de los múltiples que existen para la fabricación de un neumático. El proceso de extrusión consiste en la producción de los materiales de la pared lateral y de la banda de rodadura; para la producción de estos materiales se utiliza una máquina extrusora de pared lateral y una máquina extrusora de la banda de rodadura. Con una máquina extrusora para la producción de cada material se cubre la demanda en el proceso de construcción de neumáticos; de esta manera el proceso de extrusión contribuye a cumplir con el objetivo diario de producción de neumáticos.

Por lo anterior expuesto, si existe un tiempo muerto derivado de una falla en los equipos de extrusión existe el riesgo de ocasionar un paro en la producción que puede convertirse en un paro total de la planta.

Eficiencia del proceso de extrusión

El proceso de extrusión debe contar con una eficiencia del 85 %, es decir, debe estar trabajando el 85% del tiempo total destinado a producción; este tiempo está destinado para producir los materiales requeridos para la construcción de los neumáticos. El 15% restante de la eficiencia está distribuido en tiempo dedicado a: limpieza, mantenimiento, cambios de código, pruebas de nuevos productos y tiempos muertos por fallas en los equipos.

Criterio de cero fallas

Indicadores de tiempo muerto

Para los indicadores de tiempo muerto por fallas en los equipos se tiene un objetivo del 1% máximo de paro del tiempo total destinado a producción; esto es equivalente a 15 minutos diarios. Los paros derivados de fallas que excedan el 1% son los detonantes para realizar un plan de acción para evitar o prevenir que la falla se repita, esto de acuerdo con la filosofía de cero fallas. El análisis de fallas se realiza de manera diaria, semanal y mensual; el análisis semanal y mensual es realizado con el diagrama de Pareto que refleja el acumulado de las fallas con mayor frecuencia o con mayor tiempo de falla.

Una vez realizado el análisis de Pareto, se determina que se debe realizar un análisis de falla. Las herramientas definidas para la solución de problemas o análisis de falla son el método de 5 ¿Por qué? y DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Con lo anterior se determina la causa que originó la falla, se resuelve y toman las medidas necesarias para eliminar o minimizar el tiempo muerto que esta ocasiona. La Figura 4 muestra el diagrama de flujo para el análisis de las fallas, en este se describen los pasos a seguir para solucionar una falla derivada de un tiempo muerto en una máquina o equipo.

Filosofía de Cero Fallas

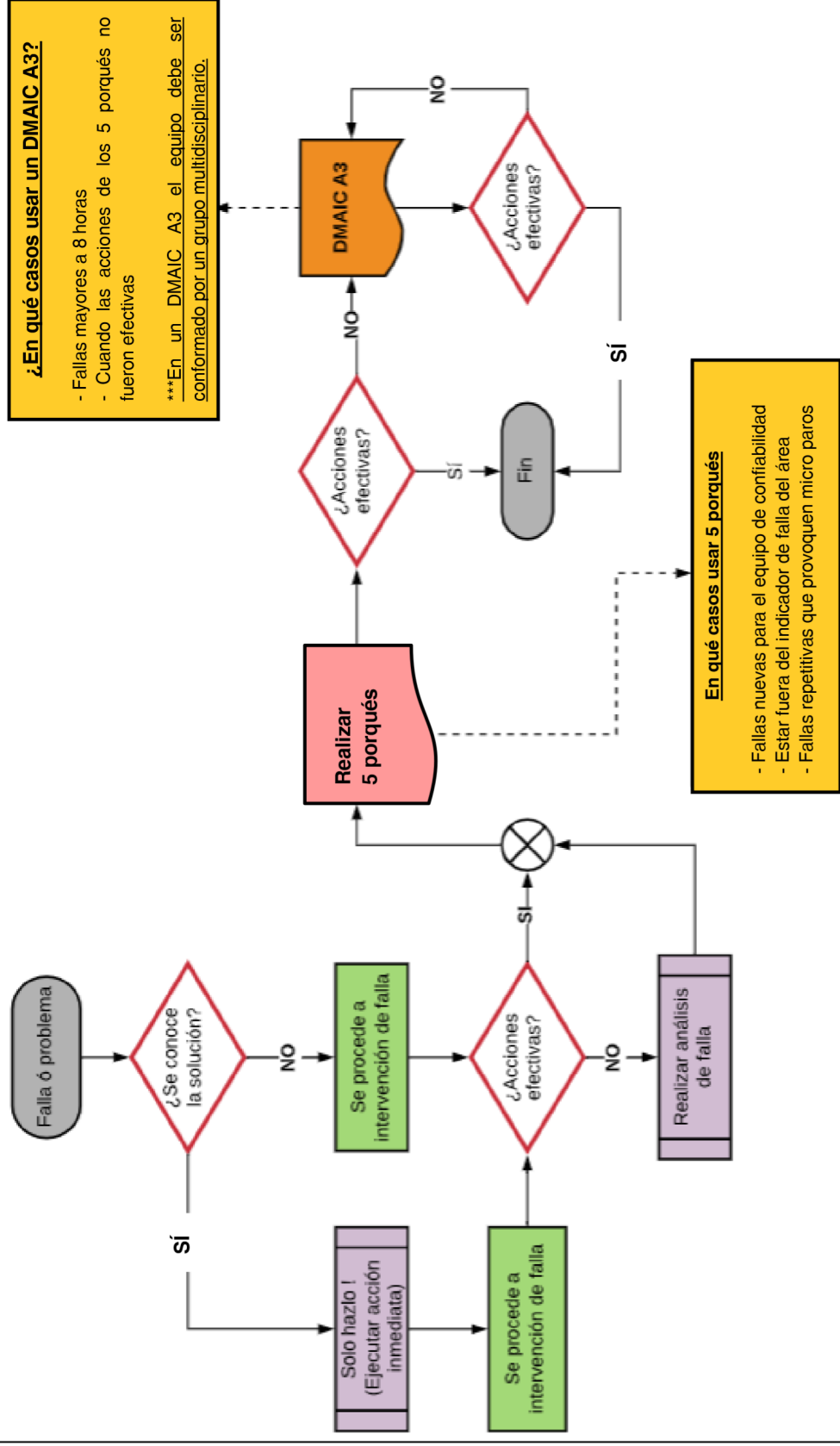


Figura 4. Diagrama de flujo para el análisis de fallas

Sistema de control semi automático del sistema de pH

El sistema cuenta con un control semi automático que usa como señales de entrada las mediciones de los sensores de pH y conductividad, tanto el valor del pH como el de la conductividad son regulados por su propio controlador. Es un control semi automático porque solo controla la apertura o cierre de las electroválvulas de suministro de ácido y agua, así como la del drenado de agua; esto se realiza sin tener una regulación en la dosificación del volumen de ácido y agua que se ingresa al sistema, el volumen del agua que es drenada tampoco es regulado. Es necesario encontrar un método para la regulación de los volúmenes de entrada y salida, lo anterior debe ser implementado con los recursos disponibles, tomando acciones eficientes para evitar más paros provocados por una variación en el valor del pH del agua.

El controlador de la conductividad recibe la señal del sensor de conductividad; cuando el sensor detecta un valor por encima de $680 \mu\text{S}/\text{cm}$ se envía una señal a la válvula proporcional que abre al 100% para drenar agua del sistema; cabe resaltar que la válvula proporcional trabaja actualmente en abierto o cerrado. Simultáneamente el controlador envía una señal a la electroválvula de suministro de agua para recuperar el agua drenada. Tanto el drenado como el suministro de agua tiene como objetivo renovar agua y disminuir los sólidos disueltos. En ambos casos, el flujo de agua que sale y que entra al sistema depende de la apertura a la que se encuentra la válvula de esfera instalada en las líneas de drenaje (antes de la válvula proporcional) y suministro (antes de la electroválvula).

El controlador del pH recibe la señal del sensor del pH, dependiendo si este valor está por abajo de 6.3 envía una señal a la electroválvula de suministro de agua para aumentar el valor del pH. Si el valor está por arriba de 6.3 envía una señal a la bomba dosificadora de ácido para disminuir el valor del pH. El objetivo del control es mantener el valor de pH en 6.3.

El control de la conductividad y el control del pH son mutuamente dependientes al compartir la electroválvula de suministro de agua. El agua que es suministrada afecta ambos valores, al ingresar agua, la conductividad disminuye y en consecuencia el valor del pH aumenta.

La Figura 5 muestra el modelado del sistema de control semiautomático descrito anteriormente. Para este modelado se utilizó el sistema de bloques y lazo cerrado que se utiliza en ingeniería de control.

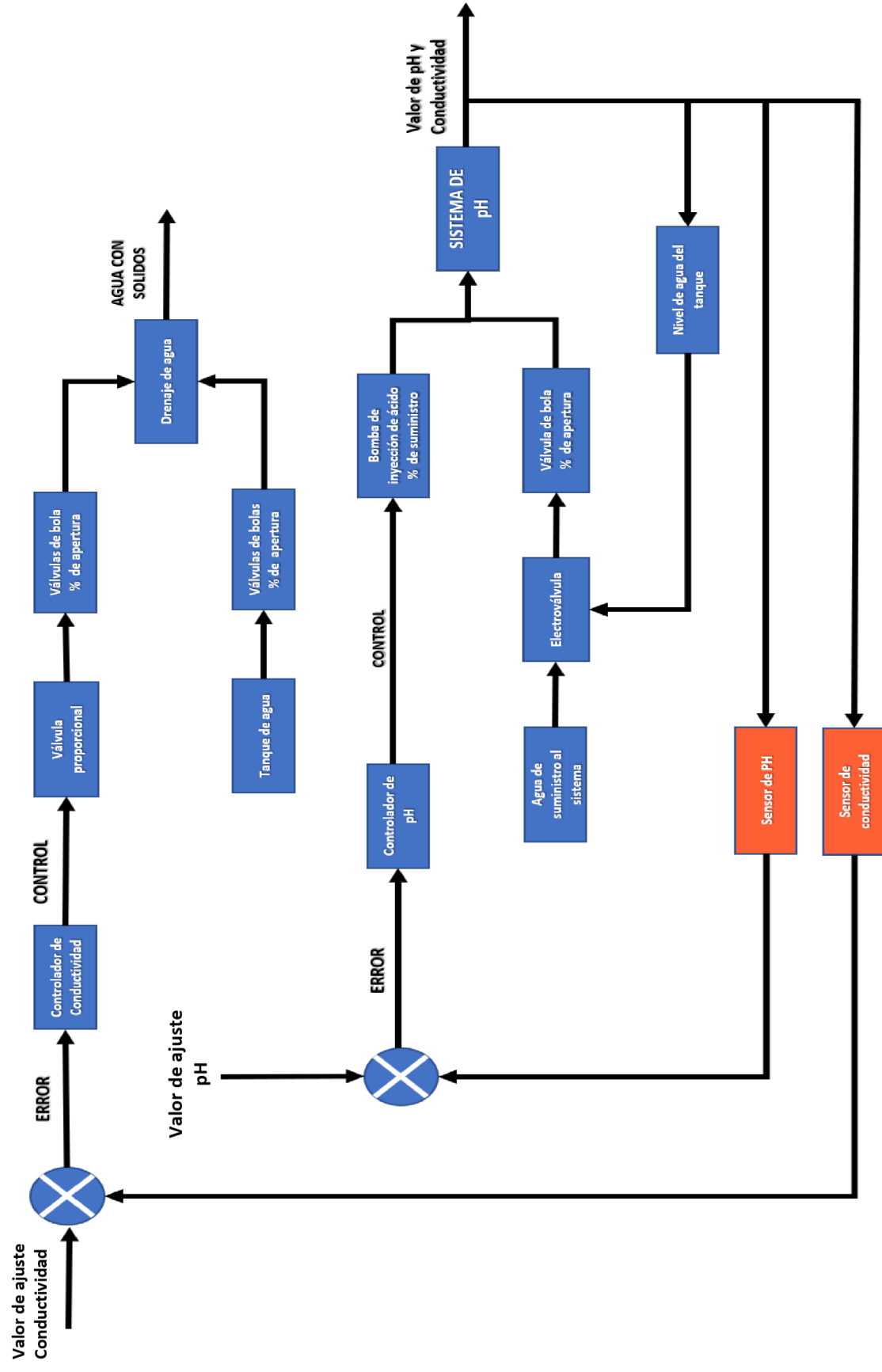


Figura 5. Diagrama de bloques del control semiautomático del control de pH

2.2. Hipótesis

Al observar el comportamiento del valor del pH del agua se han encontrado dos factores que ocasionan la variación:

1. Si se suministra agua al sistema, el valor del pH aumenta.
2. Si se inyecta ácido al sistema, el valor del pH desciende.

El suministro de agua que ingresa al sistema tiene una relación con el volumen de agua que sale del sistema. La inyección de ácido tiene una relación con el volumen del agua que ingresa al sistema.

Es importante tomar en consideración que existe una salida de agua constante del sistema la cual afecta el valor de conductividad y el valor del pH. El volumen de salida y suministro de agua del sistema depende de la apertura a la cual se encuentren las válvulas de esfera que se ajustan de modo manual.

Otro punto importante es el volumen de ácido que ingresa al sistema, este depende del ajuste manual que se dé a la perilla de la bomba dosificadora.

Los puntos arriba expuestos permiten plantear la siguiente hipótesis:

Al ajustar el volumen del agua que sale y entra al sistema; así como del ácido, a un valor determinado; los valores de conductividad y pH del agua se mantendrán dentro de las especificaciones del control de calidad (Conductividad $\leq 650 \mu S/cm$, pH de 6.0 a 6.6). Con la estandarización del método de ajuste por medio de un procedimiento de trabajo se podrán cumplir las condiciones de conductividad y pH del agua.

3. Desarrollo del procedimiento de ajuste manual del pH del agua

3.1. Propuesta metodológica

3.1.1. Nivel de investigación

Con base en (Romero, 2014), la investigación correlacional pertenece al cuarto nivel; no es causal y su tipo de análisis es predominantemente cuantitativo, pero con calificaciones e interpretaciones cualitativas, sobre una mutua relación para saber cómo se puede comportar una variable al conocer el comportamiento de la(s) otra(s) variable(s) correlacionada(s) cuantitativamente, aunque la interpretación cualitativa también es importante. Lo anterior coincide con el objetivo de este trabajo.

3.1.2. Diseño de investigación

Como lo describe en su libro (Romero, 2014), según John Hayman, la investigación aplicada es aquella “cuyo propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos”. El presente trabajo desarrolla una investigación aplicada de nivel 4, es decir, investigación correlacional pues no realiza una investigación científica sobre las reacciones químicas que se generan al mezclarse agua con ácido clorhídrico, sino que el objetivo es encontrar como estabilizar el valor del pH del agua por medio de las condiciones actuales del equipo, instrumentación y recursos disponibles.

3.1.3. Etapas de la investigación

1. Identificar el problema

Se define y delimita el problema de las variaciones del pH del agua dentro del sistema de pH del proceso de extrusión por medio de la observación directa e indirecta.

2. Selección de la muestra:

Se realiza al registrar y documentar el periodo de tiempo en el que se detectaron tiempos muertos superiores a 120 min en el proceso de extrusión. En la sección 2 se muestran las Gráfica 1 a Gráfica 5 dónde se muestran los meses y años donde se presentaron los minutos de falla.

3. Instrumentos de investigación

Se definen y seleccionan las herramientas de calidad para la solución de problemas establecidas en la planta de neumáticos donde se desarrolló el trabajo como parte de la etapa de análisis. Las herramientas por utilizar son:

1. Metodología DMAIC
2. Diagrama de pescado o de Ishikawa
3. Análisis 5 porques

Adicional se seleccionan las herramientas con las cuales se validará la solución propuesta a través de las herramientas de solución de problemas. Las herramientas por utilizar son:

1. Gráficas de control estadístico y de proceso
2. Estudios de capacidad del proceso por medio del Software de minitab

4. Seleccionar los instrumentos de evaluación:

Se eligen los instrumentos adecuados para verificar la correlación entre las variables y poder validar efectividad de la solución propuesta por los instrumentos de investigación con el planteamiento del problema y generación de la hipótesis.

5. Determinar los procedimientos a seguir:

Desarrollo e implementación de la solución propuesta por los instrumentos de evaluación, etapa de experimentación; posteriormente se realiza la validación de la solución por medio de los gráficos de control y el estudio de capacidad del proceso por medio del software de minitab.

6. Recopilar datos:

Al implementar la solución propuesta se recolectan los datos del valor del pH del agua durante el periodo de un mes. El número de datos será de 350 o superior para realizar el análisis correspondiente y validar la efectividad de los instrumentos de investigación y evaluación.

7. Validación: Análisis e interpretación de la información:

Con la recopilación de los datos registrados, se realizan los gráficos de control y los estudios de capacidad del proceso correspondientes con los cuales se realiza la comparativa del estado inicial del proceso, antes de implementar la solución, hasta el estado final, cuando se implementa la solución propuesta.

8. Resultados y conclusiones

Con la comparación del estado inicial y final del proceso se valida la efectividad de la solución propuesta por los instrumentos de investigación. Se realiza la conclusión de la investigación al determinar si los resultados de la solución han sido exitosos o si es necesario reformular una nueva solución al problema.

3.1.4. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo propuesto para el desarrollo del trabajo con base en el método científico lo representa la Figura 6. El diagrama muestra las etapas de investigación: observación, análisis, generación de la hipótesis, experimentación, validación y resultados.

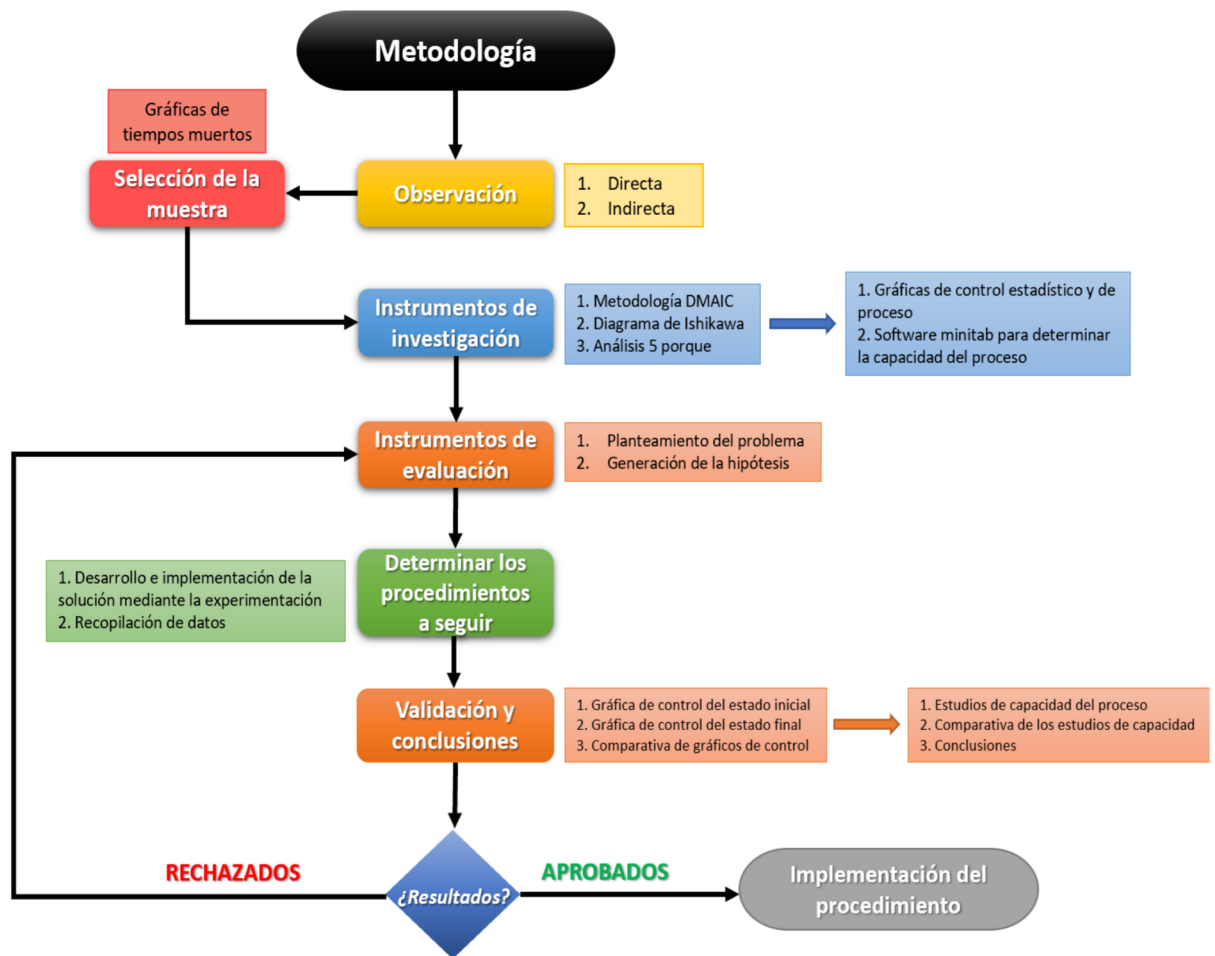


Figura 6. Diagrama de flujo para el desarrollo del trabajo con base en método científico

3.2. Observación

3.2.1. Observación directa

Observación del proceso de extrusión

El proceso de extrusión consta de 4 etapas: extruido, enfriamiento, secado y enrollado. La Figura 7 muestra las etapas de este proceso.

En la etapa #2 del proceso, enfriamiento, se utiliza agua con un pH con un grado de acidez específico. El pH del agua es donde se centra el análisis de esta tesis.

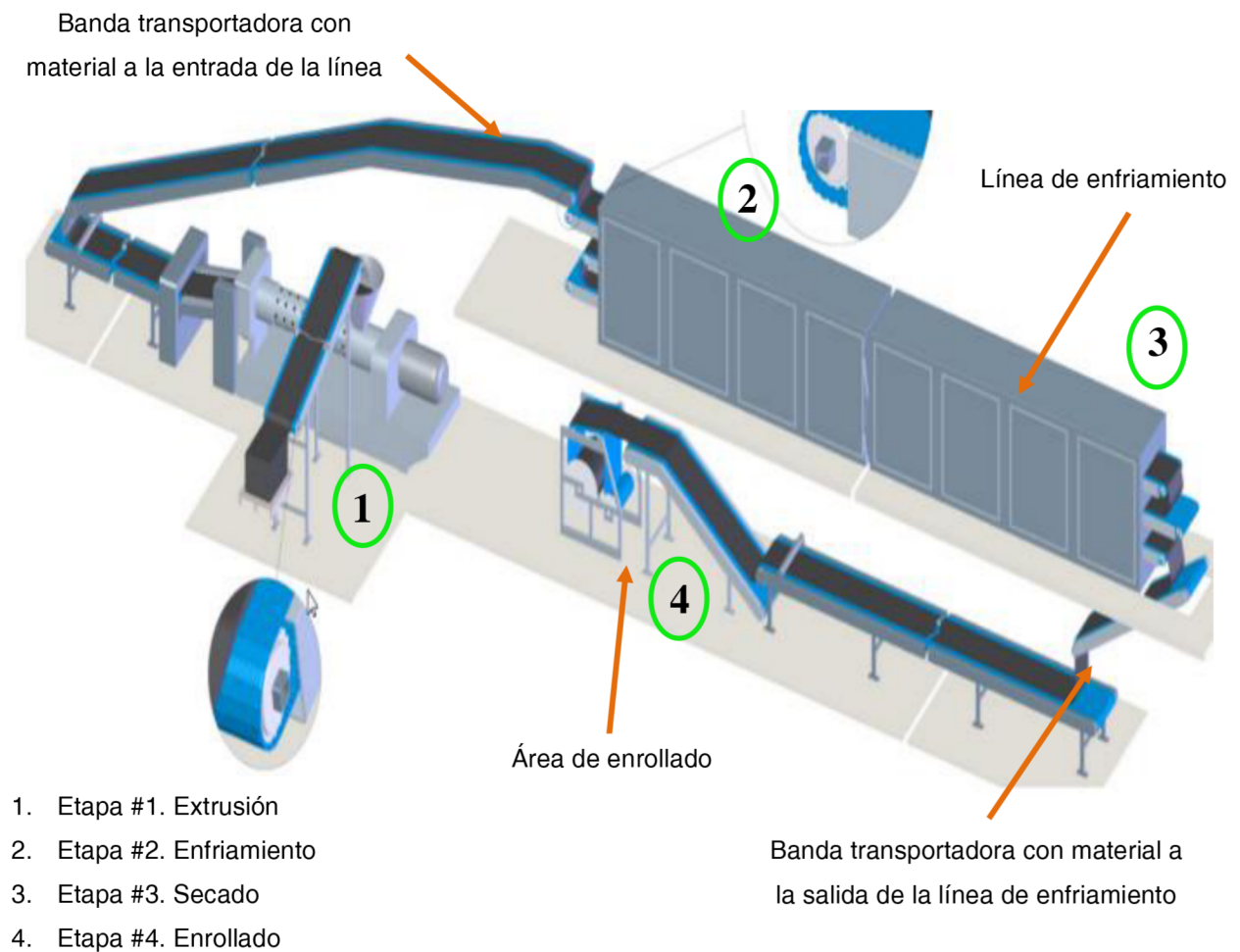


Figura 7. Extrusora y línea de enfriamiento (Ammeral Beltech, 2020)

Observación del sistema de pH

El sistema de pH es el equipo que suministra agua con un grado de acidez (pH) a las líneas de enfriamiento para reducir la temperatura de los componentes de la banda de rodadura (BR) y la pared lateral (PL) al ser extruidos. La Figura 8 muestra los principales componentes de los cuales se integra el sistema de pH:

- Tanque de almacenamiento de agua (TAA)
- Fosa de almacenamiento de agua (FAA)
- Bomba de suministro de agua
- Tubería de suministro de agua
- Nivel del agua del tanque
- Tubería de medición
- Tubería de drenaje
- Sensor de pH
- Pantalla del valor del pH

Para el control del pH del agua se utiliza un sensor que mide el valor de pH, el cual se muestra en la Figura 8, identificado con el #1; cuando el agua hace contacto con el sensor se obtiene una lectura; el sensor se encuentra instalado en una tubería fuera del tanque de agua. Una vez que el sensor detecta el valor del pH envía la información a una pantalla que muestra el valor; identificado con el #2 en la Figura 8; si el valor del pH se encuentra debajo de 5.8 o por arriba de 6.8, el equipo se detiene y envía una alarma para que el material que se encuentra en la línea sea rechazado y catalogado como desecho.

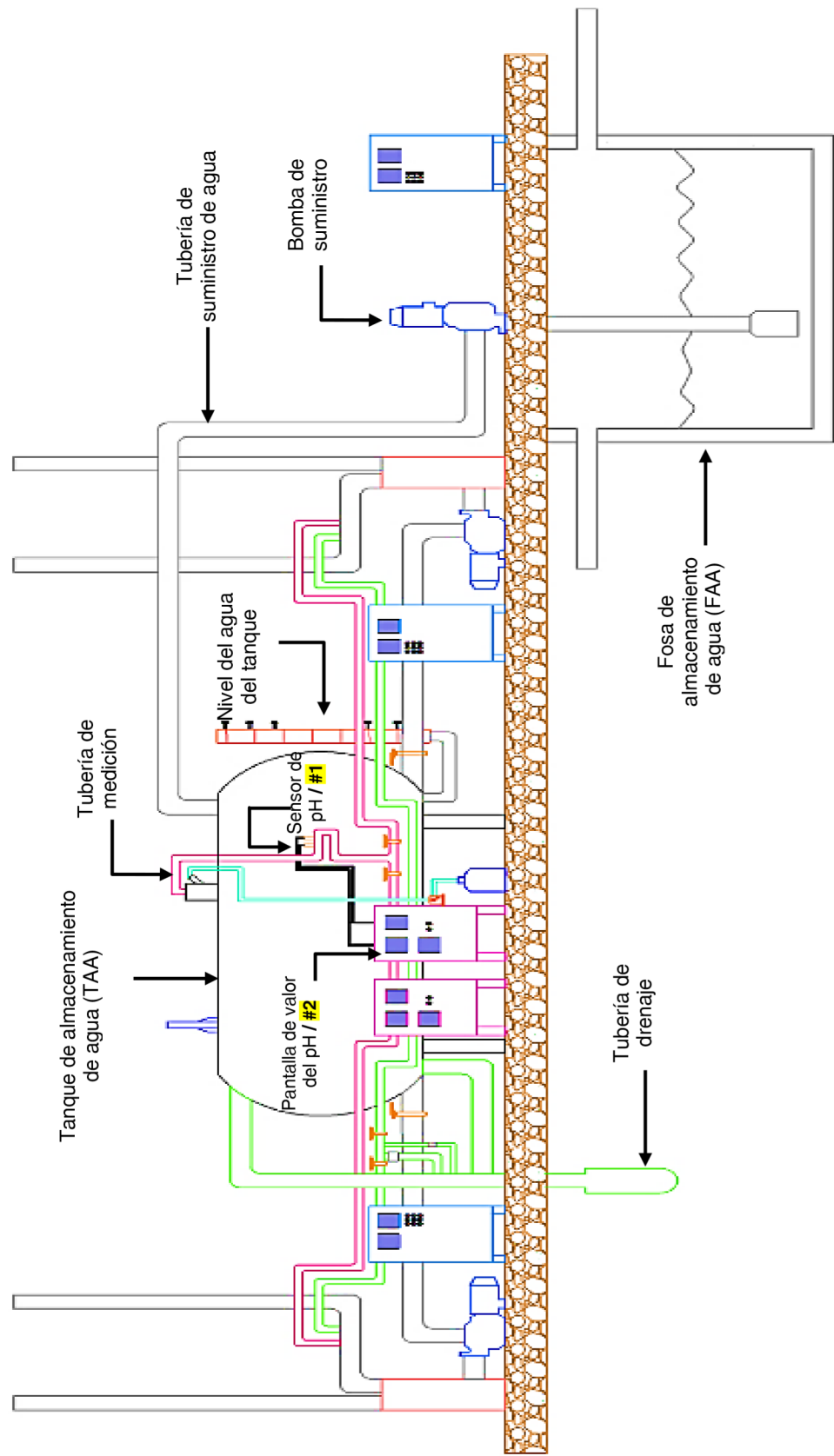


Figura 8. Sistema y subsistemas del pH (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Llenado del sistema

La Figura 9 muestra la parte posterior del TAA, el flujo de agua a través de la tubería de suministro (flechas en color verde) y los siguientes componentes:

- Válvulas de suministro de agua
- Válvula de paso A
- Válvula de desviación
- Válvula de paso B
- Electroválvula de apertura y cierre
- Válvula de paso C

El llenado del sistema inicia cuando la electroválvula se activa y la señal eléctrica para abrir es enviada por el sensor de bajo nivel que detecta la falta de agua en el TAA; el sensor se encuentra instalado en el nivel del tanque de agua (ver Figura 8). Existe otra condición que se necesita para que el agua ingrese al TAA, esta condición es que las válvulas de suministro de agua; de paso A, B y C deben encontrarse abiertas; la válvula de desviación debe encontrarse cerrada. La apertura y cierre de estas válvulas debe de realizarse de forma manual debido a que no son válvulas de funcionamiento automático.

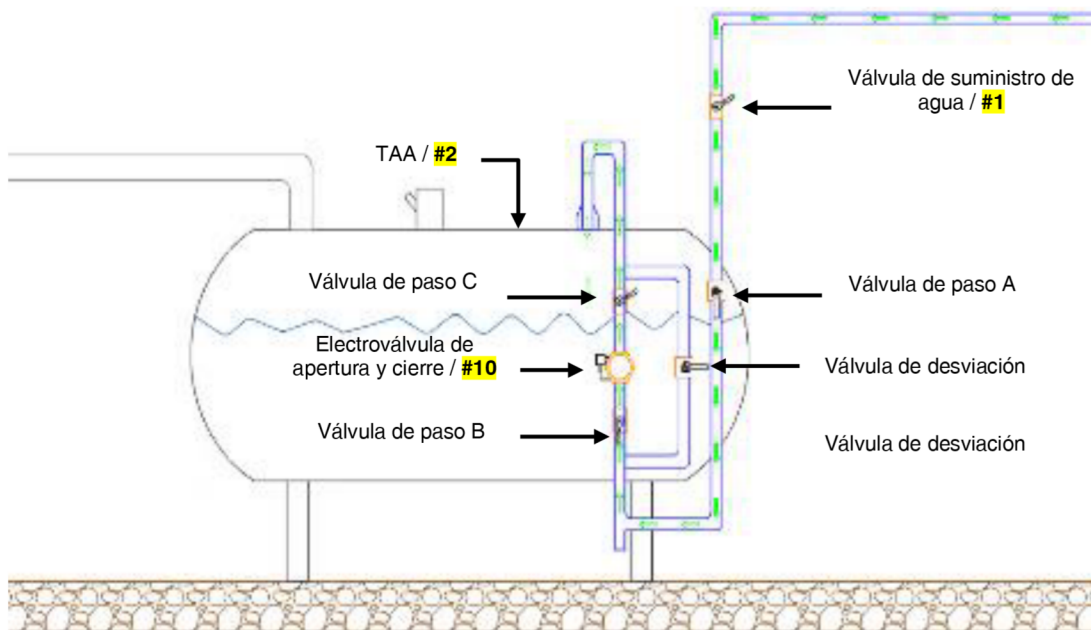


Figura 9. Suministro de agua de fábrica al TAA (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Cuando el nivel del tanque (NTA) llega a una altura máxima de 7 ft (Figura 10, #3), las válvulas de las líneas de enfriamiento se abren de forma manual (Figura 10, #4 y #5) y las bombas de suministro (Figura 10, #6 y #7) son encendidas para iniciar el bombeo de agua hacia las líneas de la BR (Figura 10, #8) y de la PL (Figura 10, #9).

La Figura 10 muestra los componentes del sistema de pH que son utilizados para suministrar el agua a las líneas de enfriamiento de la banda de rodadura y de la pared lateral.

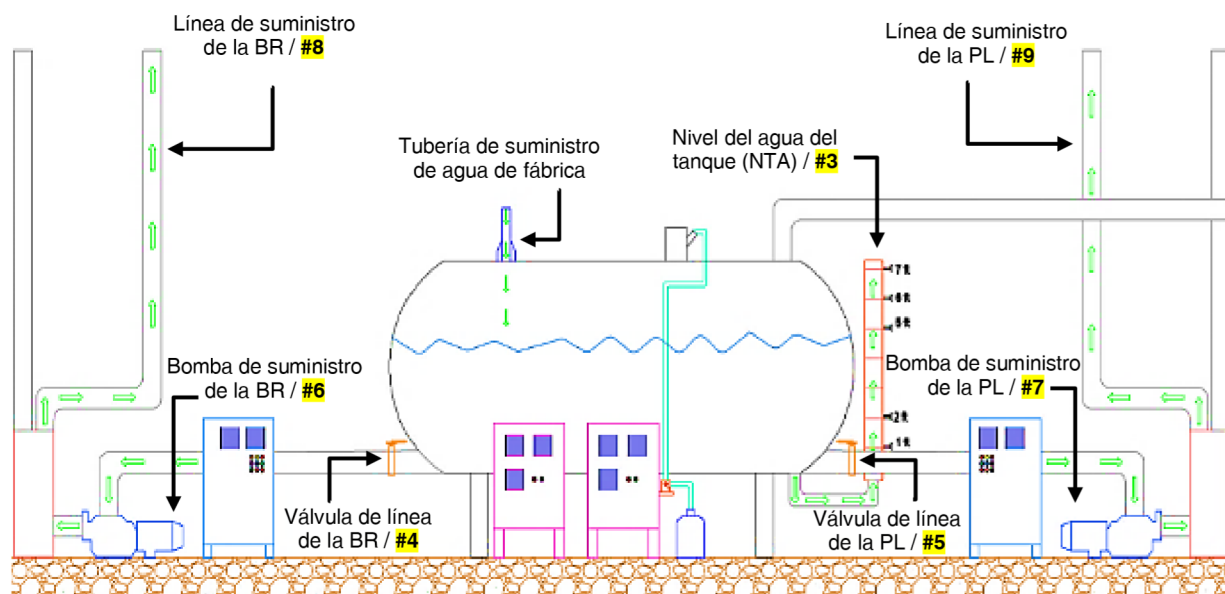


Figura 10. Suministro de agua hacia las líneas de la BR y PL (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Tubería de medición y drenaje

El agua que es suministrada hacia las líneas se enfría por medio de agua helada a través de un intercambiador de calor (INC), en la Figura 11 se identifican como #1 y #2. Después del INC se encuentran dos derivaciones de agua, una derivación es direccionada hacia la tubería de drenaje, (en color verde; Figura 11, #3 y #4) la cual drena el agua del sistema de manera continua con el objetivo de renovar el agua del sistema y evitar valores altos de conductividad; la segunda derivación es dirigida hacia la tubería de medición (en color rosa; Figura 11, #5 y #6). En esta última se encuentran instalados los sensores de pH y conductividad (Figura 11, #7), los cuales realizan la medición de estos valores. El agua de esta derivación es regresada al tanque de almacenamiento (en color rosa; Figura 11, #8).

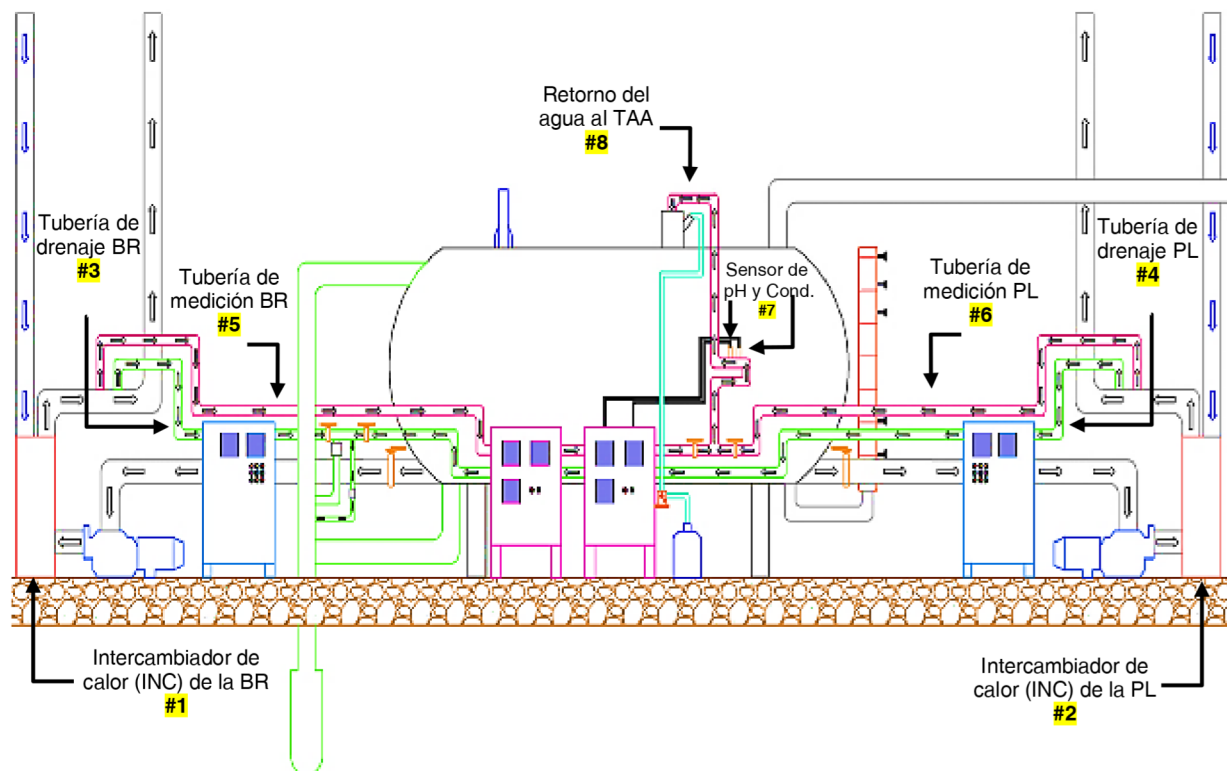


Figura 11. Tubería de medición y drenaje (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Recirculación de agua

El agua que se utilizó en las líneas de enfriamiento es enviada hacia la fosa de almacenamiento de agua (FAA) para ser reutilizada (Figura 12, #1). El agua es bombeada (Figura 12, #2) nuevamente al tanque de almacenamiento de agua (TAA) por medio de un control automático (Figura 12, #3). En la Figura 12 se muestra el esquema de recirculación de agua en el sistema de pH anteriormente descrito.

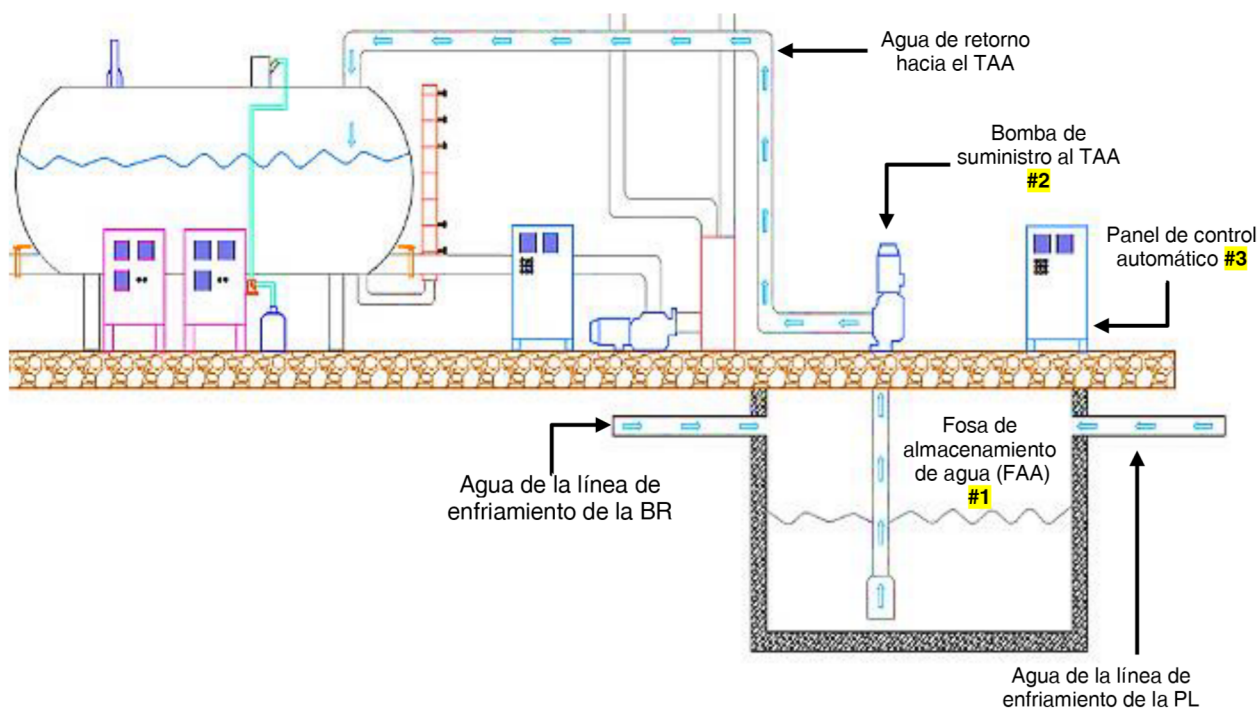


Figura 12. Circuito de recirculación de agua (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

3.2.2. Observación indirecta

Recopilación de datos de tiempo muerto por variación del pH

La Tabla 1 muestra el total de minutos perdidos durante los meses de julio, septiembre y noviembre durante el año 2017, así como de enero del año 2018; Se observa que aproximadamente la falla sucede cada 2 meses, es decir, en el mes de julio del año 2017 se presentó la falla y volvió a suceder en el mes de septiembre, posteriormente en noviembre y en el mes de enero del año 2018. Durante los meses de agosto y octubre no se presentó la falla por desestabilización en el valor del pH del agua. Los datos de obtuvieron de la base de datos de tiempos muertos de la empresa en la cual se realizó el estudio.

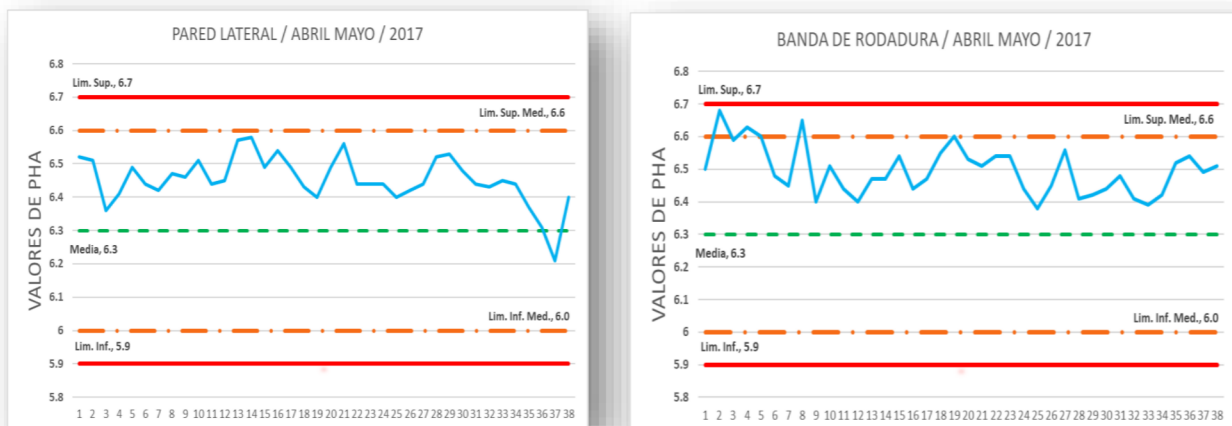
Año	Mes	Extrusora	Minutos de falla
2017	Julio	Pared lateral	180
	Septiembre	Banda de rodadura	60
	Noviembre	Pared lateral	300
		Banda de rodadura	300
2018	Enero	Pared lateral	60
		Banda de rodadura	60
	Total de minutos		

Tabla 1. Tiempo muerto por variación en el valor del pH del agua

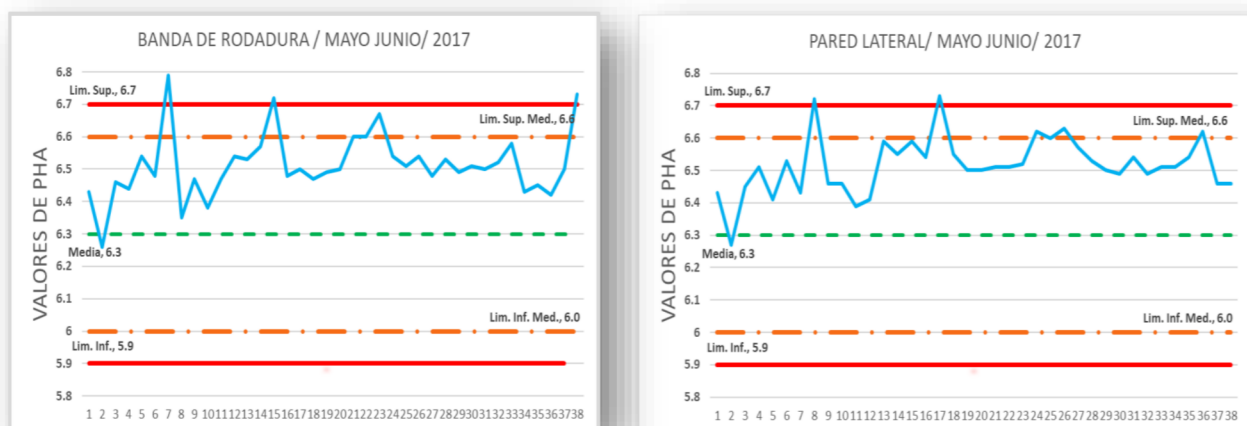
Valores del comportamiento del pH

La Gráfica 7 y Gráfica 8 muestran el comportamiento del valor del pH en los meses de abril a junio del año 2017, se puede observar la inestabilidad y variación de los valores del pH del agua. La recolección de los datos sobre el comportamiento del valor del pH del agua fue tomada durante 4 meses, en la gráfica de control se puede observar la variación existente hacia los límites superiores de control. Los datos fueron recopilados de la base de datos del laboratorio encargado de verificar que los valores se encuentran dentro del rango establecido; en este año los valores de especificación definidos por el control de calidad eran: Max. 6.7 – Min 5.9

Al graficar el comportamiento del valor del pH del agua se pueden representar los límites máximos permitidos (Min. 5.9, Max. 6.7) y las variaciones que tiene el valor del pH del agua.



Gráfica 7. Valores del pH del agua en abril y mayo 2017



Gráfica 8. Valores del pH del agua en mayo y junio 2017

Como se muestra en la Gráfica 7 y Gráfica 8, la tendencia de los valores no es uniforme en los diferentes meses, no es similar y los valores están muy dispersos, alejados de la media del proceso con una tendencia hacia el límite superior de control (LSC). Con esta información se identifica que existe un problema en el comportamiento del valor del pH del agua, lo anterior conlleva a realizar un análisis del problema para plantear posibles soluciones que ayuden a estabilizar los valores del pH del agua con tendencia hacia el valor nominal (6.1 a 6.5).

Nota: Estos valores fueron recopilados antes de contar con un sistema de registro de tiempos muertos.

3.3. Factores que influyen en el sistema del pH del agua

3.3.1. Acidez

De acuerdo con (Hach Company, 2018) la unidad de pH mide el grado de acidez o basicidad de una solución. Este valor varía de 0 a 14 pH. Valores por debajo de 7 pH exhiben propiedades ácidas. Los valores superiores a 7 pH exhiben propiedades básicas (también conocidas como cáusticas o alcalinas). Dado que el valor en 7 del pH es el centro de la escala de medición, no es ácido ni básico, se llama "neutral".

En el sistema de pH, el agua que ingresa al sistema oscila con un valor de pH entre 7.7 y 8. Para cumplir con las especificaciones del pH del agua de enfriamiento (Max. 6.8, Min 5.8) es necesario añadir ácido clorhídrico para reducir el valor y mantener los valores establecidos. Si el valor de pH disminuye de 5.8 derivado de la inyección de ácido, es necesario volver añadir agua al sistema para regular el valor hasta mantenerlo dentro de las especificaciones.

3.3.2. Relación de la acidez y la conductividad en la variación del pH

Al añadir ácido, la acidez del agua (pH) puede salir de lo mínimo permitido y si se agrega agua puede salir de lo máximo permitido. Por lo tanto, si no se regula dentro de valores nominales (6.0 a 6.6) los valores del pH variarán debido a la inyección de ácido y agua. A su vez si la conductividad no se regula, las variaciones del valor del pH permanecerán. Lo anterior derivado de la salida del agua del sistema ocasionado por el valor de una alta conductividad; al disminuir el nivel del tanque de almacenamiento de agua (TAA) por el drenado, el sistema ingresa agua con baja conductividad y alta acidez hasta obtener nuevamente el nivel óptimo del TAA.

Por lo anterior, las variables que influyen directamente en la variación de pH del agua de las líneas de enfriamiento son: el ácido que se inyecta, el agua que sale del sistema, el agua que se añade y la conductividad del agua; lo anterior impacta directamente en la estabilización del valor del pH del agua.

3.3.3. Control del sistema

El control del sistema inicia cuando un porcentaje del agua que es suministrada a las líneas de enfriamiento, después del intercambiador de calor, es transferida hacia las tuberías de drenaje y medición del pH y conductividad (Figura 11, #3, #4, #5 y #6).

El valor del pH del agua es detectado por el sensor de pH (SpH) que se localiza sobre la tubería de medición (Figura 8, #1); la medición del sensor es tomada para las dos líneas, la de la BR y la PL. Si el valor detectado por el SpH se encuentra por arriba del valor especificado (6.8) el controlador de pH (CpH) envía una señal eléctrica al controlador de nivel del tanque para activar o desactivar la electroválvula (Figura 9, #10) para la alimentación del agua de fábrica; de manera simultánea el controlador de pH (CpH) envía una señal de encendido o apagado al control de la bomba dosificadora de ácido (BDA; Figura 13, #3) para suministrar o apagar la inyección de ácido al TAA e iniciar el proceso de estabilización del pH por medio del controlador.

El valor de la conductividad del agua es detectado por el sensor de conductividad (SCON), el cuál monitorea este valor y se localiza en la tubería de medición; la conductividad es medida para ambas líneas de extrusión. Si el valor detectado por el SCON se encuentra por arriba del valor especificado en el controlador de conductividad (CCON); el controlador activa un contacto de salida para abrir la válvula solenoide ubicada en la tubería de drenaje para realizar una purga de agua del TAA e iniciar el proceso de estabilización de conductividad que consiste en suministrar agua de fábrica al tanque hasta obtener el valor al cual se encuentra programado el controlador. La Figura 13 muestra el SpH y SCON, identificados como #1 y #2.

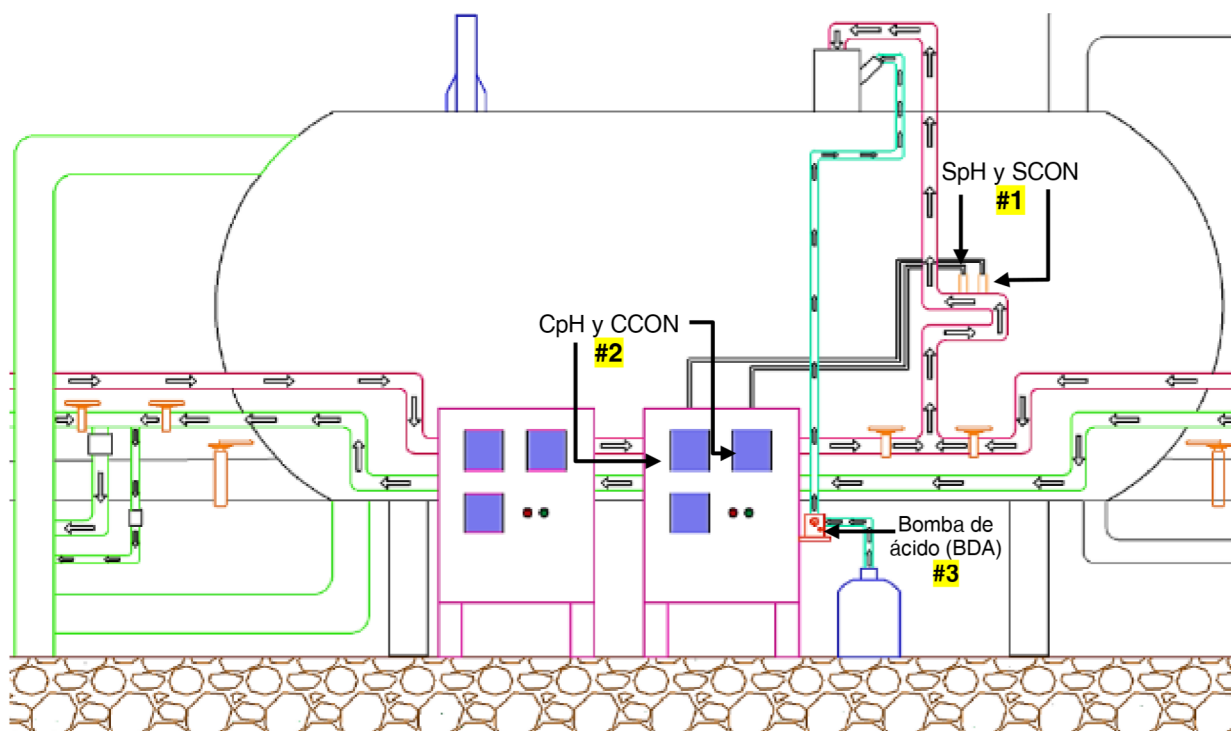


Figura 13. Ubicación de los sensores y controladores del pH y conductividad (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Función de tubería de drenaje

El agua que fluye por la tubería de drenaje genera una pérdida de volumen de agua dentro del TAA que se ve reflejada en el indicador de nivel del tanque y es realizada para evitar el aumento del valor de la conductividad. La Figura 14 muestra el flujo de drenado del sistema a través de la tubería.

El drenado del agua se realiza de dos maneras; una es de forma continua a un bajo caudal; el flujo del agua pasa por un estrangulador (Figura 14, #2), por tanto, el volumen del tanque descende. La segunda forma es por la apertura de una válvula proporcional (VPRO; Figura 14, #2); cuando el CCON detecta que esta excedió el valor máximo permitido, una señal eléctrica es enviada a la VPRO para su apertura; cuando se realiza la apertura de la VPRO se inicia una purga de agua con un mayor caudal; el flujo del agua pasa libre por la tubería y el volumen de tanque descende en mayor proporción.

El volumen de agua que se drena depende de la apertura a la que se encuentran las válvulas de drenaje (Figura 14, #3), de los procesos de extrusión. La Figura 14 muestra a la izquierda la válvula de la línea de la banda de rodadura y a la derecha la válvula de la línea de la pared lateral.

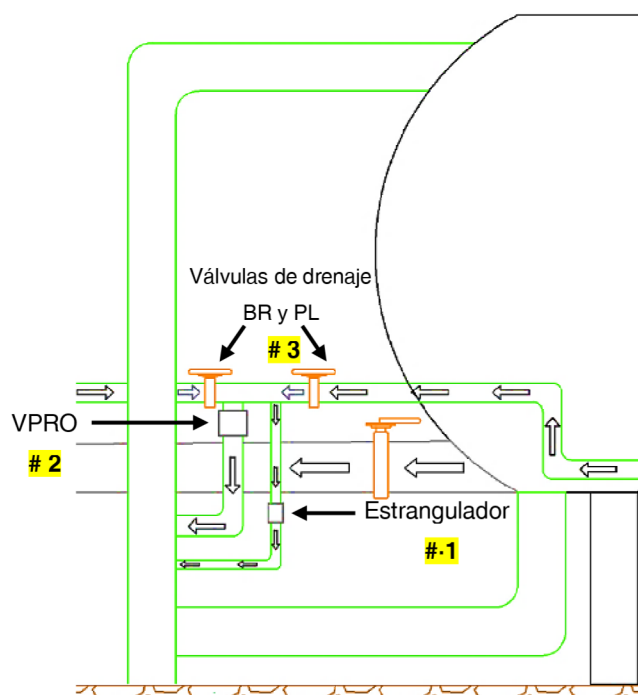


Figura 14. Funcionamiento de la tubería de drenado (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Función de tubería de medición

El agua que fluye a través de la tubería de medición pasa por el SpH y SCON (Figura 13#1). Los sensores realizan la medición de estos valores y por medio de una señal eléctrica los datos son transferidos a los CpH y CCON para mostrar el valor digitalmente en un monitor (Figura 13, #2).

Función del indicador de nivel del tanque (INT)

La función primordial es medir y regular el nivel del agua dentro del TAA por medio de los interruptores de nivel tipo flotador (INTF); el máximo nivel del tanque de agua son 7 ft.

El indicador de nivel del agua cuenta con 5 INTF que se encuentran distribuidos verticalmente y a diferente distancia de separación; la distribución de los INTF y su función en el control a realizar se encuentran de la siguiente manera:

1. INTF ubicado a los 7 ft: Alarma de sobre nivel
2. INTF ubicado a los 6.5 ft: Suministro de agua de la FAA
3. INTF ubicado a los 6 ft: Suministro de agua de fábrica
4. INTF ubicado a los 2.5 ft: Alarma de bajo nivel
5. INTF ubicado a los 2 ft: Bajo nivel de agua, apagado de estaciones de bombas

La Figura 15 muestra el INT #1 y los INTF #2 en el TAA del sistema de pH.

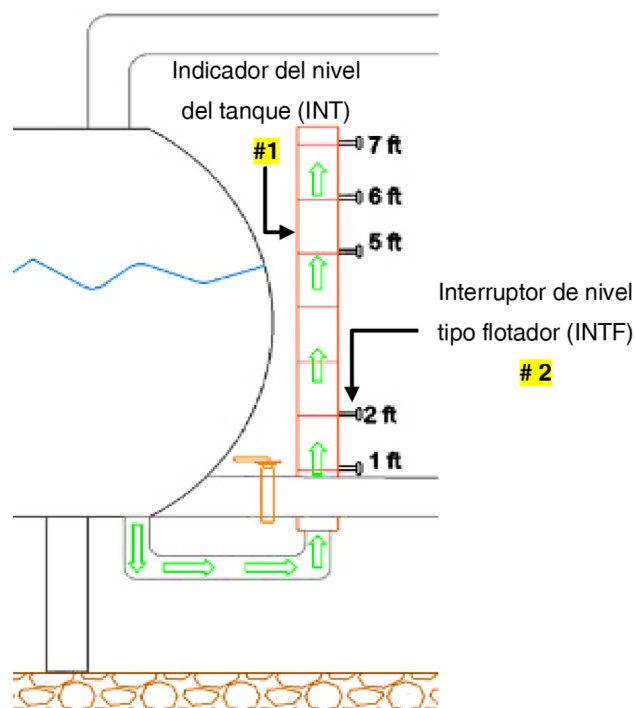


Figura 15. Indicador del nivel del tanque (INT) e interruptores tipo flotador (INTF) del sistema de pH (Reproducido parcialmente a partir del plano del sistema – referencia y accesos restringidos)

Existen tres razones por las cuáles el TAA sufre pérdidas de nivel: evaporación de agua, suministro de agua hacia las líneas de enfriamiento y drenado de agua.

Cuando las bombas que suministran agua del TAA hacia las líneas de enfriamiento (Figura 10, #6 y #7) un porcentaje de agua se evapora debido al contacto con el material que se encuentra a una temperatura entre los 80 a 100 °C y el resto del agua es enviado a la FAA; de forma simultánea se realiza el drenado de agua por medio de la tubería de drenaje, por tanto, el nivel del TAA comienza a descender y los INTF realizan la función de control para mantener el nivel del tanque entre los 6 y 7 ft.

La acción que realiza el sistema de manera automática de acuerdo con cada INTF es:

- a) Si el nivel del tanque desciende de los 6.5 ft de altura, el INTF #2 se activa y envía una señal eléctrica hacia el control de la FAA para activar la bomba de suministro hacia el TAA y recuperar el nivel del agua. Al subir los 6.5 ft el INTF # 2 es desactivado.
- b) Si el nivel desciende de los 6.0 ft de altura, el INTF #3 se activa y envía una señal eléctrica a una electroválvula para suministrar agua de fábrica al TAA y recuperar el nivel. Al subir los 6.5 ft el INTF # 2 es desactivado. Si el nivel del TAA es superior a los 6 ft el INTF #3 se desactiva.

Relación entre los componentes de control

La interrelación entre el agua que se drena del sistema, las mediciones de los valores de pH y conductividad observadas en las pantallas de los controladores y, la variación del nivel del agua del TAA hacen una dependencia entre sí para realizar el control del pH y conductividad del agua; **esta dependencia es la que ocasiona las variaciones de los valores de pH del agua e influyen en su estabilización.**

Situación actual del suministro de agua e inyección de ácido

Válvulas de suministro y drenado de agua

Existen dos escenarios por los cuales se añade agua al sistema y en los cuales las válvulas se deben abrir:

1. En la descripción del funcionamiento general; se describe que el ingreso del agua al TAA se realiza al abrir la válvula de suministro. No se hace mención del porcentaje de apertura al que se deben abrir para regular la cantidad de flujo que ingresa al TAA.
2. En la descripción de la tubería de drenaje; se describe que el volumen del drenado de agua está determinado por la apertura de las válvulas de drenado de ambas líneas de extrusión. No se hace mención del porcentaje de apertura al que deben estar abiertas para regular la cantidad de flujo de agua que sale del sistema.

Inyección de ácido

En la descripción del control de sistema se menciona como se realiza la activación de la BDA (Figura 13, #3) para realizar la inyección de ácido al TAA cuando el valor del pH aumenta. No se hace mención del volumen de ácido que la bomba suministra al TAA.

3.4. Instrumentos de Investigación

3.4.1. Análisis

Definición de la herramienta para encontrar la causa raíz del problema.

De acuerdo con el criterio de cero fallas descrito en la sección 2 y con el diagrama de flujo establecido de la Figura 4, la metodología a utilizar para determinar la causa raíz del problema de las variaciones del valor del pH del agua es por medio de un análisis DMAIC que será complementado con un análisis 5 porqués; se inicia con un análisis DMAIC debido al total de minutos de tiempo perdido por las variaciones de pH que suman 16 horas según lo indica la Tabla 1.

Análisis DMAIC

De acuerdo con el criterio de cero fallas, descrito en la sección 2; se realiza un análisis por medio de la herramienta DMAIC para en análisis y solución de problema, lo anterior por los tiempos muertos que se presentaron durante el año 2017 y 2018 y que fueron registrados en la Tabla 1.

Definir, paso #1

Con la información recopilada mediante la observación directa, se desarrolla el paso #1 de la herramienta de solución de problemas DMAIC, *definir*. En este paso se define al líder del proyecto y a los miembros del equipo que ayudarán con al análisis del problema, se asigna el nombre y número del proyecto; se realiza la descripción del problema que ocurre y se finaliza con todos los datos e información de la situación actual que ayudarán para realizar el paso #2. La Figura 16 muestra el desarrollo del paso #1

Solución de Problemas con A3 (DMAIC)

Definir (Define) / Medir (Measure) / Análizar (Analyze) / Mejorar (Improvement) / Control (Control)

1

DEFINIR

Nombre de Proyecto:

Variación en el valor del pH del agua utilizada en el sistema de enfriamiento del proceso de extrusión

No. de Proyecto:

1

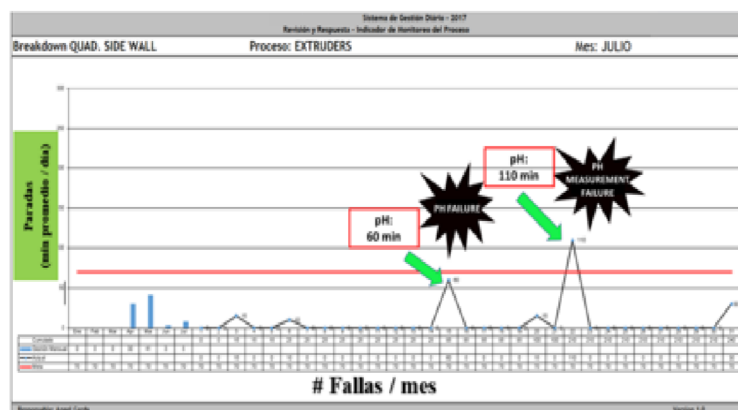
Equipo de Proyecto:

Confiabilidad de extrusoras:

1. Técnicos de confiabilidad
2. Especialista de confiabilidad

Descripción del Problema:

Desde el mes de Julio del año 2017, cuando el equipo de pH y las máquinas de extrusión iniciaron el arranque de producción de los materiales de la banda de rodadura y pared lateral se comenzaron a presentar paros de línea por variaciones en el valor de pH, las gráficas de tiempo mensual muestran los minutos perdidos por esta falla. La gráfica muestra un total acumulado de 180 min en la línea de la pared en el mes de julio del año 2017.



Situación Actual (demuestra todos los datos e información del problema)

Se ha detectado un problema en el pH del agua, se ha detectado que los valores sobrepasan el límite superior de control (LSC, Max: 6.8) y descienden debajo del límite inferior de control (LIC, Min: 5.8).

El sistema cuenta con un control semi automático que usa como señales de entrada las mediciones de los sensores de pH y conductividad, tanto el valor del pH como el de la conductividad son regulados por su propio controlador. Es un control semi automático porque solo controla la apertura o cierre de las electroválvulas de suministro de ácido y agua, así como la del drenado de agua; esto se realiza sin tener una regulación en la dosificación del volumen de ácido y agua que se ingresa al sistema, el volumen del agua que es drenada tampoco es regulado. Es necesario encontrar un método para la regulación de los volúmenes de entrada y salida, lo anterior debe ser implementado con los recursos disponibles, tomado acciones eficientes para evitar más paros provocados por una variación en el valor del pH del agua.

Figura 16. Definir; Asignación del nombre del proyecto, descripción del problema y de la situación actual del problema (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

Medir, paso #2

En el paso #2 de la herramienta de solución de problemas DMAIC, *medir*; se establecen las metas y objetivos que se esperan al finalizar el análisis; se recopilan datos e información estadística para analizar y evaluar la situación actual que ayudará a encontrar la causa raíz del problema. La Figura 17 muestra la meta, objetivo y la tabla de tiempos muertos; la Figura 18 muestra las gráficas del comportamiento de los valores de pH durante los años 2017 y 2018, en estas se observa la variación del pH del agua.

Los datos de los tiempos muertos y la tendencia de los valores del pH serán la referencia para comparar los resultados de la solución a implementar al finalizar el análisis DMAIC.

MEDIR (Metas/Objetivos)

2

META:

Identificar las variables que intervienen en el valor del pH del agua utilizada en las líneas de enfriamiento del proceso de extrusión con la finalidad de disminuir los tiempos muertos en el sistema de pH, realizando un comparativo del antes y después de la implementación de la mejora.

OBJETIVO:

Implementar los controles necesarios para ajustar el valor del pH del agua dentro del valor nominal y evitar paros de las líneas de producción debido a la variación del valor del pH superior a 6.8 o inferior a 5.8. El tiempo para la implementación es de 1 año

MEDICIÓN:

Se recolecta el total de tiempos muertos registrados durante los años 2017 y 2018; se grafica el comportamiento de los valores del pH del agua durante los meses en los que se registrarán tiempos muertos

Año	Mes	Extrusora	Minutos de falla
2017	Julio	Pared lateral	180
	Septiembre	Banda de rodadura	60
		Pared lateral	300
	Noviembre	Banda de rodadura	300
2018	Enero	Pared lateral	60
		Banda de rodadura	60
		Total de minutos	

Figura 17. Medir; Establecimiento de la meta, objetivo del proyecto y recolección de los minutos de tiempo muerto por variación del valor del pH del agua (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

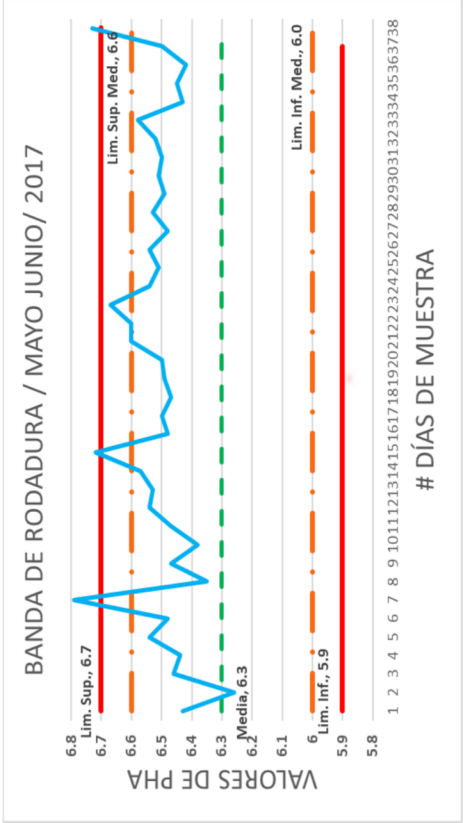
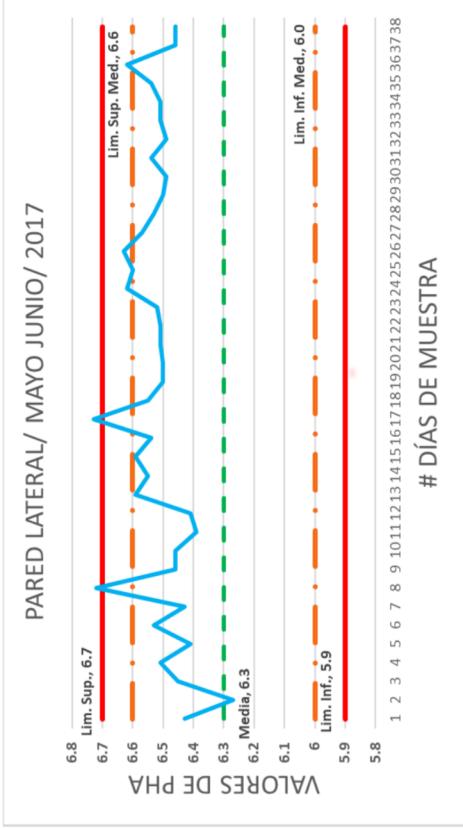
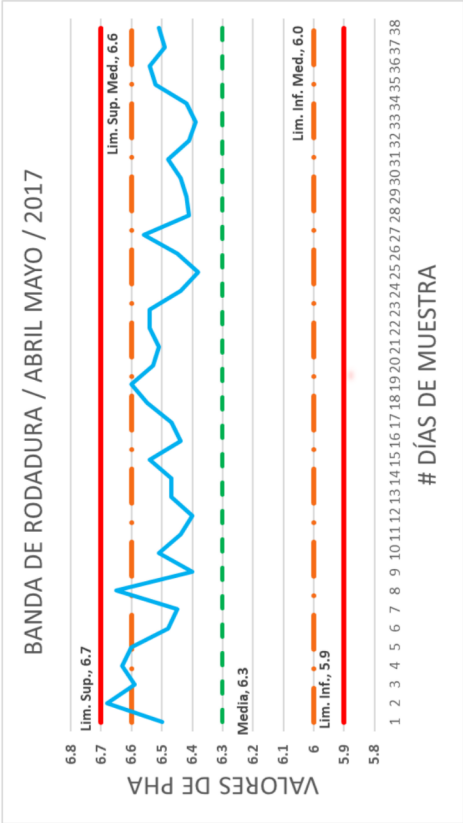
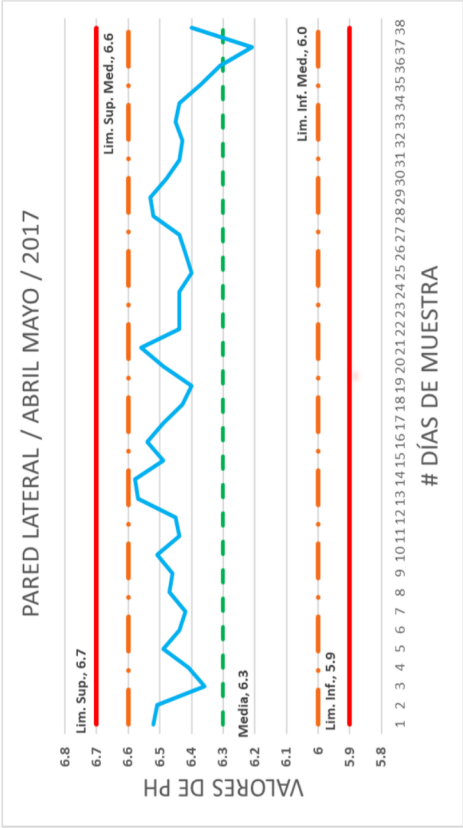


Figura 18. Gráficas de la variación del valor del pH durante los meses de abril a junio del 2017

Analizar, paso #3

- A. Con la información obtenida en el paso #1 y #2 se realiza el paso #3A, **analizar**. El objetivo es encontrar las posibles causas raíz del problema, mediante el diagrama de Ishikawa se realiza la fase de análisis; se analizan 5 variables que pueden influir en el problema: máquina, material, método, mano de obra, medición y medio ambiente. La Figura 19 muestra el análisis de las variables y el desarrollo del diagrama de Ishikawa, en color verde se encuentran las posibles causa raíz de la variación de los valores del pH.

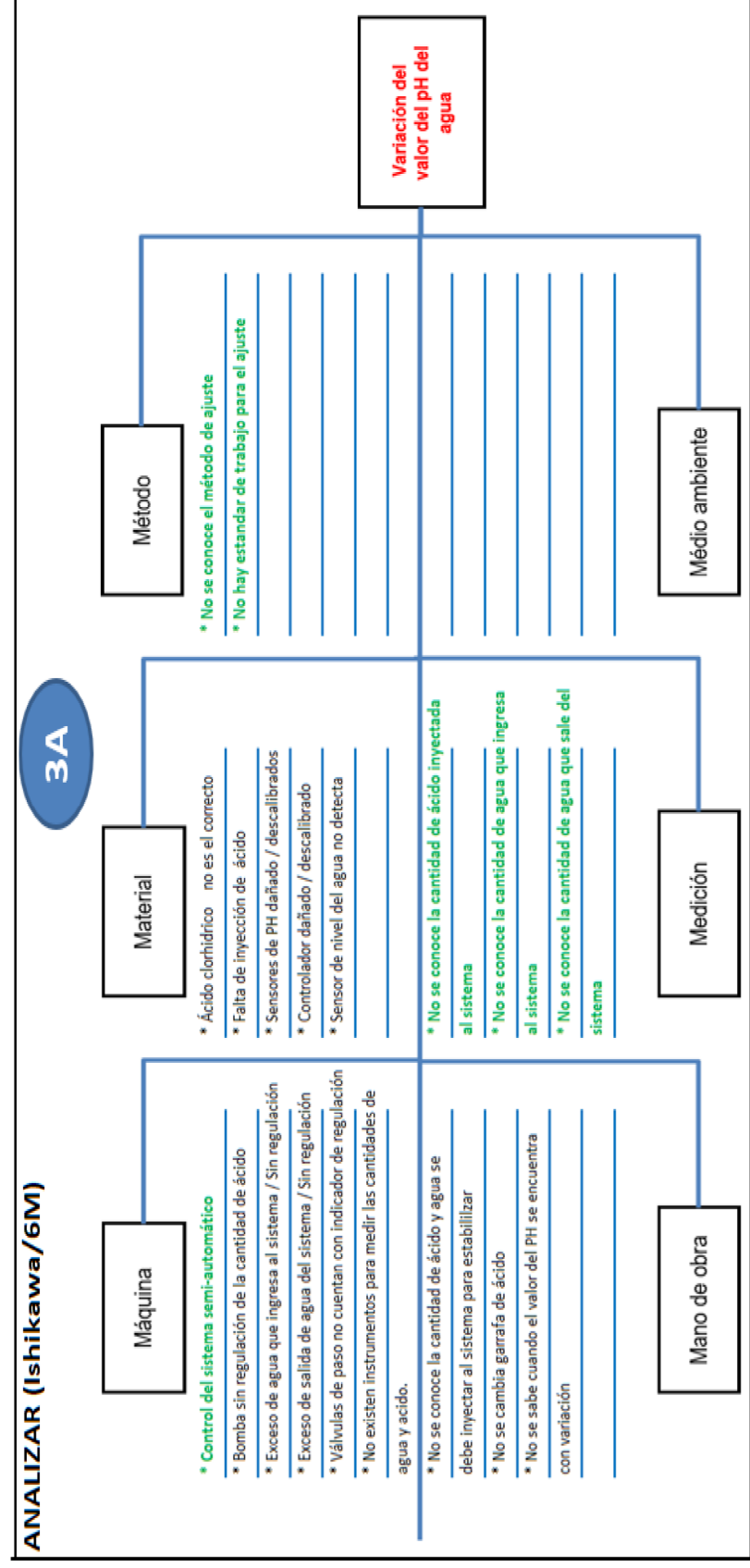


Figura 19, Diagrama de Ishikawa realizado para encontrar la causa raíz de la variación del valor del pH

B. Al determinar las posibles causas de la variación del valor del pH del agua mediante el paso #3A, se realiza el paso #3B; análisis de 5 porqués para determinar las posibles soluciones del problema. La Figura 20 muestra el paso 3B, parte 1; la Figura 21 muestra el paso 3B, parte 2.

Duración del Proyecto (Planeada):			ANALIZAR (Conclusión de ¿5 Por qué?)			
De: Diciembre 2019 A: Septiembre 2020			Nota: realizar análisis ¿5 Porqués?			

Análisis de causa raíz					
A - Encabezado de identificación de análisis					
Nombre de la falla:	Variación en el valor del pH del agua utilizada en el sistema de enfriamiento del proceso de extrusión				
Máquina:	Sistema del pH de extrusoras de la BR y PL	Fecha:	1-Jul-17	Tiempo muerto (min):	960
Equipo involucrado:	Confiabilidad de extrusoras	Turno:	N/A	# Orden SAP:	N/A
Responsable del análisis:	Ángel Cerda Vázquez	Cuadrilla:	N/A	# Acción de Confiabilidad:	N/A
B - Identificación y definición de falla (herramienta 5 ¿Por qué? + 1 ¿Cómo?)					
1 - ¿Qué?	Variaciones del valor del pH del agua en las líneas de enfriamiento				
2 - ¿Dónde?	Sistema del pH de extrusoras de la BR y PL				
3 - ¿Cuándo?	01 de Julio 2017				
4 - ¿Quién?	Técnicos de confiabilidad de extrusoras / Ángel Cerda Vázquez				
5 - ¿Cuál?	Sensor y controlador del pH				
6 - ¿Cómo?	Para el control del pH del agua se utiliza un sensor que mide el valor de pH, cuando el agua hace contacto con el sensor se obtiene una lectura; el sensor se encuentra instalado en una tubería fuera del tanque de agua. Una vez que el sensor detecta el valor del pH envía la información a la pantalla del controlador que muestra el valor; si el valor del pH se encuentra debajo de 5.8 o por arriba de 6.8, el equipo se detiene y envía una alarma para que el material que se encuentra en la línea sea rechazado y catalogado como desecho.				
7 - Descripción de la falla	El sistema cuenta con un control semi-automático que usa como señales de entrada las mediciones de los sensores de pH y conductividad, tanto el valor del pH como el de la conductividad son regulados por su propio controlador. El control de la conductividad y el control del pH son mutuamente dependientes al compartir la electroválvula de suministro de agua. El agua que es suministrada afecta ambos valores, al ingresar agua, la conductividad disminuye y en consecuencia el valor del pH aumenta.				

Figura 20. Análisis de ¿5 por qué?, para determinar las posibles soluciones del problema (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla de 5 porque de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

C - Análisis de los 5 ¿por qué? (Haga preguntas para llegar a la causa raíz de la falla)		
Preguntas		Respuestas
1. ¿Por qué?	1. ¿Por qué existe variación en el pH del agua?	1. No existe método ni procedimiento para realizar ajuste del valor del pH del agua 2. No existe instrumentación de control para regular los flujos de agua y ácido
2. ¿Por qué?	1. ¿Por qué no existe método ni procedimiento para realizar ajuste del valor del pH del agua? 2. ¿Por qué no existe instrumentación de control para controlar los flujos de agua y ácido?	1. Se desconoce la forma correcta de regular el valor del pH del agua con el control semi-automático existente 2. En el diseño del equipo no se contempló la instalación de instrumentación de control para la medición de los flujos de agua y ácido
3. ¿Por qué?	1. ¿Por qué se desconoce la forma correcta de regular el valor del pH del agua con el control semi-automático existente? 2. ¿Por qué no se contempló en el diseño del equipo la instalación de instrumentación de control para la medición de los flujos de agua y ácido?	1. Los instrumentos de control manuales (válvulas y bomba de ácido) con los que cuenta el sistema no tienen un indicador que muestre los grados de apertura para regular los flujos de agua y ácido. No existe forma de medir los flujos de agua y ácido que ingresan al sistema
4. ¿Por qué?	1. ¿Por qué se requiere una medición de flujo? 2. ¿Por qué se requiere que las válvulas y bomba de ácido cuenten con indicador de grados de apertura?	1. Para conocer el volumen de agua que ingresa y sale del sistema, así como, el volumen de ácido que se inyecta. 2. Para regular el volumen de agua y ácido
5. ¿Por qué?	1. ¿Por qué se necesita conocer el volumen de agua y ácido? 2. ¿Por qué se debe regular el volumen de agua y ácido?	1. Para determinar el volumen de agua y ácido que se requiere para regular el valor del pH del agua dentro del rango nominal (6.2 a 6.5) 2. Para evitar variaciones del valor del pH de agua fuera del rango de especificación (5.8 a 6.8)

Figura 21. Análisis de ¿5 por qué?, para determinar las posibles soluciones del problema, parte 2 (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla de 5 porque de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

C. Con los pasos #3A y #3B implementados, se realiza el paso #3C y 3D; aquí se hace una representación esquemática del sistema de pH, donde ocurre el problema (Figura 22). Se responde a la pregunta ¿se encontró el fenómeno físico?, para el análisis realizado, la respuesta a esta interrogante es afirmativa debido a que el exceso de agua añadido al tanque de almacenamiento de agua provoca un aumento en el valor del pH sin tener una regulación del volumen de agua que ingresa. Lo anterior es demostrado con los valores de pH graficados en el año 2017 con tendencia hacia el límite superior de la especificación y que son representados en el paso #2 (medición).

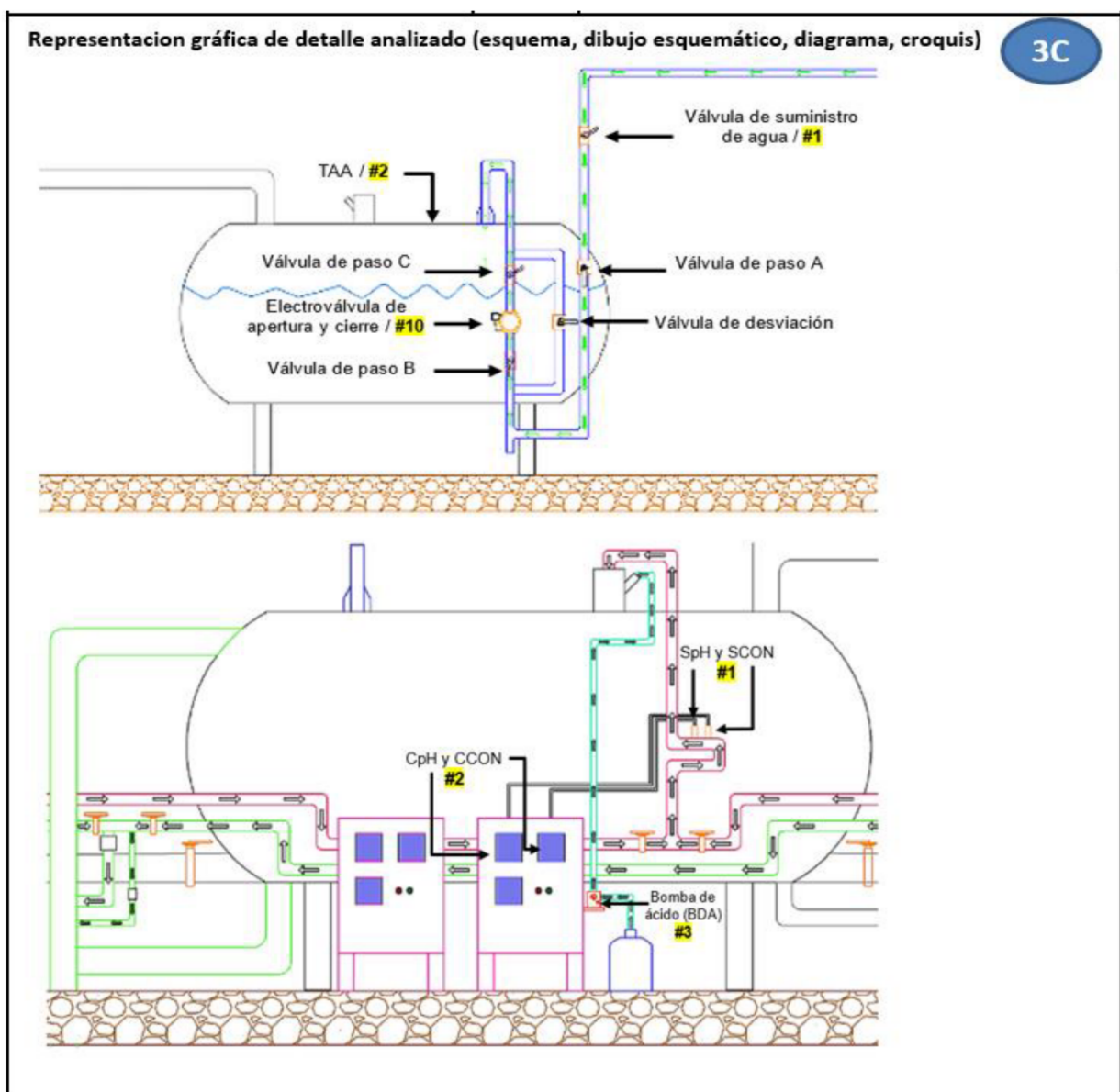


Figura 22. Representación esquemática del sistema de pH; flujos de entrada y salida de agua, así como del ácido (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

Mejorar

Al determinar el problema en el paso #3; *análisis*, se procede a realizar el paso #4; *mejora* de la herramienta de solución de problemas DMAIC. Se determinan causas raíz del problema, se plantean las posibles soluciones para resolver el problema y se establecen las acciones y contramedidas que ayudarán a dar solución. La Figura 23 muestra las causas raíz junto con las acciones y contramedidas a implementar para reducir las variaciones del valor del pH del agua.

4 MEJORAR (Acciones / Contramedidas)				
No.	Causa Raíz	Solución	Responsable	Fecha
1	No se conoce la operación del sistema de pH	Conocer operación de ajuste del pH	A. Cerda	20-Jul-20
2	No existe un procedimiento para ajuste del valor del pH	Desarrollar un procedimiento para realizar ajuste	A. Cerda	20-Jul-20
3	No existe instrumentación de control para controlar los flujos de agua y ácido	Comprar instrumentación de control necesaria para realizar el ajuste del pH del agua	A. Cerda	1-Jul-20
4	Control del sistema semi-automático no realiza ajuste requerido del pH	Colocar instrumentación de control para estabilizar correctamente el pH del agua por medio del procedimiento	A. Cerda	19-Jul-20

Figura 23. Mejorar; Acciones y contramedidas definidas a implementar para solucionar el problema de la variación del valor del pH del agua (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

Controlar

Implementadas las posibles soluciones, se finaliza la metodología DMAIC con la aplicación del paso #5; **controlar**, que consiste en la validación de los resultados y su efectividad. La Figura 24 muestra la implementación del paso #5.

5 CONTROLAR (Validación de la solución / Seguimiento)				
	Acciones para Sustener / Mantener la Mejora	Responsable	Fecha	
Acciones de Seguridad				
Acciones de Manufactura				
Acciones de Entrenamiento				
Acciones de Mantenimiento	Graficar tendencia de los valores del pH durante 60 días para validar estabilización del valor del pH	A. Cerda	1-Oct-20	
Otras Acciones				
Resultados				
<u>Para validar el procedimiento establecido se han graficado los valores registrados en el “Registro de inspección diaria del pH”, las fechas de estos valores iniciaron el 20 de julio del 2020 hasta el 24 de agosto del 2020. Los valores ahora presentan una tendencia sobre los valores nominales (6.2 a 6.5); con lo anterior el proyecto comprueba la efectividad de las acciones tomadas y se da por cerrado.</u>				

Figura 24. Controlar; Validación y seguimiento de las medidas y contramedidas implementadas en el paso #4 (Reproducido parcialmente a partir de la plantilla DMAIC de la fábrica – referencia y accesos restringidos)

3.5. Instrumentos de evaluación

3.5.1. Diagnóstico del problema

El sistema de pH cuenta actualmente con un control semiautomático para realizar la estabilización del valor del pH del agua. El control se encuentra en lazo cerrado al medir el valor del pH del agua, al recibir la retroalimentación se envía una señal para añadir ácido o agua dependiendo del valor en el que se encuentre el pH, pero no retroalimenta la medición del volumen de agua que sale y que entra al sistema, así como del volumen de ácido que se inyecta; el agua y el ácido son las variables de entrada al sistema. El volumen del agua y del ácido no están regulados de forma automática por el control actual del sistema, por lo tanto, se debe determinar el ajuste manual óptimo que deben tener las válvulas de suministro y dren de agua, así como el de la BDA; esto permitirá que el control del sistema pueda estabilizar el valor del pH del agua dentro de los valores nominales (6.0 a 6.6) y evitar que salgan de los valores mínimos y máximos (5.8 – 6.8).

3.5.2. Generación de hipótesis

Con lo expuesto en este capítulo se propone la creación de un procedimiento de ajuste manual para encontrar el volumen de agua y ácido correctos para lograr la estabilización del pH del agua en el proceso de extrusión; el procedimiento será desarrollado en el siguiente capítulo.

Para el desarrollo del procedimiento será necesario adaptar instrumentación para medir y regular el volumen de agua en las tuberías de suministro y drenado, así como en la bomba de inyección de ácido; esto permitirá comprender de manera apropiada los pasos a seguir para realizar el ajuste del valor del pH agua y que el personal encargado de realizar el ajuste pueda hacerlo de forma correcta.

La instrumentación que se instalará será la siguiente:

1. Tubería de suministro de agua:

- ✓ 1 medidor de caudal ultrasónico

2. Tubería de drenaje

- ✓ 2 válvulas de mariposa con indicador de grados de apertura
- ✓ 2 medidores de caudal magnético

3. Bomba de inyección de ácido

- ✓ 1 bomba dosificadora con doble perilla de regulación
- ✓ 1 medidor de caudal para ácido

3.6. Desarrollo del procedimiento

Como fue descrito en el capítulo 3, la regulación del flujo de agua que se suministra y que sale del sistema, así como la inyección de ácido debe realizarse de forma manual; esto permite al control semiautomático del sistema mantener los valores del pH del agua dentro de los rangos de nominales de especificación (6.0 -6.6) cuando el proceso de producción de la banda de rodadura y la pared lateral ha iniciado.

Existen 2 escenarios de riesgo para los cuales se debe aplicar el procedimiento para estabilizar el pH, estos son:

1. Estabilización por alto o bajo pH.
2. Estabilización por alta conductividad.

3.6.1. Estabilización por alto o bajo valor de pH

Objetivo:

Realizar la estabilización del pH del agua cuando el valor ha salido de los límites de control nominales (6.0 – 6.6) o, fuera de límites de control permitidos en el proceso: (Máx. 6.8, Mín. 5.8).

Paso #1:

Identificar en la pantalla del controlador si el valor del pH se encuentra alto o bajo:

- Valor alto: por arriba de 6.6
- Valor bajo: por debajo de 6.0

¿Cómo? Visualizando en la pantalla del controlador de pH el valor, ver Figura 25

¿Por qué? Para identificar si el valor de pH del agua se encuentra alto o bajo.

Impacto: Realizar el ajuste para un valor alto o bajo de pH.

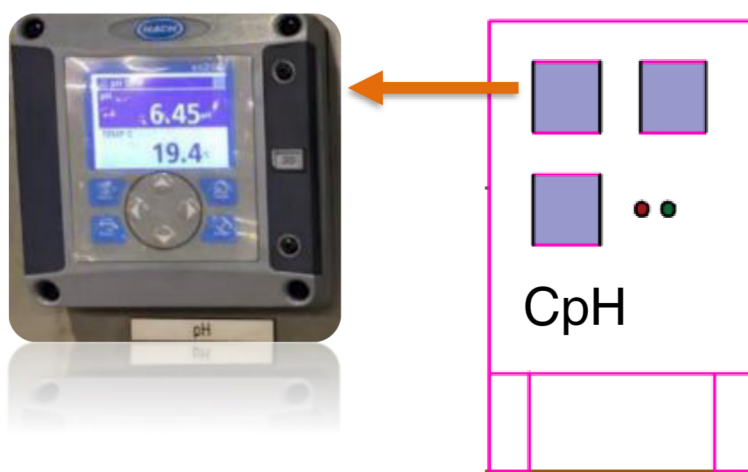


Figura 25. Pantalla del controlado muestra el valor del pH (izquierda) y a la derecha el esquema donde se encuentra ubicado el controlador

Paso #2:

Si el valor del pH se encuentra dentro de los valores nominales (6.0 – 6.6) no se requiere realizar ninguna acción y se finaliza este procedimiento

Paso #3:

Si el valor se encuentra fuera de los rangos nominales, cierre las válvulas de:

1. Drenado de agua de la tubería de la banda de rodadura
2. Drenado de agua de la tubería de la pared lateral

¿Cómo? Girando la manivela de válvula a la posición de cierre a 0°; ver Figura 26

¿Por qué? Para no tener salida de agua del sistema y estabilizar el pH del agua.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

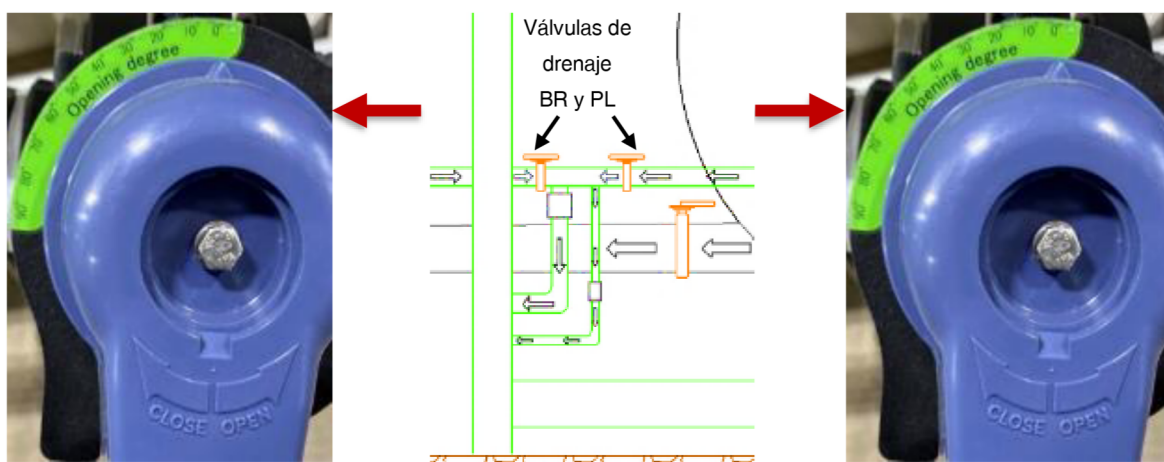


Figura 26. Válvulas de drenado de la BR (Izquierda) y válvula de drenado de la PL (derecha); al centro dibujo de la ubicación de las válvulas en el sistema de pH

Paso #4:

Realizar ajuste:

Para valor alto:

1. Cerrar la válvula de paso de agua #1 que se encuentra en la tubería de suministro.

¿Cómo? Girando la manivela de la válvula a 0° (Posición de cierre); ver Figura 27.

¿Por qué? Para no suministrar agua al sistema y estabilizar el pH del agua.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

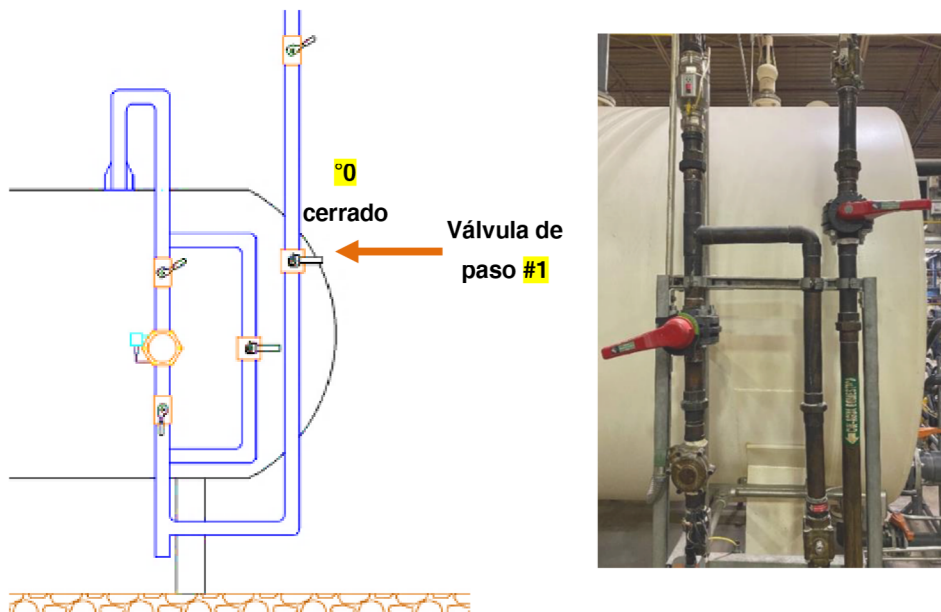


Figura 27. Esquema de la ubicación de la válvula de paso de agua # 1 (izquierda) e imagen (derecha) de la ubicación física de la válvula

2. Verificar que las válvulas de drenado se encuentren cerradas. Acción realizada en el paso #3.

3. **Verificar que el valor de ajuste del controlador del pH sea de 6.3.**

NOTA: Si el valor es diferente, ajustar el valor a 6.3., Ver Figura 28.

¿Cómo? Ingresar al menú → Config. de SC200 → Montaje de relé → Rele A → Activar → opción alarma alta → Ingresará a la pantalla donde se encuentra el valor de ajuste para verificar o ajustar el valor → Oprimir el botón de ENTER para confirmar el valor.

¿Por qué? Para que la bomba de inyección de ácido encienda cuando se detecte un valor de pH por arriba de 6.3.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

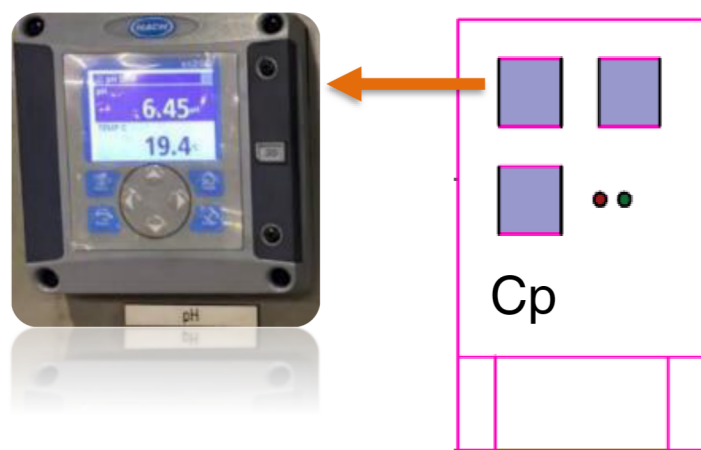


Figura 28. Pantalla del controlador muestra el valor del pH y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador

4. En la bomba de inyección de ácido, verificar que la perilla central este en 30% y perilla inferior derecha en 50%. Ver Figura 29.

NOTA: Si las perillas no se encuentran en el porcentaje, girarlas a la posición especificada.

¿Cómo? Visualmente; si se encuentran en un porcentaje % diferente al especificado girar las perillas a la posición especificada.

¿Por qué? Para que la bomba realice una estabilización del valor del pH.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

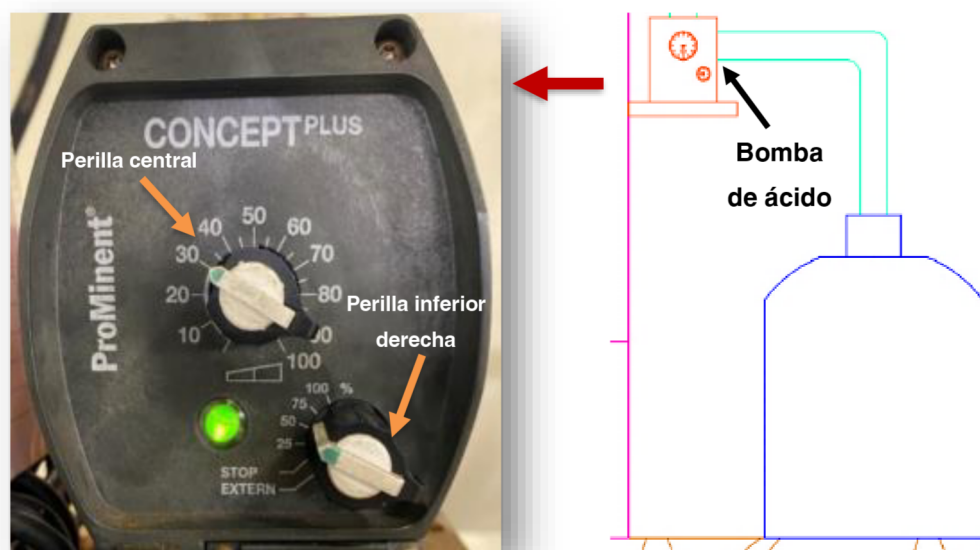


Figura 29. Bomba de ácido (BDA) con la regulación de la perilla central a un valor de 30 y perilla inferior a 50% y esquema de la ubicación de la bomba en el sistema de pH

5. Verificar que la bomba se encuentre encendida.

NOTA: Si la bomba no se encuentra encendida, verificar que exista voltaje de alimentación. Si existe voltaje, realizar drenado de aire en la succión de la bomba.

¿Cómo? Visualmente debajo de la perilla central se debe ver una luz en color verde. La Figura 29 muestra cuando la bomba se encuentra encendida.

¿Por qué? Para validar que la bomba funcione

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

6. Verificar que se esté inyectado ácido a un volumen entre 6 a 11 ml/min

NOTA: Si no se encuentra inyectando y la bomba esta encendida, realizar drenado de aire en la succión de la bomba.

¿Cómo? Visualmente en la pantalla del flujómetro que se encuentra arriba de la bomba de ácido. Ver Figura 30.

¿Por qué? Para validar que exista inyección de ácido al tanque de almacenamiento.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

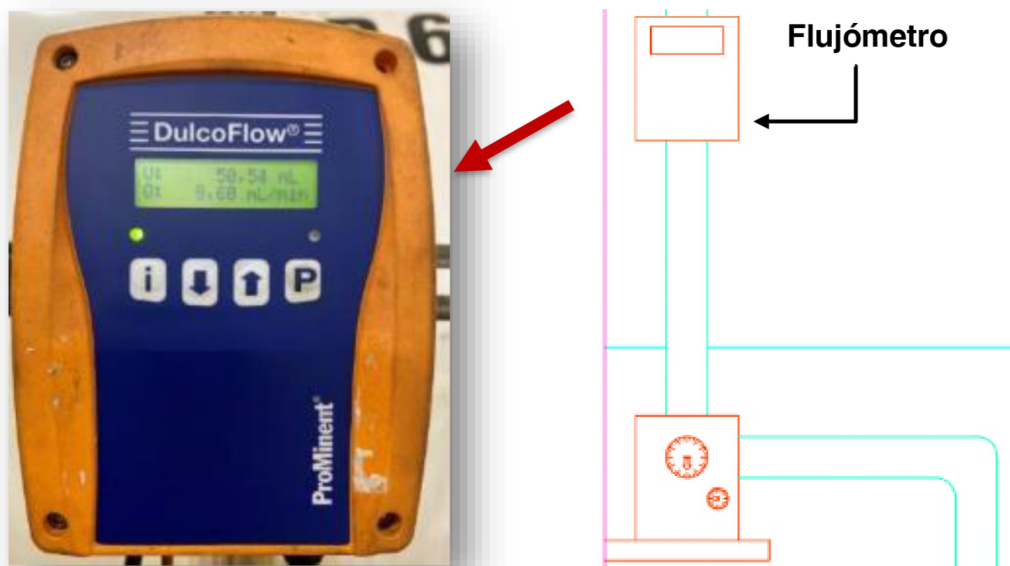


Figura 30. Medidor de flujo de ácido muestra en la pantalla un flujo de 9.6 ml/min y esquema de la ubicación del flujómetro en el sistema de pH

7. Monitorear el sistema hasta obtener la estabilización del valor de pH dentro del rango nominal.

8. Cuando la lectura del valor del pH se encuentre dentro de los valores nominales, abrir la válvula de suministro #1 cerrada en el punto 1 del paso #4.

¿Cómo? Girando la manivela de válvula a 90° (Posición abierta).

¿Por qué? Para regresar el sistema a las condiciones normales de operación

Impacto: Valor de pH dentro del rango nominal de control (6.0 – 6.6).

9. Verificar que las válvulas de suministro se encuentren en las posiciones siguientes:

- ✓ Válvula de suministro de fábrica a 90° (abierto)
- ✓ Válvulas de paso #1 a 90° (abierto)
- ✓ Válvulas de derivación a 90° (abierto)
- ✓ Válvulas de paso #2 a 90° (abierto)
- ✓ Válvulas de paso #3 a 15°

NOTA: Si no se encuentran en la posición, gírelas al ángulo de apertura definido

¿Cómo? Girando las manivelas de las válvulas a la posición especificada. Ver Figura 31

¿Por qué? Para estabilizar el pH del agua adecuada correctamente

Impacto: Valor del pH dentro del rango nominal de control (6.0 – 6.6)

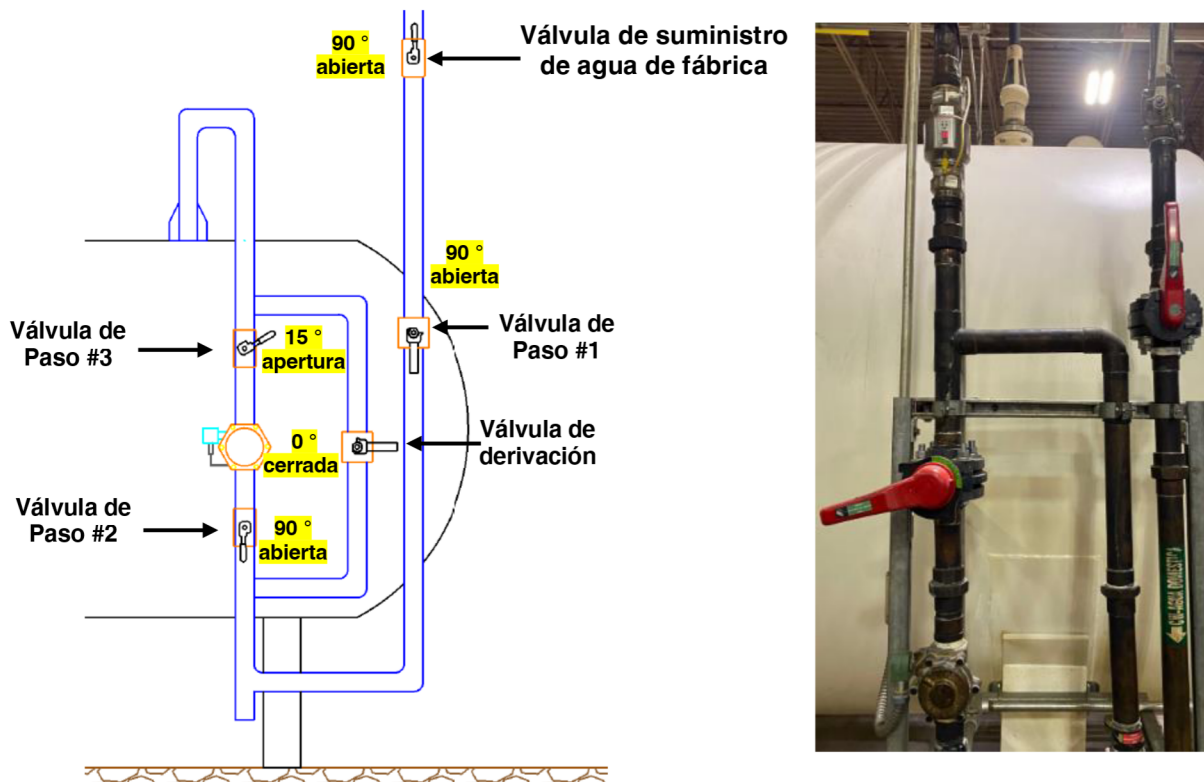


Figura 31. Esquema de la ubicación de las válvulas de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de la válvulas

10. Abrir la válvula de drenado cerradas en el paso #3.

1. Drenado de agua de la tubería de la **banda de rodadura**, abrir válvula entre 18° y 20°.

La Figura 32 muestra el ángulo de apertura de la válvula para obtener un flujo de agua de drenado de 1.9 L/min.

NOTA: El flujómetro debe tener una lectura entre 1.9 y 2.2 L/min.

¿Cómo? Girando la manivela de válvula entre 18° y 20°.

¿Por qué? Para regresar el sistema a las condiciones normales de operación.

Impacto: Valor de pH dentro del rango nominal de control (6.0 – 6.6).

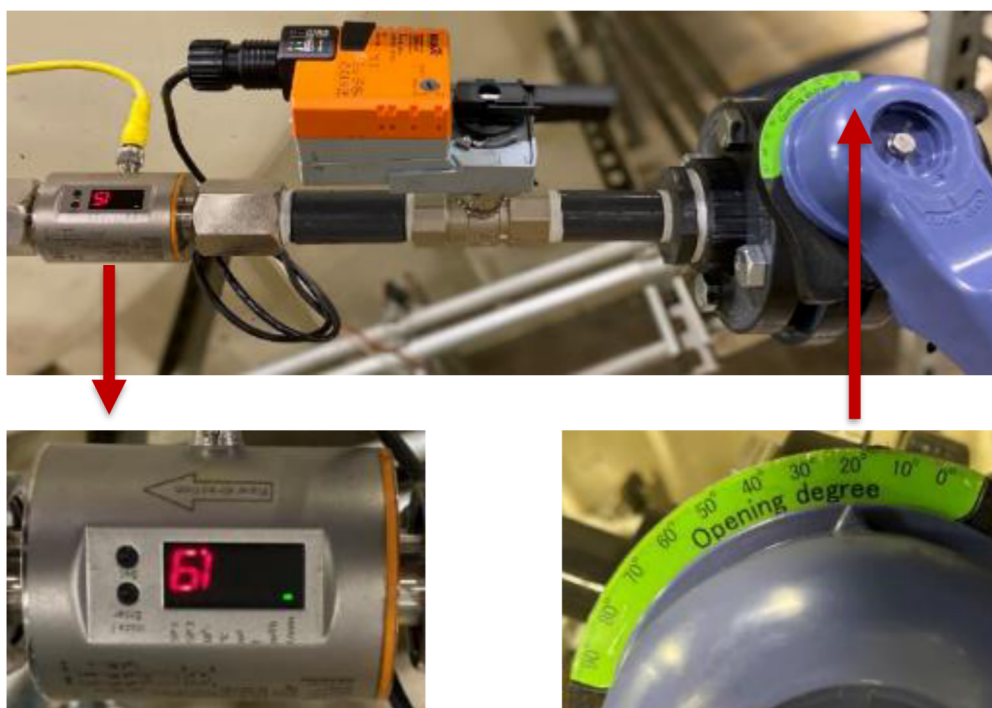


Figura 32. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la PL al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°

2. Drenado de agua de la tubería de la **pared lateral**, abrir válvula entre 18° y 20°. La Figura 33 muestra el ángulo de apertura de la válvula para obtener un flujo de agua de drenado de 1.9 L/min.

NOTA: El flujómetro debe tener una lectura entre 1.9 y 2.2 L/min

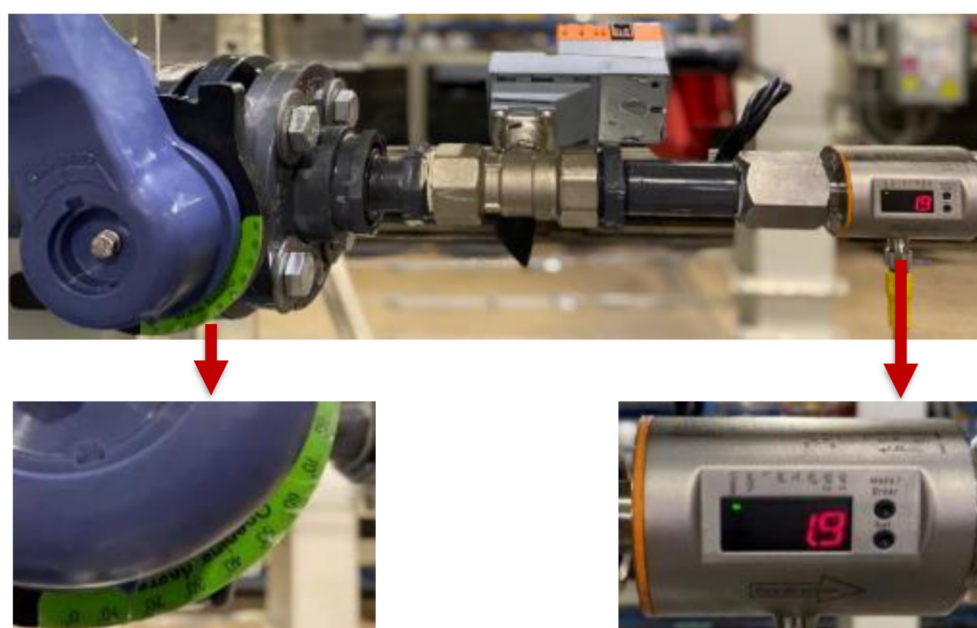


Figura 33. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la BR al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°

Para valor bajo:

1. Colocar la perilla inferior izquierda de bomba de ácido en posición apagada (STOP).

¿Cómo? Girando la perilla a la posición de apagado (STOP). Ver Figura 34

¿Por qué? Para evitar que el valor del pH salga del rango de especificación.

Impacto: Estabilizar el valor de pH dentro del rango nominal de control (6.0 – 6.6).



Figura 34. Bomba de la BDA; perilla inferior en posición STOP #1

2. Verificar que las válvulas drenado se encuentren cerradas. Acción realizada en el paso #3.
3. Verificar que el valor de ajuste del controlador del pH sea de 6.3. si el valor es diferente, coloque el valor a 6.3. Ver Figura 35.

NOTA: Si el valor es diferente, ajustar el valor a 6.3

¿Cómo? Ingresar al menú → Config. de SC200 → Montaje de relé → Rele A → Activar → opción alarma alta → Ingresará a la pantalla donde se encuentra el valor de ajuste para verificar o ajustar el valor → Oprimir el botón de ENTER para confirmar el valor.

¿Por qué? Para que la bomba de inyección de ácido encienda cuando se detecte un valor de pH por arriba de 6.3.

Impacto: Estabilización del valor de pH dentro de los rangos nominales (6.0 – 6.6).

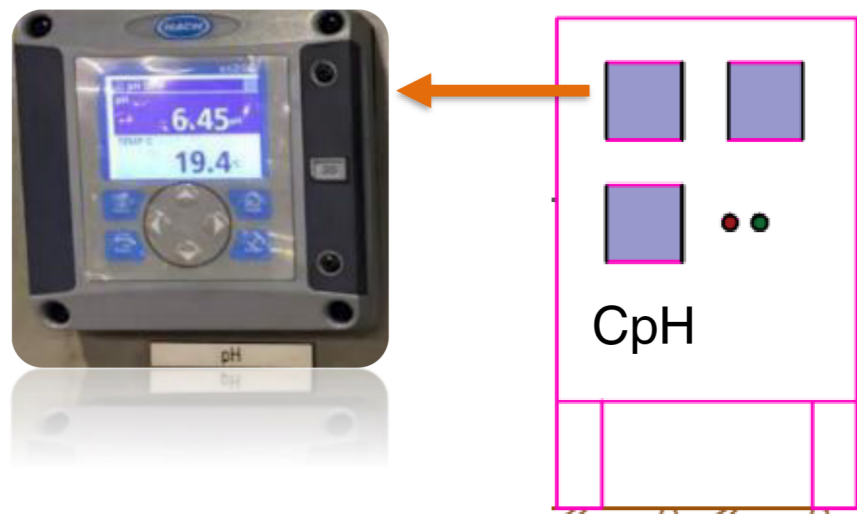


Figura 35. Pantalla del controlador muestra el valor del pH y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador

4. Verificar que las válvulas de suministro se encuentren en las posiciones siguientes:

- ✓ Válvula de suministro de fábrica a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #1 a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de derivación a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #2 a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #3 a 15°

NOTA: Si no se encuentran en la posición, gírelas al ángulo de apertura definido

¿Cómo? Moviendo las manivelas de las válvulas a la posición especificada. Ver Figura 36

¿Por qué? Para estabilizar el pH del agua adecuada correctamente

Impacto: Valor del pH dentro de valores nominales de control (6.0 – 6.6)

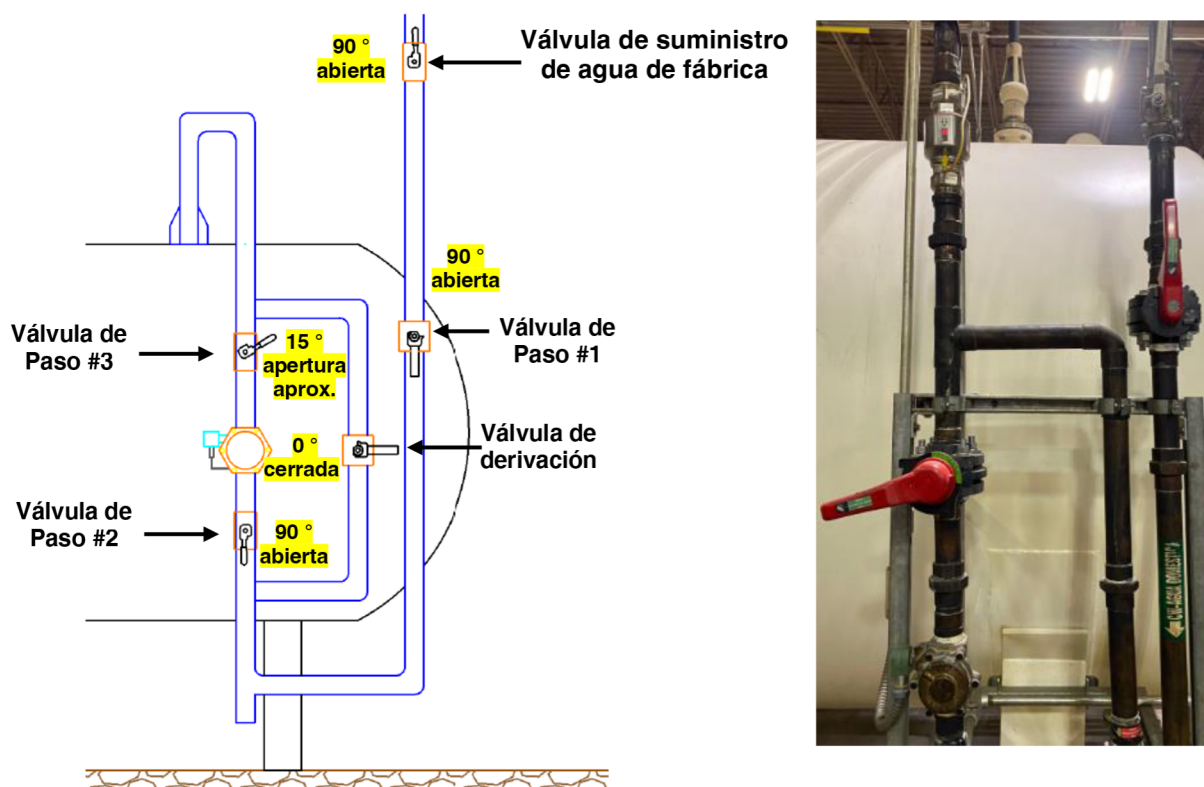


Figura 36. Esquema de la ubicación de las válvulas de paso de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de la válvulas

5. Validar que el flujo de suministro de agua oscile entre los 6 y 7 gal/min (22 y 27 L/min).

NOTA: Si el caudal no se encuentra en este rango, cierre la manivela de la válvula de paso #3 de agua hasta que el flujo se encuentre entre 6 y 7 gal/min (22 y 27 L/min).

¿Cómo? Visualmente verificar en la pantalla del flujómetro que el valor se encuentre entre 6 y 7 gal. /min. El flujómetro se encuentra en el panel de control de la banda de rodadura. Ver Figura 37.

¿Por qué? Para estabilizar el pH del agua.

Impacto: Evitar que el valor del pH salga de los valores especificados (5.8 – 6.8).



Figura 37. Flujómetro de suministro para el agua de fábrica #1 con una lectura de 7 gal/min a través de la tubería suministro de agua

6. Monitorear el sistema hasta obtener la estabilización del valor de pH dentro del rango nominal.

3. Abrir la válvula de drenado cerradas en el paso #3.

Drenado de agua de la tubería de la **banda de rodadura**, abrir válvula entre 18° y 20°.

La Figura 38 muestra el ángulo de apertura de la válvula para obtener un flujo de agua de drenado de 1.9 L/min.

NOTA: El flujómetro debe tener una lectura entre 1.9 y 2.2 L/min

¿Cómo? Moviendo manivela de válvula a posición abierta entre 18° y 20°.

¿Por qué? Para regresar el sistema a las condiciones normales de operación.

Impacto: Valor de pH dentro del rango nominal de control (6.0 – 6.6).

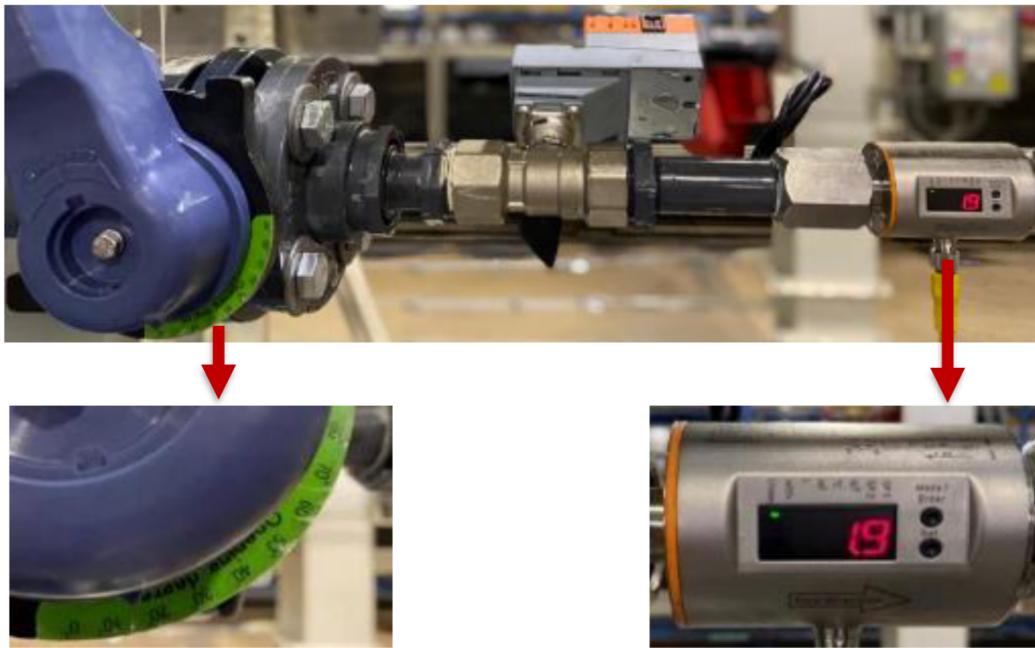


Figura 38. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la BR al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°

Drenado de agua de la tubería de la **pared lateral**, abrir válvula entre 18° y 20°. La Figura 39 muestra el ángulo de apertura de la válvula para obtener un flujo de agua de drenado de 1.9 L/min.

NOTA: El flujómetro debe tener una lectura entre 1.9 y 2.2 L/min.



Figura 39. Flujómetro con una lectura de 1.9 L/min a través de la tubería de la PL al regular la apertura de la válvula de drenado a 20°

3.6.2. Estabilización por alta conductividad.

Objetivo:

Realizar la estabilización del pH del agua cuando el valor de la conductividad se encuentra igual o mayor a $650 \mu\text{S/cm}$, valor máximo permitido.

Paso #1:

Cerrar válvulas de drenado:

1. Drenado de agua de la tubería de la banda de rodadura
2. Drenado de agua de la tubería de la pared lateral

¿Cómo? Girando la manivela de la válvula a la posición de cierre a 0° . Ver Figura 40.

¿Por qué? Para no tener salida de agua del sistema y reducir el valor de la conductividad.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a $650 \mu\text{S/cm}$.

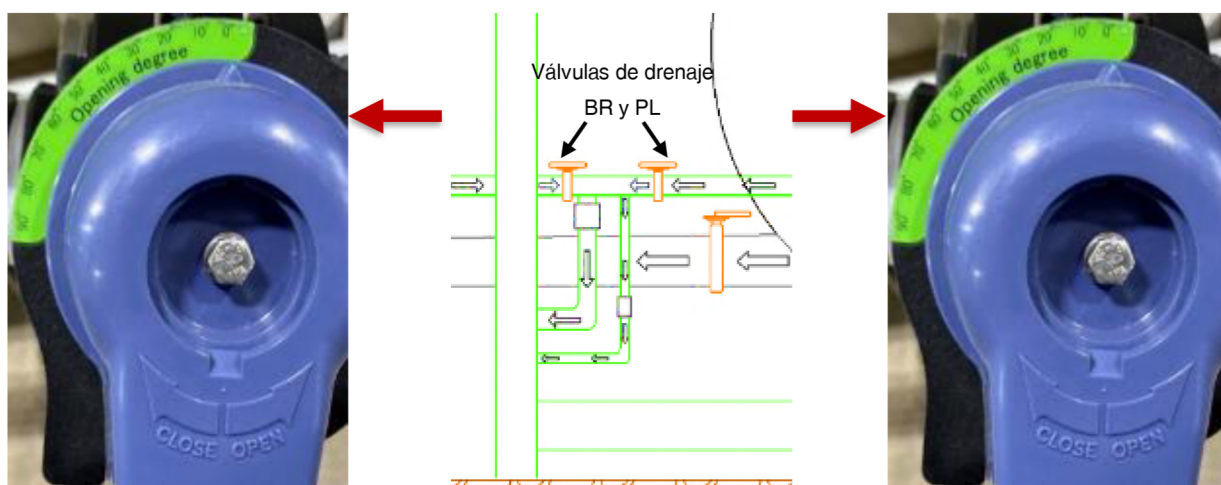


Figura 40. Válvulas de drenado de la BR (Izquierda) y válvula de drenado de la PL; al centro dibujo de la ubicación de las válvulas en el sistema

Paso #2:

Verificar que el valor de ajuste del controlador del pH sea de 6.3. si el valor es diferente, coloque el valor a 6.3. Ver Figura 41.

NOTA: Si el valor es diferente, ajustar el valor a 6.3

¿Cómo? Ingresar al menú → Config. de SC200 → Montaje de relé → Rele A → Activar → opción alarma alta → Ingresará a la pantalla donde se encuentra el valor de ajuste para verificar o ajustar el valor → Oprimir el botón de ENTER para confirmar el valor.

¿Por qué? Para que la bomba de inyección de ácido encienda cuando se detecte un valor de pH por arriba de 6.3.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

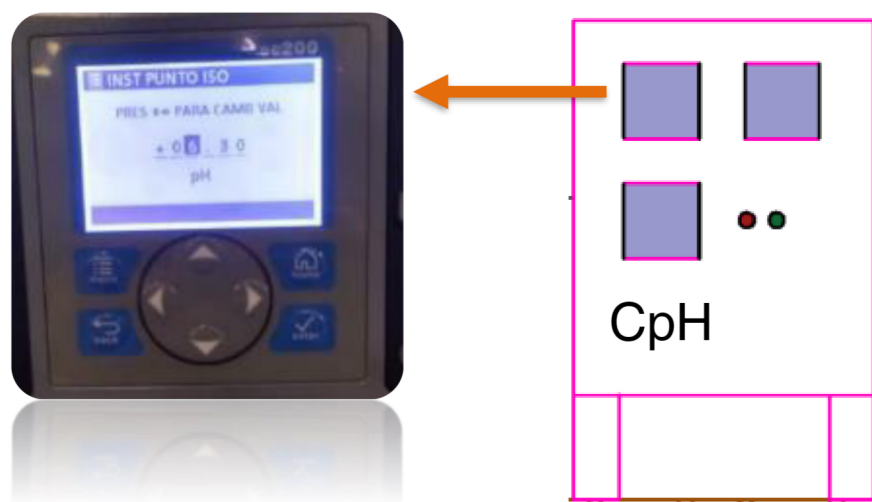


Figura 41. Pantalla del controlador muestra el valor de ajuste del pH en 6.3 y gabinete donde se encuentra ubicado el controlador

Paso #3:

Verificar que la perilla central de la bomba de inyección de ácido este en 30 % y la perilla inferior izquierda en 50%. Ver Figura 42.

NOTA: Si las perillas no se encuentran en el porcentaje, girar a la posición especificada.

¿Cómo? Visualmente; si se encuentran en un porcentaje % diferente al especificado girar las perillas a la posición especificada.

¿Por qué? Para que la bomba realice la correcta estabilización del valor del pH.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Paso #4:

Verificar que la bomba se encuentre encendida. Ver Figura 42.

NOTA: Si la bomba no se encuentra encendida, verificar que exista voltaje de alimentación.

Si existe voltaje, realizar drenado de aire en la succión de la bomba.

¿Cómo? Visualmente debajo de la perilla central se debe ver una luz en color verde.

¿Por qué? Para validar que la bomba funcione.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a $650 \mu\text{S/cm}$.

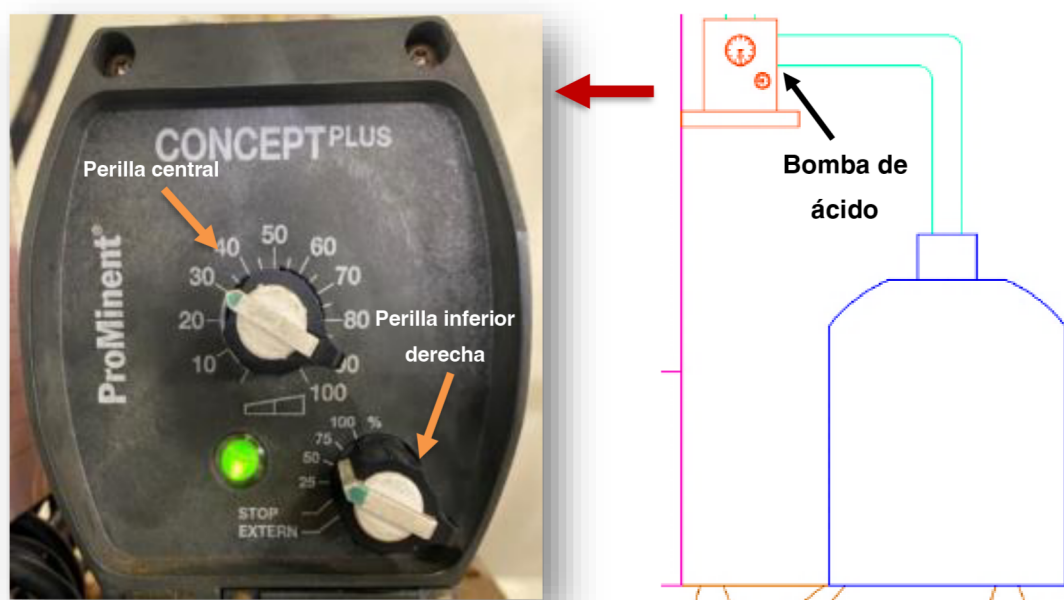


Figura 42. Bomba de ácido (BDA) con la regulación de la perilla central a un valor de 30 y perilla inferior a 50% y esquema de la ubicación de la bomba en el sistema de pH

Paso #5:

Verificar que las válvulas de suministro se encuentren en las posiciones siguientes:

- ✓ Válvula de suministro de fábrica a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #1 a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de derivación a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #2 a 90° (abierta)
- ✓ Válvulas de paso #3 a 15°

NOTA: Si no se encuentran en la posición, gírelas al ángulo de apertura definido.

¿Cómo? Girando las manivelas de las válvulas a la posición especificada. Ver Figura 43.

¿Por qué? Para suministrar agua con una conductividad de 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

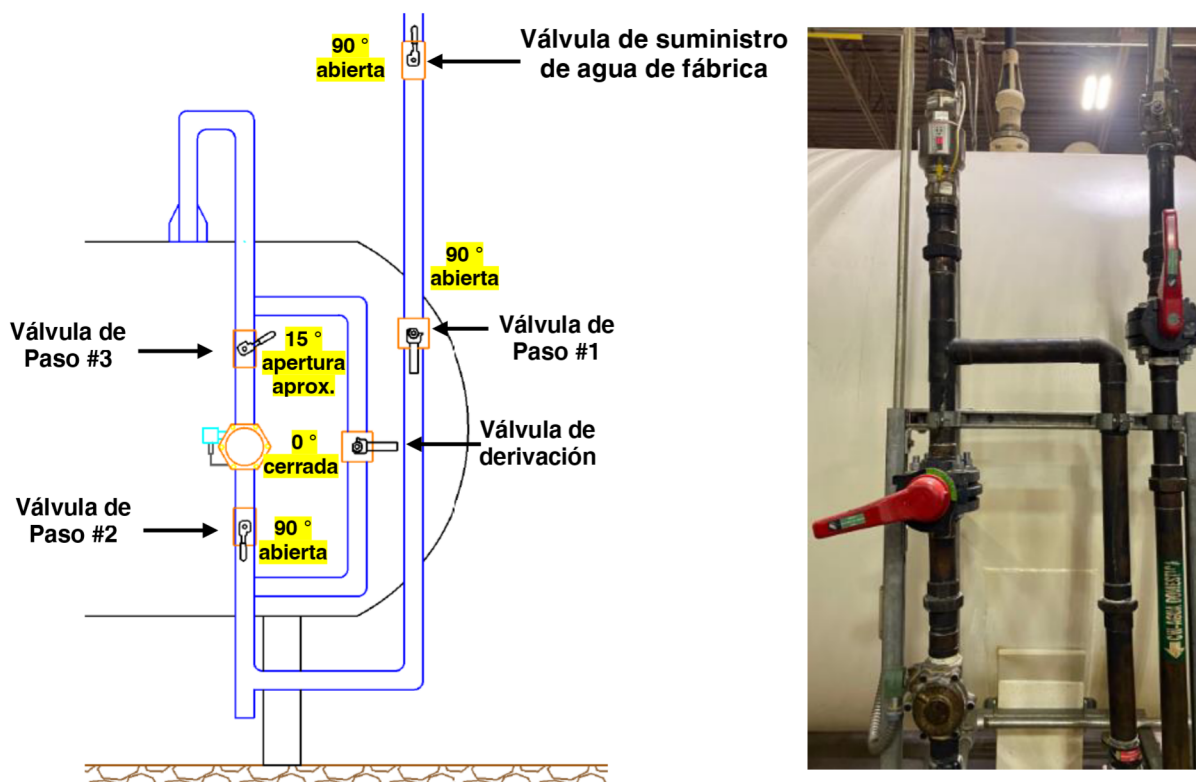


Figura 43. Esquema de la ubicación de las válvulas de paso de suministro, paso y derivación e imagen de la ubicación física de las válvulas

Paso #6:

Validar que el flujo de suministro de agua oscile entre los 6 y 7 gal/min (22 y 27 L/min).

NOTA: Si el caudal no se encuentra en este rango, cierre la manivela de la válvula de paso #3 hasta que el flujo se encuentre entre 6 y 7 gal. /min.

¿Cómo? Visualmente verificar en la pantalla del flujómetro que el valor se encuentre entre 6 y 7 gal. /min. El flujómetro se encuentra en el panel de control de la banda de rodadura, Ver Figura 44.

¿Por qué? Para estabilizar el pH del agua adecuada correctamente

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S/cm}$.



Figura 44 Flujómetro de suministro para el agua de fábrica #1 con una lectura de 7 gal/min a través de la tubería suministro de agua

Paso #7:

Abrir la válvula de drenaje inferior del tanque a 90° (abierta), Ver Figura 45.

¿Cómo? Girando la manivela de la válvula a la posición de cierre a 90° (Abierta)

¿Por qué? Para drenar agua del sistema y poder reducir el valor de conductividad.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S/cm}$.

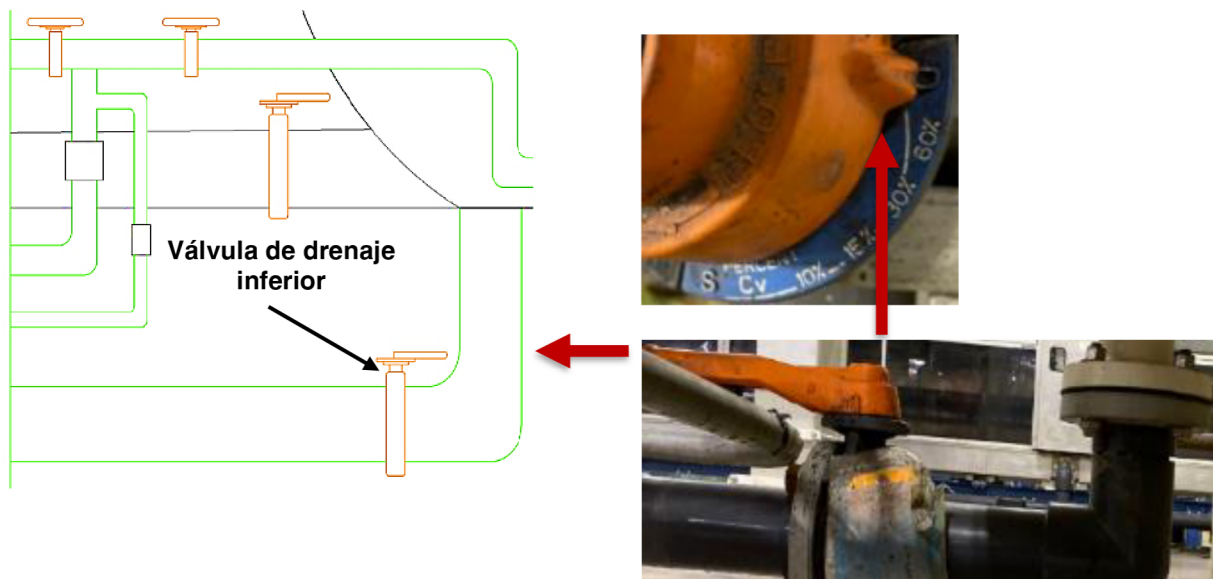


Figura 45. Esquema de la ubicación de la válvula de drenado inferior a 90°, posición abierta y ubicación física de la válvula en el sistema de pH

Paso #7:

Cerrar la válvula de drenaje inferior del tanque a 0°, ver Figura 46; cuando el nivel del indicador del tanque de agua descienda hasta 4 ft.

¿Cómo? Girando la manivela de la válvula a la posición de cierre a 0° (Cerrada)

¿Por qué? Para regresar el sistema a las condiciones normales de operación.

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

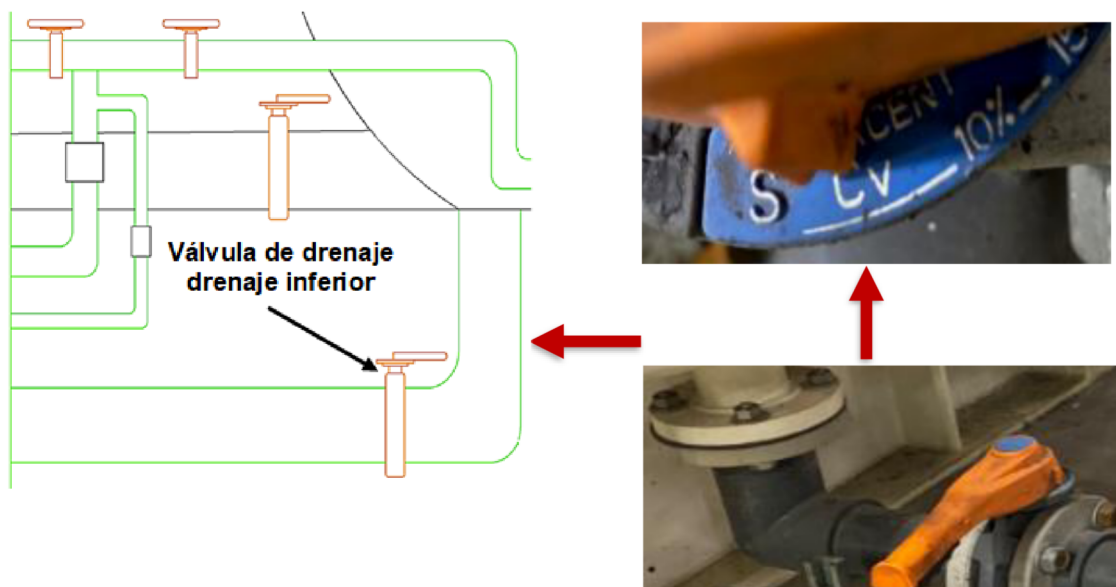


Figura 46. Esquema de la ubicación de la válvula de drenado inferior a 0°, posición cerrada y ubicación física de la válvula en el sistema de pH

Paso #8:

Monitorear el sistema hasta que el indicador del nivel del tanque de agua se encuentre entre los 5.5 y 7 ft de altura, ver Figura 47

NOTA: Este proceso toma un tiempo aproximado de 6 horas.

¿Cómo? Visualmente en el indicador de nivel del tanque de agua.

¿Por qué? Para mantener el nivel del tanque del agua en el nivel óptimo de operación

Impacto: Reducir el valor de la conductividad menor a $650 \mu\text{S/cm}$.

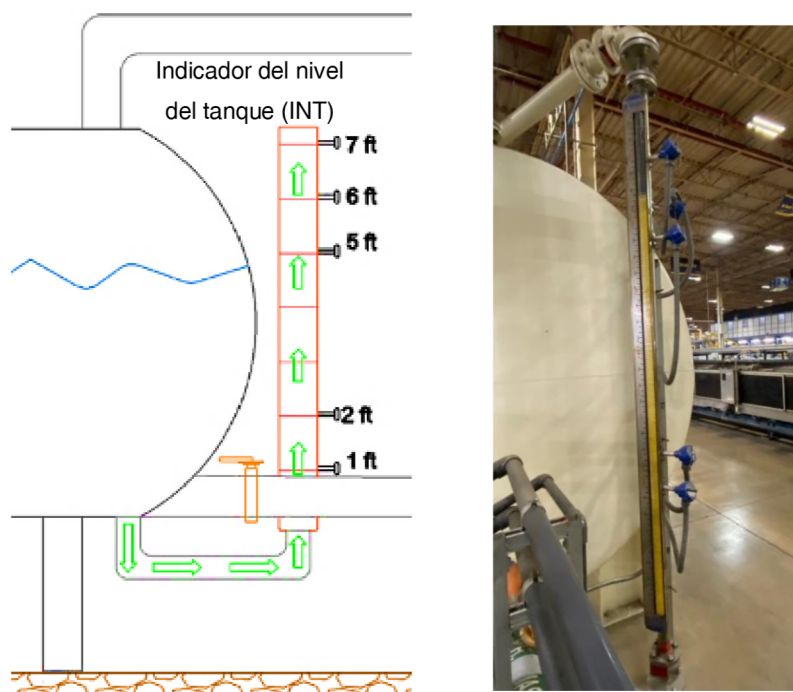


Figura 47. Esquema de la ubicación del indicador del nivel del tanque de agua (INT) #1 y ubicación física del indicador en el sistema de pH

Paso #9:

Repetir los pasos anteriores hasta que la conductividad se encuentre menor a $600 \mu\text{S/cm}$.

3.7. Formato de inspección

Para verificar que el sistema se encuentra en las condiciones de operación se generó un formato de inspección diaria con base en el diagnóstico y análisis desarrollado en la sección 3. El registro permitirá reafirmar los valores actuales de ajuste o modificarlos de acuerdo con el procedimiento de ajuste manual para la estabilización de los valores del pH del agua. El objetivo es obtener los valores del pH las 24 horas; los técnicos en turno de mañana, tarde y noche serán los encargados de tomar la lectura del valor del pH de la pantalla del controlador y de las tarjetas de liberación del laboratorio, los valores se registran en el formato denominado “Registro de inspección diaria del sistema de pH”. En la Tabla 2 se muestra el registro de inspección y en el anexo 1 se muestran los formatos llenados por el personal técnico de la compañía.

4. Resultados.

Para validar el procedimiento establecido y verificar su efectividad, se ha graficado el comportamiento de los valores del pH del agua a través del tiempo (Gráfica 9, Gráfica 13, Gráfica 17 y Gráfica 21), desde el año 2017 cuando se instaló el equipo hasta el año 2020 en el que se establece y estandariza el método de ajuste para mantener el valor del pH del agua dentro del rango de 6.0 a 6.6. Al mantener el valor del pH dentro de este rango se demuestra la reducción de los tiempos muertos ocasionados por las variaciones del valor del pH de agua.

Las gráficas muestran dos tendencias, en color verde los valores obtenidos del controlador con un valor de ajuste fijo y en color azul el promedio de los valores obtenidos por el laboratorio de muestras de la planta de las líneas de la banda de rodadura y la pared lateral, los datos del valor del pH proporcionados por el laboratorio son los autorizados para liberar el agua de la línea de enfriamiento y por tanto el proceso de producción. Si los valores se encuentran dentro del rango establecido (5.8 a 6.8) el proceso liberado.

Los reportes de capacidad del proceso desarrollados por el programa de MINITAB (Soporte de Minitab, 2019) manejan los siguientes conceptos y nomenclaturas:

✚ Índices de rendimiento a corto plazo (semanas, meses): C_p y C_{pk}

Determinan la capacidad del proceso a corto plazo conforme a la variación de los valores del pH del agua.

- Un $C_p > 1.0$ indica que existe una estabilidad en la tendencia del comportamiento de los valores en el rango en el que oscilan; para el caso de estudio, el rango en el que oscilan los valores del pH es de 5.8 a 6.8.
- Un $C_p < 1.0$ indica que existe variación en la tendencia del comportamiento de los valores en el rango en el que oscilan.

El valor de referencia de C_p utilizado comúnmente en las industrias es de **1.33**, si el valor obtenido del estudio de capacidad del proceso es menor a este valor, se debe buscar como mejorar el proceso para reducir su variación.

- Un $C_{pk} > 1.0$ indica que los valores se encuentran centralizados con respecto a la media nominal de la especificación; para el caso de estudio, el valor nominal del pH es de 6.3.
- Un $C_{pk} < 1.0$ indica que los valores se encuentran descentralizado con respecto a la media nominal de la especificación.

El valor de referencia de C_{pk} utilizado comúnmente en las industrias es de **1.33**, si el valor obtenido del estudio de capacidad del proceso es menor a este valor, se debe buscar como mejorar el proceso para reducir su variación o desplazar su ubicación.

- Desviación estándar (*StDev*): indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Entre menor es el valor de la desviación estándar es mejor para el proceso, entre mayor es el valor es malo para el proceso.
- Partes por millón (PPM): Indica el número de partes no conformes en el proceso, expresado en partes por millón. La diferencia entre el C_p y C_{pk} produce un valor de rechazo en *PPM*, es decir, por cada millón de mediciones realizadas se tendrán valores fuera de especificación, esto es ocasionado por la descentralización de los valores con tendencia hacia el límite superior o inferior de control.

Entre menor es el valor de PPM producido, el proceso cuenta con una mayor capacidad; entre mayor es el valor de PPM, menor es la capacidad del proceso.

✚ Índices de rendimiento a largo plazo (años): P_p y P_{pk}

Determinan la capacidad del proceso a largo plazo conforme a la variación de los valores del pH del agua.

- Un $P_p > 1.0$ indica que existe una estabilidad en la tendencia del comportamiento de los valores en el rango en el que oscilan.
- Un $P_p < 1.0$ indica que existe variación en la tendencia del comportamiento de los valores en el rango en el que oscilan.

El valor de referencia de P_p utilizado comúnmente en las industrias es de **1.33**, si el valor obtenido del estudio de capacidad del proceso es menor a este valor, se debe buscar como mejorar el proceso para reducir su variación.

- Un $P_{pk} > 1.0$ indica que los valores se encuentran centralizados con respecto a la media nominal de la especificación.
- Un $P_{pk} < 1.0$ indica que los valores se encuentran descentralizado con respecto a la media nominal de la especificación.

El valor de referencia de P_{pk} utilizado comúnmente en las industrias es de **1.33**, si el valor obtenido del estudio de capacidad del proceso es menor a este valor, se debe buscar como considerar mejorar el proceso para reducir su variación.

- Índice de dispersión de la especificación (C_{pm}): El C_{pm} compara la dispersión de especificación con la dispersión de los datos del proceso, considerando al mismo tiempo qué tanto se desvían los datos del valor objetivo. Un C_{pm} alto indica la capacidad del proceso a lo largo plazo para evaluar si los valores se encuentran dentro de los límites de especificación y en la nominal.

- Desviación estándar ($StDev$): Indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Entre menor es el valor de la desviación estándar es mejor para el proceso, entre mayor es el valor es malo para el proceso.
- Partes por millón (PPM): Indica el número de partes no conformes en el proceso, expresado en partes por millón. La diferencia entre el P_p y P_{pk} produce un valor de rechazo en PPM , es decir, por cada millón de mediciones realizadas se tendrán valores fuera de especificación, esto es ocasionado por la descentralización de los valores con tendencia hacia el límite superior o inferior de control.

Entre menor es el valor de PPM producido, el proceso cuenta con una mayor capacidad; entre mayor es el valor de PPM, menor es la capacidad del proceso.

4.1. Tendencias del valor del pH del agua en el año 2017

En el año 2017 existía inestabilidad en la tendencia de los valores del pH medidos en laboratorio con respecto a los del controlador ya que no se desconocía el funcionamiento del equipo y no se tenía el conocimiento suficiente para estabilizar el valor del pH del agua dentro de la especificación.

4.1.1. Condiciones del sistema del pH en el año 2017

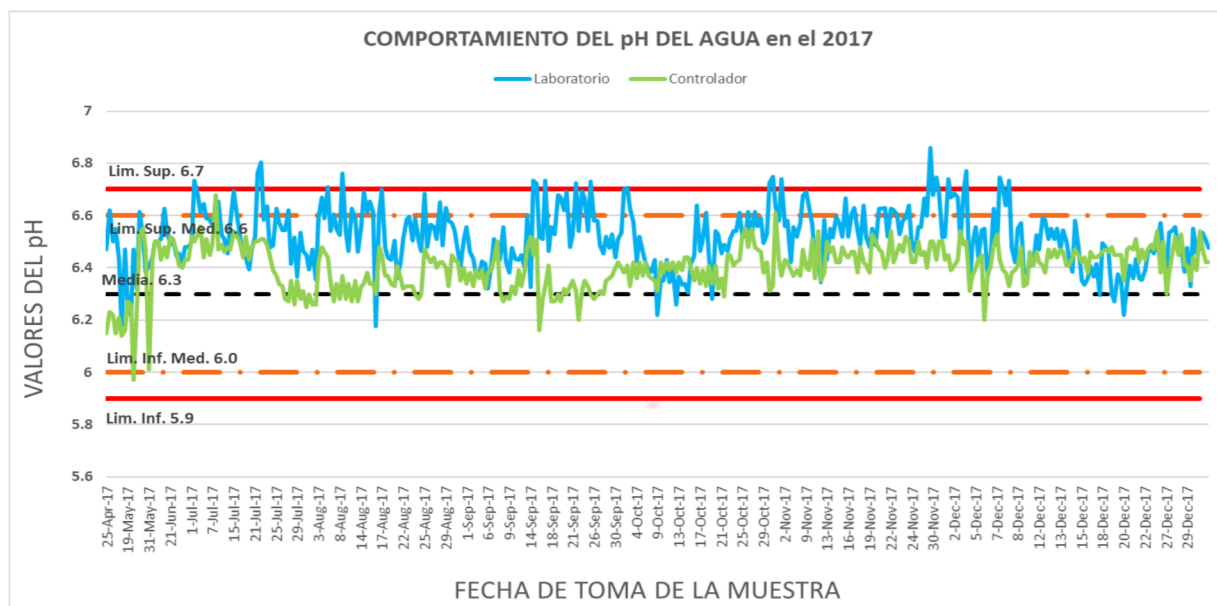
La estabilización del valor del pH del agua se hacía de manera empírica, las causas que producían las variaciones del pH eran:

1. Adición de ácido o agua de manera experimental al sistema.
2. Se desconocía el método para la estabilización del valor del pH del agua.
3. No se contaba con la instrumentación de medición para indicar el volumen de agua que debía entrar y salir del sistema. Flujómetros y válvulas de bola con graduación no estaban instalados.
4. No se contaba con instrumentación de medición para indicar el volumen de ácido que se debía añadirse al sistema para estabilizar el valor del pH del agua. Flujómetro para ácido no estaba instalado.

Lo anterior producía valores que excedían de 6.7 y 6.8 ocasionando paros en la línea de producción.

De acuerdo con la tendencia que muestra la Gráfica 9 del control de proceso, el comportamiento del valor del pH se considera fuera de control debido a que el 25 % de valores medidos por el laboratorio se encuentran fuera del rango nominal aceptable (6.0 – 6.6). En este año la especificación determinada por el control de calidad para el valor del pH era de: Min.: 5.9; Max.: 6.7.

En la Gráfica 9 del comportamiento del valor del pH del agua en el año 2017, los valores se encuentran con una tendencia hacia el límite superior de control y con valores superiores a 6.7



Gráfica 9. Comportamiento de los valores del pH en el año 2017

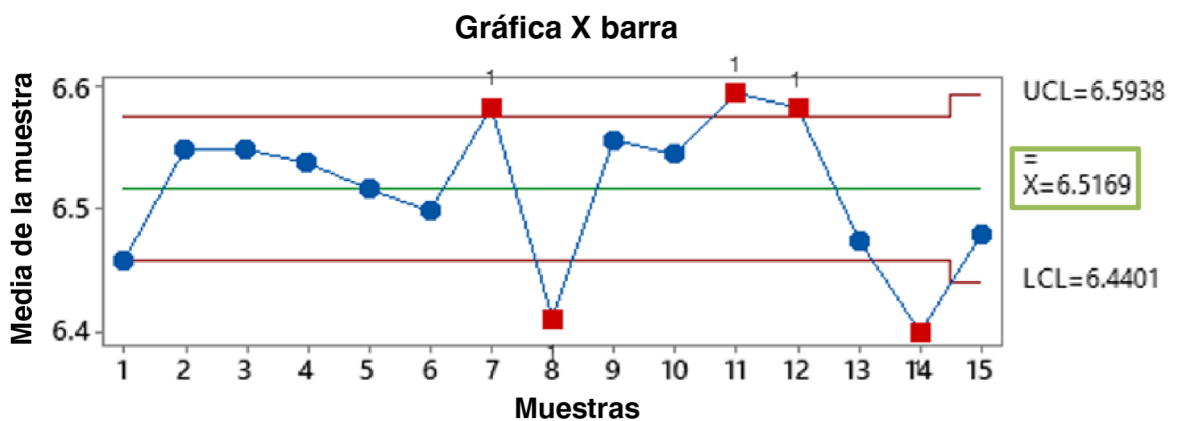
El número de datos analizados en la Gráfica 9 fue de 365, desde el mes de abril hasta el mes de diciembre del año 2017; la frecuencia con la que se tomaron los datos fue de 3 veces al día: mañana, tarde y noche. En el anexo 2 se muestran los registros de donde se obtuvieron los datos.

En el año 2017, los valores obtenidos del pH del agua por el laboratorio se encontraban con tendencia hacia el límite superior de control con un valor promedio de 6.52, estos valores, así como los del controlador se comportaban de manera fluctuante, no había un comportamiento uniforme, por tanto, existía inestabilidad en la tendencia de los valores del pH medidos en laboratorio con respecto a los del controlador

Al realizar el análisis de capacidad de los valores del pH del agua por medio del software de Minitab se obtienen los siguientes resultados:

✓ **Gráfica X barra:** muestra el valor medio del pH: $\bar{X} = 6.5$

- El valor tiene tendencia al hacia el LSC de 6.6, existe un alto riesgo en salir de la especificación.
- Los puntos en color rojo indican los subgrupos de los valores del pH que se encuentran fuera los del rango medio de la muestra tomada.

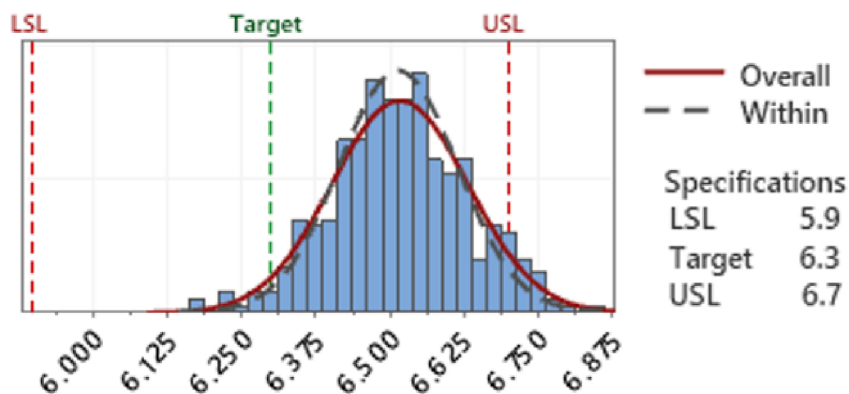


Gráfica 10. Valor medio del pH del agua ($\bar{X} = 6.51$) en el año 2017 (Soporte de Minitab, 2019)

✓ **Histograma:** muestra la tendencia hacia el límite superior de control (USL).

- La gráfica muestra la descentralización de los valores del pH con respecto al valor objetivo de la especificación: $\bar{X} = 6.3$, los valores se encuentran cargados hacia el LSC con un valor medio de: $\bar{X} = 6.5$
- El proceso opera con valores dentro del rango de 6.1 a 6.8

Histograma de capacidad



Gráfica 11. Tendencia de los valores del pH hacia el USL en el año 2107 (Soporte de Minitab, 2019)

- ✓ **Gráfica de capacidad:** evalúa la capacidad del proceso a través de los índices de rendimiento. Existe inestabilidad en el proceso en el corto y largo plazo debido a la diferencia entre el C_p y el C_{pk} , P_p y el P_{pk} y el número de rechazos registrado por las PPM.

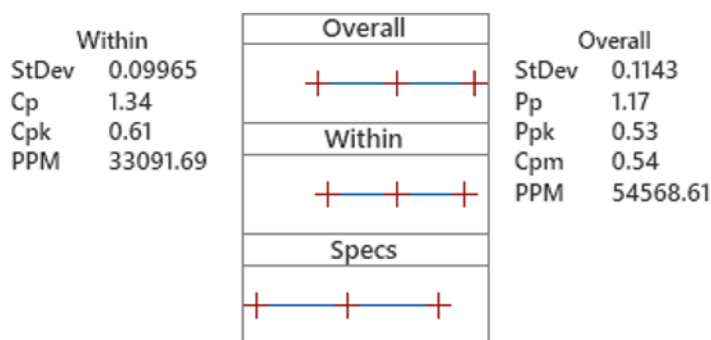
- Los valores de los índices de capacidad son:

$$StDev = 0.0991, C_p = 1.34, C_{pk} = 0.61, PPM = 33091$$

- Los valores de los índices de rendimiento son:

$$StDev = 0.1143, P_p = 1.17, P_{pk} = 0.53, C_{pm} = 0.54, PPM = 5456$$

Gráfica de capacidad



Gráfica 12. Índices de capacidad a corto plazo (C_p , C_{pk}) y a largo plazo (P_p , P_{pk} , C_{pm}) en el año 2017 (Soporte de Minitab, 2019)

Con los resultados de los índices de capacidad y rendimiento obtenidos se comprueba que en el año 2017 el comportamiento de los valores del pH obtenidos por el laboratorio estaba fuera de especificación y ocasionaban paros constantes de línea de producción.

Los indicadores de rendimiento del año 2017 se muestran resumidos en la Tabla 3

Indicadores	2017
Cp	1.34
Cpk	0.61
StDev	0.099
PPM	33091
Pp	1.17
Ppk	0.53
Cpm	0.54
StDev	0.114
PPM	54568

Tabla 3. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2017

4.2. Tendencias del valor del pH del agua en el año 2018

En el año 2018 se empezó a identificar la manera de estabilizar el valor del pH del agua y se realizaron pruebas de manera empírica, lo anterior se logró al conocer el funcionamiento del equipo y al aprendizaje adquirido para estabilizar el pH en el año 2017.

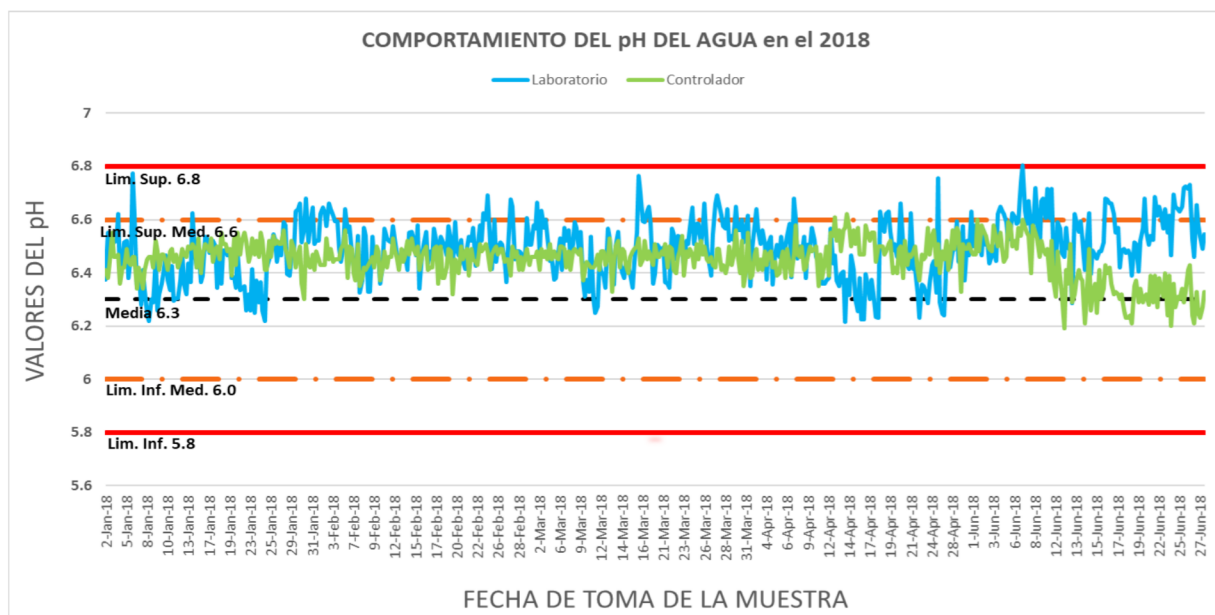
4.2.1. Condiciones del sistema del pH en el año 2018

Debido a las pruebas empíricas realizadas para estabilizar el valor del pH del agua en el 2018 se logró reducir la variación del valor del pH, estas pruebas consistieron en:

1. Reducir la apertura de las válvulas de suministro y drenaje de agua para controlar el ingreso y salida.
2. La inyección de ácido se deja en un valor fijo y el valor de ajuste del controlador se coloca en 6.4.

Las mejoras se explican a continuación.

De acuerdo con la tendencia que muestra la Gráfica 13 del control del proceso, el comportamiento del valor del pH se considera fuera de control debido que el 15 % de valores medidos por el laboratorio se encuentran fuera del rango nominal aceptable (6.0 – 6.6). En este año la especificación determinada por el control de calidad para el valor del pH se amplía a: Min.: 5.8 - Max.: 6.8 lo cual ayuda a tener una mayor tolerancia en la especificación y disminuir los paros derivados por una variación en el pH del agua.



Gráfica 13. Comportamiento de los valores del pH en el año 2018

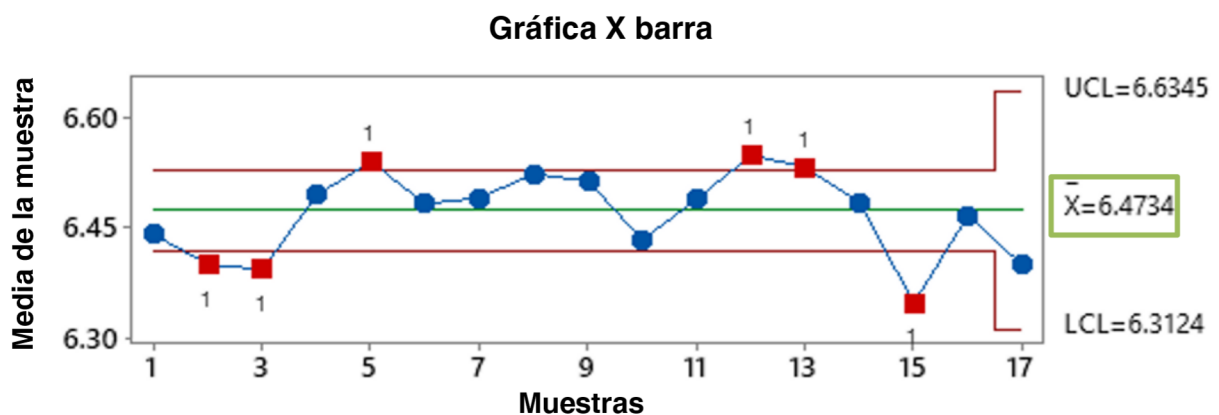
El número de datos analizados en la Gráfica 13 fue de 533, desde el mes de enero hasta el mes de junio del año 2018; la frecuencia con la que se tomaron los datos fue 3 veces al día: mañana, tarde y noche. En el anexo 3 se muestran los registros de donde se obtuvieron los datos.

En el año 2018 los valores obtenidos del pH del agua por el laboratorio se encontraban con tendencia hacia el límite superior medio de control con un valor promedio de 6.47, presentaban variación al oscilar repentinamente de un valor de 6.2 hasta un valor de 6.7, así lo muestra la Gráfica 13. Los valores del controlador presentaban una menor oscilación y se comportaban de manera más uniforme. Se muestra una mejoría en la tendencia de ambos valores en comparativa con la tendencia de la Gráfica 9.

Al realizar el análisis de capacidad de los valores del pH del agua por medio del software de Minitab se obtiene los siguientes resultados:

✓ **Gráfica X barra:** muestra el valor medio del pH: $\bar{X} = 6.47$

- El valor tiene tendencia al hacia el LSC de 6.6, se reduce el riesgo de salir de la especificación ya que el valor promedio se encuentra en: $\bar{X} = 6.47$
- Los puntos en color rojo indican los subgrupos de los valores del pH que se encuentran fuera los del rango medio de la muestra tomada.

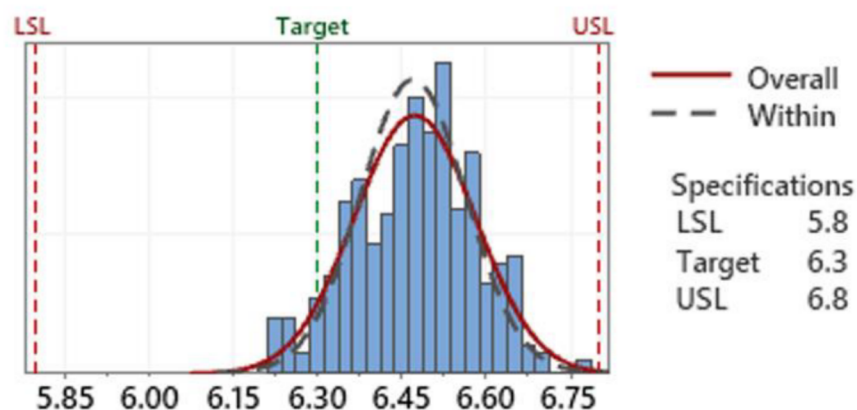


Gráfica 14. Valor medio del pH del agua ($\bar{X} = 6.47$) en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)

✓ **Histograma:** muestra la tendencia hacia el límite superior de control (USL).

- La gráfica muestra la descentralización de los valores del pH con respecto al valor objetivo de la especificación: $\bar{X} = 6.3$, los valores se encuentran cargados hacia el LSC con un valor medio de: $\bar{X} = 6.47$
- El proceso opera con valores dentro del rango de 6.1 a 6.75

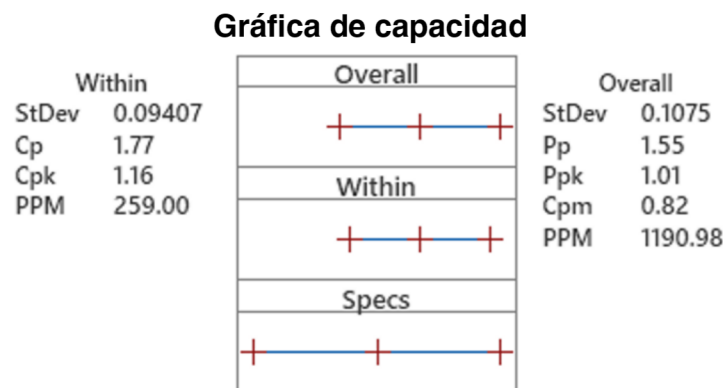
Histograma de capacidad



Gráfica 15. Tendencia de los valores del pH hacia el USL en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)

- ✓ **Gráfica de capacidad:** evalúa la capacidad del proceso a través de los índices de rendimiento. Existe inestabilidad en el proceso en el corto y largo plazo debido a la diferencia entre el C_p y el C_{pk} , P_p y el P_{pk} y el número de rechazos registrado por las PPM en el largo plazo.

- Los valores de los índices de capacidad son:
 $StDev = 0.094$, $C_p = 1.77$, $C_{pk} = 1.16$, $PPM = 259$
- Los valores de los índices de rendimiento son:
 $StDev = 0.107$, $P_p = 1.55$, $P_{pk} = 1.01$, $C_{pm} = 0.82$, $PPM = 1190$



Gráfica 16. Índices de capacidad a corto plazo (C_p , C_{pk}) y a largo plazo (P_p , P_{pk} , C_{pm}) en el año 2018 (Soporte de Minitab, 2019)

Existe una mejora en el proceso con respecto al año 2017, los indicadores de rendimiento del 2018, C_p y C_{pk} aumentaron y ambos valores tienden a ser similares, esto indica que el proceso tiene menor variación debido a que el valor objetivo de ambos debe ser igual o superior a 1.33; el mismo cambio se ha presentado con los indicadores P_p y P_{pk} . La $StDev$ y las PPM disminuyen en corto y largo plazo y el C_{pm} aumenta; lo anterior demuestra que el proceso ha mejorado.

Los indicadores de rendimiento del año 2017 y el 2018 se muestran en la Tabla 4, se puede observar la mejora del proceso con las acciones tomadas de manera empírica con base en el conocimiento y comportamiento adquirido a lo largo de un año, posterior a la puesta en marcha del sistema.

Indicadores	2017	2018
C _p	1.34	1.77
C _{pk}	0.61	1.16
StDev	0.099	0.094
PPM	33091	259
P _p	1.17	1.55
P _{pk}	0.53	1.01
C _{pm}	0.54	0.82
StDev	0.114	0.107
PPM	54568	1190

Tabla 4. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2018

Con los valores de C_p y $C_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.094$ y $PPM = 259$ el comportamiento de los valores del pH muestra una estabilidad en el proceso, sin embargo, están fuera de control debido a que la diferencia entre el C_p y C_{pk} es de 0.61 lo cual indica que los valores se encuentran alejados de la media nominal de las especificaciones de 6.3.

El comportamiento a largo plazo de los valores del pH muestra estabilidad con los indicadores de rendimiento P_p y $P_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.107$ y $PPM = 1190$ pero se encontrará fuera de proceso debido a la diferencia de 0.54 entre el P_p y P_{pk} .

Lo anterior se puede corroborar en la gráfica del comportamiento del valor del pH del agua en el año 2018, los valores se encuentran con una mejor tendencia y estabilidad en comparativa con los del año 2017. Existe una tendencia hacia el límite superior de control y con valores superiores a 6.7. Con los resultados de los índices de capacidad y rendimiento obtenidos se comprueba que en el año 2018 el comportamiento de los valores del pH obtenidos por el laboratorio mejoró en su tendencia, hay mayor estabilidad, pero con variaciones que ocasionaron paros a la línea de producción.

4.3. Tendencias del valor del pH del agua en el año 2019

En el año 2019 se implementan las acciones propuestas que surgieron del análisis de los instrumentos de investigación, se realizan la etapa de experimentación con la instalación de instrumentación de medición y desarrollo del procedimiento de ajuste.

4.3.1. Condiciones del sistema del pH en el año 2019

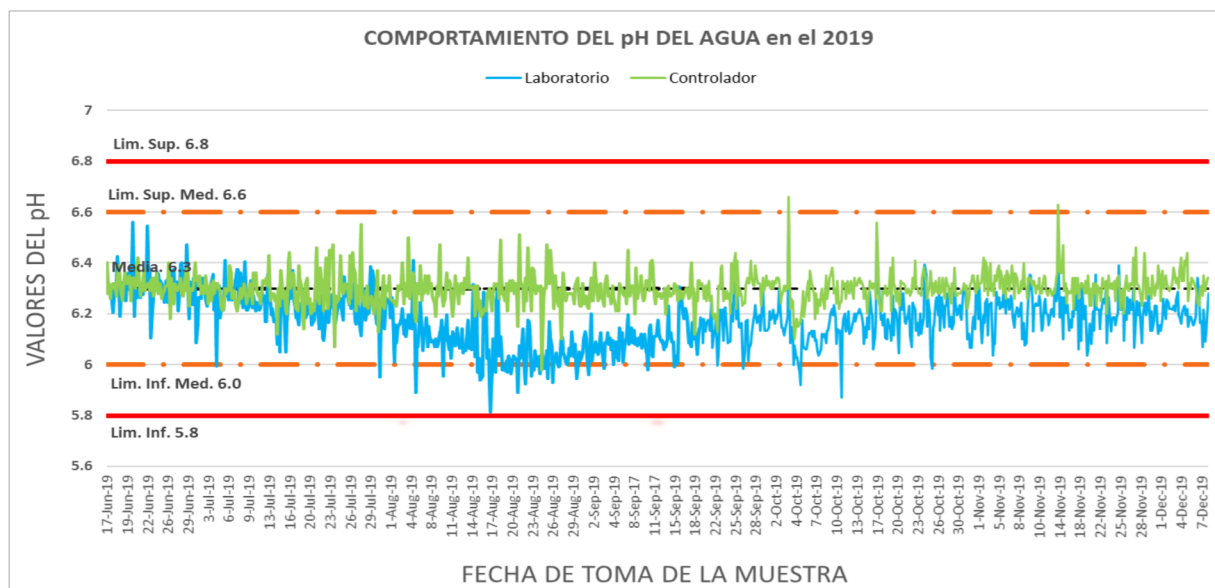
Las variaciones en el año 2019 reducen debido a la implementación de la solución propuesta por los instrumentos de investigación, las acciones realizadas fueron:

1. Se instala instrumentación de medición:
 - a. Medidores de flujo y válvulas graduada con ángulo de apertura en el suministro y drenaje agua.
 - b. Medidor de flujo y bomba dosificadora de ácido con perillas de ajuste graduadas

Esto ayudó a determinar la apertura óptima de las válvulas para conocer y controlar el volumen de agua de entrada y de salida del sistema, así como del del ácido. Con lo anterior fue posible estandarizar el método de ajuste.

2. Desarrollo e implementación del método de ajuste del valor del pH agua.
3. Se realiza el proceso de estandarización. Se capacita al personal técnico de mantenimiento a cargo del sistema del pH con el procedimiento de trabajo.

El número de datos analizados en la Gráfica 17 fue de 533, desde el mes de junio hasta el mes de diciembre del año 2019; la frecuencia con la que se tomaron los datos fue 3 veces al día: mañana, tarde y noche. En el anexo 4 se muestran los registros de donde se obtuvieron los datos.



Gráfica 17. Comportamiento de los valores del pH en el año 2019

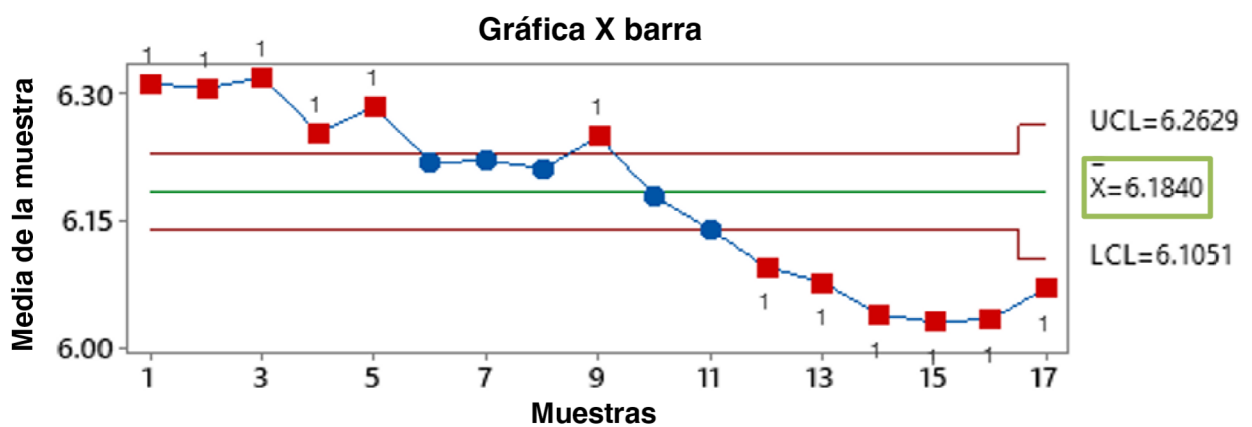
De acuerdo con la tendencia que muestra la Gráfica 17 del control del proceso, el comportamiento del valor del pH se considera dentro de control debido que solo 7% de los valores medidos por el laboratorio se encuentran fuera del rango nominal aceptable (6.0 – 6.6). A un cuando el proceso se encuentra controlado, es necesario mejorar para que todos los valores entren dentro del rango nominal aceptable del proceso.

En el año 2019 los valores obtenidos del pH del agua por el laboratorio se encontraban con tendencia hacia la media central del proceso y hacía el límite inferior de control con un valor promedio de 6.17; se presentaba una variación en la tendencia al iniciar en el valor nominal de 6.3 y disminuir gradualmente hacia un valor promedio de 6.1. La variación de la medición del laboratorio del valor nominal hacia el valor inferior se debió a las pruebas realizadas para determinar el volumen de agua adecuado de suministro y drenaje, así como la dosificación óptima de ácido. Los valores del controlador permanecían constantes al oscilar en el valor nominal y se comportaban de manera uniforme. Se muestra una mejoría en la tendencia de ambos valores en comparativa con la Gráfica 13.

Al realizar el análisis de capacidad de los valores del pH del agua por medio del software de Minitab se obtiene los siguientes resultados:

✓ **Gráfica X barra:** muestra el valor medio del pH: $\bar{X} = 6.18$.

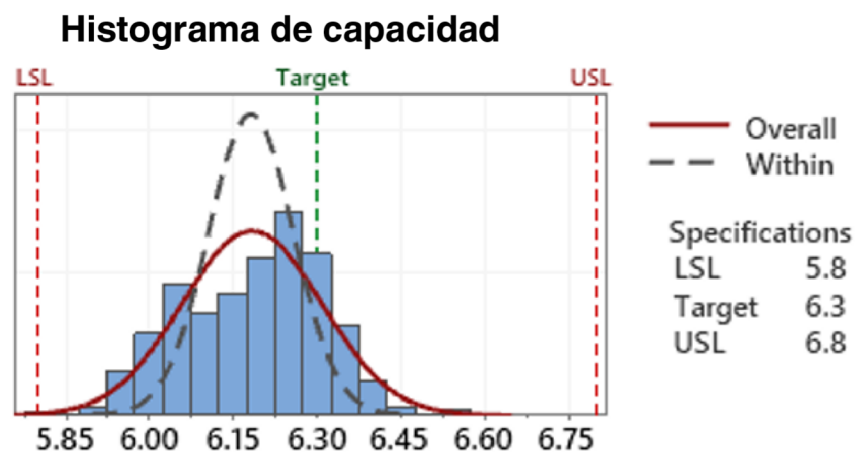
- El valor tiene tendencia al hacia el LIC de 6.2, se minimiza el riesgo de salir de la especificación ya que el valor promedio se encuentra en: $\bar{X} = 6.18$
- Los puntos en color rojo indican los subgrupos de los valores del pH que se encuentran fuera los del rango medio de la muestra tomada.



Gráfica 18. Valor medio del pH del agua ($\bar{X} = 6.18$) en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)

✓ **Histograma:** muestra la tendencia hacia el límite superior de control (LIC).

- La gráfica muestra la descentralización de los valores del pH con respecto al valor objetivo de la especificación: $\bar{X} = 6.3$, los valores se encuentran cargados hacia el LIC con un valor medio de: $\bar{X} = 6.18$
- El proceso opera con valores dentro del rango de 6.0 a 6.45



Gráfica 19. Tendencia de los valores del pH hacia el LIC en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)

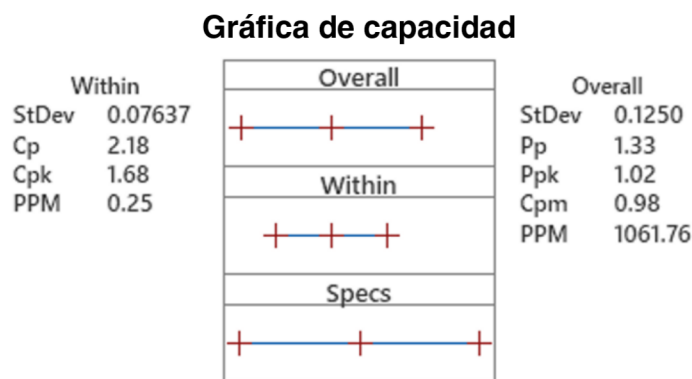
- ✓ **Gráfica de capacidad:** evalúa la capacidad del proceso a través de los índices de rendimiento. Existe estabilidad en el proceso a corto plazo debido a que se reduce la diferencia entre el C_p y el C_{pk} , pero es inestable al largo plazo por la diferencia entre P_p y el P_{pk} , adiciona a que el número de rechazos registrado por las PPM es elevado en el largo plazo.

- Los valores de los índices de capacidad son:

$$StDev = 0.076, C_p = 2.18, C_{pk} = 1.68, PPM = 0.25$$

- Los valores de los índices de rendimiento son:

$$StDev = 0.125, P_p = 1.33, P_{pk} = 1.02, C_{pm} = 0.98, PPM = 106$$



Gráfica 20. Índices de capacidad a corto plazo (C_p , C_{pk}) y a largo plazo (P_p , P_{pk} , C_{pm}) en el año 2019 (Soporte de Minitab, 2019)

El año 2019 muestra una diferencia considerable en el proceso con respecto a los indicadores de rendimiento del año 2017, 2018, esta diferencia la muestra la Tabla 5.

Indicadores	2017	2018	2019
Cp	1.34	1.77	2.18
Cpk	0.61	1.16	1.68
StDev	0.099	0.094	0.076
PPM	33091	259	0.25
Pp	1.17	1.55	1.33
Ppk	0.53	1.01	1.02
Cpm	0.54	0.82	0.98
StDev	0.114	0.107	0.125
PPM	54568	1190	1061

Tabla 5. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2019

Existe una mejora altamente marcada con respecto al año 2017 y 2018, los indicadores de rendimiento del año 2019, C_p y C_{pk} aumentaron y ambos valores han superado el valor objetivo de 1.33. Para los indicadores P_p y P_{pk} no ha existido mejora significativa. La $StDev$ disminuye a corto plazo y aumenta a largo plazo; las PPM disminuyen a corto y largo plazo y el C_{pm} aumenta; Lo anterior indica que el proceso es estable a corto plazo, pero no a largo plazo. Se puede observar la mejoría en el proceso con la instalación de instrumentación: medidores de flujo y válvulas graduadas con ángulo de apertura. Con la instalación de estos instrumentos se realizaron pruebas a distintos valores de apertura de válvulas y dosificación de ácido para determinar el punto con mejor resultado. en el que el sistema permanecerá dentro de los valores nominales; el valor de ajuste del controlador se establece en 6.30.

Con los valores de C_p y $C_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.076$ y $PPM = 0.25$ el comportamiento de los valores del pH muestra una estabilidad en el proceso y dentro de control, sin embargo, aún se puede mejorar debido a que la diferencia entre el C_p y C_{pk} es de 0.5 lo cual indica que los valores se encuentran alejados de la media nominal de las especificaciones de 6.3.

El comportamiento a largo plazo de los valores del pH muestra estabilidad con los indicadores de rendimiento P_p y $P_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.125$ y $PPM = 1061$; el proceso se encontrará controlado debido a la diferencia de 0.3 entre el P_p y P_{pk} .

Lo anterior se puede corroborar en el comportamiento del valor del pH del agua, en la Gráfica 17 del año 2019, los valores se encuentran con una mejor tendencia y estabilidad en comparativa con la Gráfica 9 del año 2017 y la Gráfica 13 del año 2018. Ahora existe una tendencia hacia el límite inferior de control, pero mostrando un proceso estable a través del tiempo. Con los resultados de los índices de capacidad y rendimiento obtenidos se comprueba que en el año 2019 el comportamiento de los valores del pH obtenidos por el laboratorio mejoró en su tendencia, existe estabilidad, pero a un se puede mejorar para centrar los valores con tendencia hacia la media nominal del proceso de 6.3.

4.4. Tendencias del valor del pH del agua en el año 2020

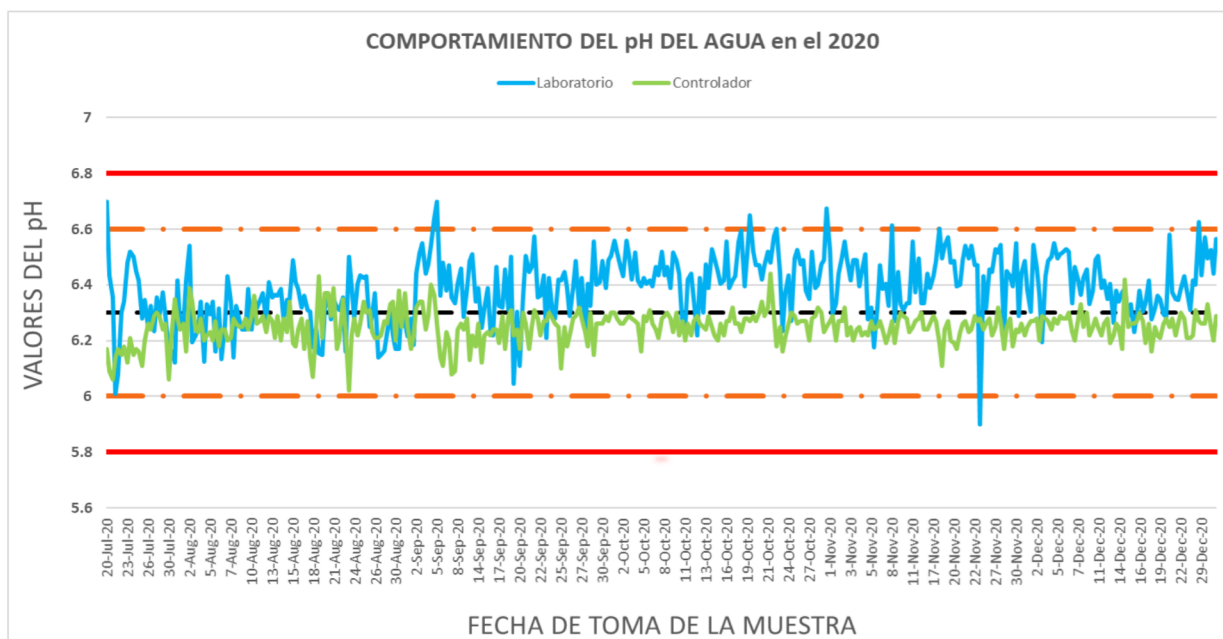
En el año 2020 se implementa el registro de inspección diaria del sistema del pH el cual ayudó para detectar y prevenir variaciones en el valor del pH del agua. Esta acción adicional a las inicialmente propuestas por los instrumentos de evaluación ayudó a mejorar el proceso y a cumplir con el objetivo de mantener el valor del pH del agua en el valor nominal de 6.3.

4.4.1. Condiciones del sistema del pH en el año 2020

La mejora en la variación del valor del pH es debido al seguimiento y continuidad de las acciones implementadas en el año 2019. En el año 2020 se valida que las acciones implementadas son sostenibles a través del tiempo y se implementa:

1. Formato de registro diario del sistema del pH donde se establecen los puntos críticos del procedimiento que pueden ocasionar una variación en el valor del pH del agua.
 - a. Inspección de los puntos críticos del sistema de pH por parte de los técnicos de mantenimiento.
 - b. Se detecta oportunamente si existe una variación en valor del pH del agua y se corrige de acuerdo con el procedimiento implementado

El número de datos analizados en la Gráfica 21 fue de 377, desde el mes de julio hasta el mes de diciembre del año 2020; la frecuencia con la que se tomaron los datos fue 3 veces al día: mañana, tarde y noche. En el anexo 1 se muestran los registros de donde se tomaron los datos.



Gráfica 21. Comportamiento de los valores del pH del agua en el año 2020

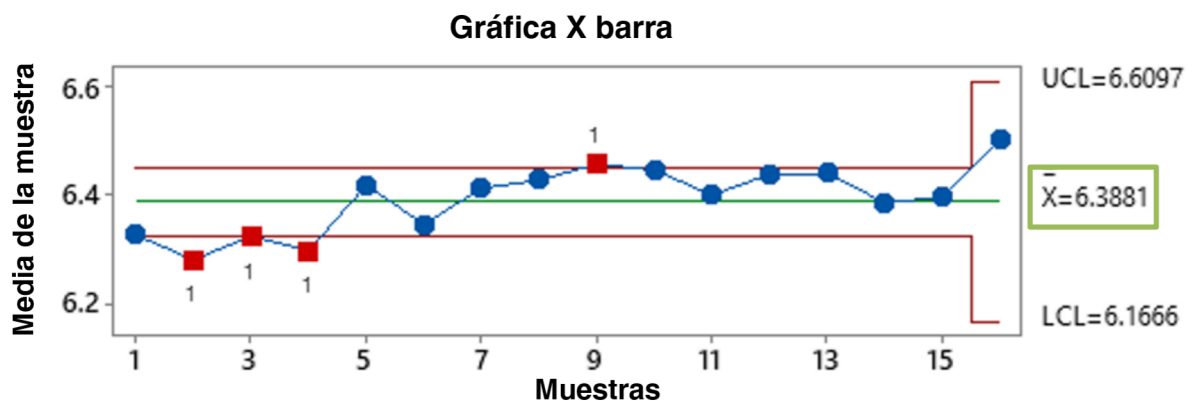
De acuerdo con la tendencia que muestra la Gráfica 21 de control del proceso, el comportamiento del valor del pH se considera controlado ya que solo el 2% de los valores medidos por el laboratorio se encuentran fuera del rango nominal aceptable (6.0 – 6.6).

En el año 2020 los valores obtenidos del pH del agua por el laboratorio se encontraban con tendencia hacia la media central del proceso con un valor promedio de 6.38. Los valores del laboratorio se encuentran dentro del rango nominal aceptable de 6.0 y 6.6. Los valores del controlador permanecen constantes al oscilar en el valor nominal de 6.3 y se comportan de manera uniforme. Se muestra una mejoría en la tendencia de ambos valores en comparativa con la Gráfica 17 en el año 2019.

Al realizar el análisis de capacidad de los valores del pH del agua por medio del software de Minitab se obtiene los siguientes resultados:

✓ **Gráfica X barra:** muestra el valor medio del pH: $\bar{X} = 6.38$.

- El valor tiene tendencia al hacia el valor nominal de 6.3, se minimiza el riesgo de salir de la especificación ya que el valor promedio se encuentra en: $\bar{X} = 6.18$
- Los puntos en color rojo indican los subgrupos de los valores del pH que se encuentran fuera los del rango medio de la muestra tomada.

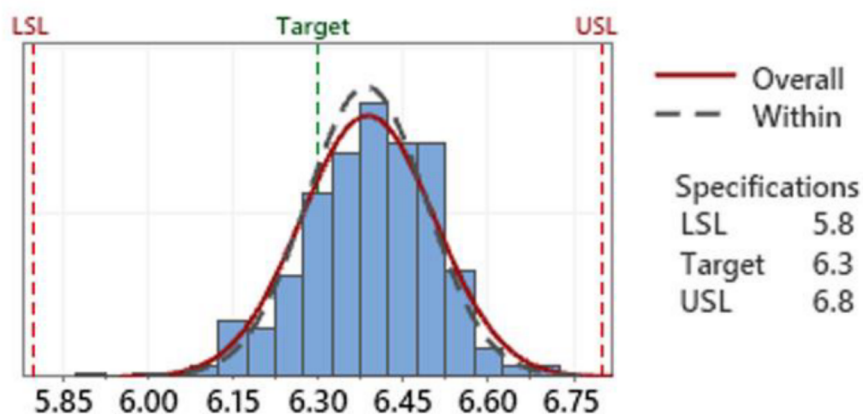


Gráfica 22. Valor medio del pH del agua ($\bar{X} = 6.38$) en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)

✓ **Histograma:** muestra la tendencia hacia el límite superior de control (ULS).

- La gráfica muestra la centralización de los valores del pH con respecto al valor objetivo de la especificación: $\bar{X} = 6.3$, los valores se encuentran cercanos al centro de la especificación un valor promedio de: $\bar{X} = 6.38$
- El proceso opera con valores dentro del rango de 6.0 a 6.6

Histograma de capacidad



Gráfica 23. Tendencia de los valores del pH hacia el valor nominal de especificación en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)

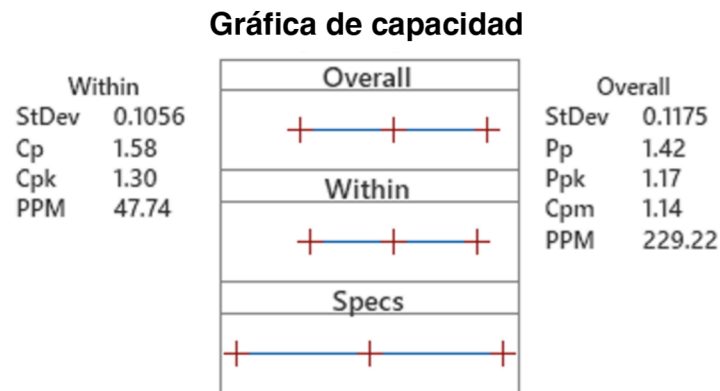
- ✓ **Gráfica de capacidad:** evalúa la capacidad del proceso a través de los índices de rendimiento. Existe estabilidad en el proceso en el largo y corto plazo debido a que la diferencia es mínima entre el C_p y el C_{pk} , P_p y el P_{pk} y el número de rechazos registrado por las PPM es reducido en el corto y largo plazo con respecto a los años 2017, 2018 y 2019.

- Los valores de los índices de capacidad son:

$$StDev = 0.105, C_p = 1.58, C_{pk} = 1.30, PPM = 47.74$$

- Los valores de los índices de rendimiento son:

$$StDev = 0.117, P_p = 1.42, P_{pk} = 1.17, C_{pm} = 1.14, PPM = 229$$



Gráfica 24. Índices de capacidad a corto plazo (C_p , C_{pk}) y a largo plazo (P_p , P_{pk} , C_{pm}) en el año 2020 (Soporte de Minitab, 2019)

Existe diferencia entre los indicadores de rendimiento del año 2017, 2018, 2019 y el año 2020, esta diferencia la muestra la Tabla 6.

Indicadores	2017	2018	2019	2020
Cp	1.34	1.77	2.18	1.58
Cpk	0.61	1.16	1.68	1.30
StDev	0.099	0.094	0.076	0.105
PPM	33091	259	0.25	47.74
Pp	1.17	1.55	1.33	1.42
Ppk	0.53	1.01	1.02	1.17
Cpm	0.54	0.82	0.98	1.14
StDev	0.114	0.107	0.125	0.117
PPM	54568	1190	1061	229

Tabla 6. Indicadores de rendimiento del pH en el año 2020

Para los indicadores de rendimiento a corto plazo C_p y C_{pk} del año 2020 con respecto a los años 2019 y 2018, no existe mejora. Los valores son aceptables ya que el C_p supera al valor objetivo de 1.33 y el C_{pk} es de 1.30 cercano al valor objetivo; con respecto al año 2017 si existe mejora. La $StDev$ aumenta, las PPM a corto plazo aumentan con respecto al 2019 y disminuyen en comparativa con los años 2017 y 2018. Bajo este análisis el desempeño a corto plazo es mejor en el año 2019 y no hay mejora.

Existe una mejora con respecto al año 2017 y 2019 en el indicador de rendimiento a largo plazo del año 2020, el P_p aumentó y superó el valor objetivo de 1.33; no mejoró con respecto al año 2018; el P_{pk} del 2020 superó el valor de los años anteriores, no superó el valor objetivo de 1.33. El valor del P_{pk} esta cercano al del P_p , la diferencia es de 0.25 unidades. El C_{pm} aumentó gradualmente hasta el año 2020 con un valor máximo de 1.17. La $StDev$ disminuye con respecto al 2020 y aumenta en con respecto al 2017 y 2018, las PPM disminuyen drásticamente con respecto a los años anteriores a un valor mínimo de 229. Lo anterior indica que el proceso es estable a largo plazo y mejor en comparación con los años anteriores.

En conclusión, el proceso ha mejorado gradualmente, el proceso en el año 2020 es estable a corto plazo y aumenta su confiabilidad a largo plazo. Es mejor que los años anteriores por que los valores de rendimiento P_{pk} , P_{pk} y C_{pm} son más altos y las PPM más bajas.

Se puede observar la mejoría en el proceso al realizar la instalación de la instrumentación de medición (flujómetros y válvulas graduadas) y la estandarización del método de ajuste del pH del agua. Con la estandarización del ajuste se determinó el valor de dosificación de agua el cual es igual a 24.5 L/min, drenado de agua igual a 2.5 l/min y dosificación de ácido en 12 ml/min; el valor de ajuste del controlador se establece en 6.30.

Con los valores de C_p y $C_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.105$ y $PPM = 47$, el comportamiento de los valores del pH muestra estabilidad en el proceso y dentro de control ya que la diferencia entre el C_p y C_{pk} es de 0.28 lo cual indica que los valores se encuentran cercanos a la media nominal de la especificación de 6.3.

El comportamiento a largo plazo de los valores del pH muestra estabilidad con los indicadores de rendimiento P_p y $P_{pk} > 1.0$, $StDev = 0.117$ y $PPM = 229$, el proceso se encontrará controlado debido a la diferencia de 0.25 entre el P_p y P_{pk} .

Lo anterior se puede corroborar en el comportamiento del valor del pH del agua con la Gráfica 21 del año 2020, los valores se encuentran con una mejor tendencia y estabilidad en comparativa con los del año 2017, 2018 y 2019. La tendencia es hacia la media central del proceso y mostrando un proceso estable a través del tiempo. Con los resultados de los índices de capacidad y rendimiento obtenidos se comprueba que en el año 2020 el comportamiento de los valores del pH obtenidos por el laboratorio mejoró en su tendencia, existe estabilidad, los valores se encuentran con tendencia la media nominal del proceso de 6.3.

El número de eventos registradas por año y el tiempo acumulado de falla desde el año 2017 al 2020 para la estabilización del pH se representan en la Tabla 7. El número de fallas y el tiempo ha reducido de 14 horas hasta 1 hora para la estabilización del pH del agua.

Número de fallas por variación del pH				
	2017	2018	2019	2020
Número de fallas	4	2	1	1
Horas de la falla	14	2	1.8	1.00

Tabla 7. Número de fallas y tiempo muerto desde al año 2017 al 2020

4.5. Discusión de los resultados

Con el desarrollo de la herramienta de solución de problemas DMAIC se logró identificar y detectar el problema de la variación del valor del pH del agua. El problema radicaba en que no se conocía la cantidad de agua que debía ingresar, la que debía salir y el ácido que se debía inyectar al sistema para evitar que los valores del pH del agua estuvieran fuera de tolerancia. El volumen de agua y ácido queda especificado en el procedimiento de ajuste del pH del agua; la Tabla 8 muestra los valores del agua y ácido.

Volúmen de agua y ácido del sistema de pH			
Volúmen	L/min	L/min	mL/min
Agua de entrada	24.5		
Agua de salida		1.9 a 2.2	
Ácido			9 a 11

Tabla 8. Volumen de agua y ácido especificados

Al conocer e identificar las causas que ocasionaban la variación se realizaron las acciones derivadas del análisis para validar la hipótesis planteada. Las acciones que se implementaron fue la instalación de instrumentación de medición como: medidores de flujo y válvulas de paso con indicador que muestran visualmente los grados de apertura de estas y se estandariza el método de ajuste manual del pH del agua del proceso de extrusión al conocer la dosificación de agua - ácido al sistema y la cantidad de drenado de agua.

El conocer el volumen de agua que entra y sale del sistema, así como el volumen de ácido que se inyecta permitió encontrar los valores adecuados de dosificación de agua – ácido, y el volumen del drenado de agua; con esto, los valores de medición del laboratorio del pH del agua se logran mantener en el rango nominal aceptable de 6.0 a 6.6 al permanecer el valor de ajuste del controlador del pH en el valor nominal de 6.3.

Utilizando el control estadístico de proceso por medio del software minitab y mediante gráficos de control, se realizó una comparación del comportamiento de los valores del pH del agua medidos por el laboratorio desde el año 2017 hasta el año 2020; con esta comparativa se logró demostrar la eficiencia de las acciones determinadas en el paso 4, “mejorar”, de la metodología DMAIC.

4.6. Trabajo futuro

Con los resultados obtenidos del estudio se lograron detectar áreas de mejora en el sistema para estudios posteriores y con esto asegurar un proceso totalmente confiable, se propone:

1. La automatización total del sistema del pH como un poka-yoke (A prueba de errores), es decir, se elimina la operación manual y se retira el elemento humano como modo de falla.
2. Instalación de telemetría la cual consiste en realizar una medición vía remota del valor del pH del agua y posteriormente enviar mensajes al celular, esto para detectar variaciones del valor del pH fuera de la especificación nominal permitida de los valores programados en el controlador (6.0 – 6.6).

Lo anterior permitirá asegurar que los valores del pH del controlador permanecerán dentro del rango nominal y si un valor sale de especificación de seguridad (6.0 - 6.6), se tomen las acciones correspondientes para evitar que salga de la especificación permitida (5.8 – 6.8) y evitar un paro potencial en el proceso de extrusión. Esto asegurará que los valores del pH emitidos por el laboratorio también se encuentran dentro de la especificación aun y cuando existen discrepancias con los valores de línea y los de laboratorio; esto es comprobado con el estudio de control estadístico del año 2020 mostrado en la sección de resultados. Actualmente el proceso de automatización del sistema se encuentra en un 70% de avance, mientras que la telemetría ya ha sido implementada y se encuentra en operación.

4.7. Recomendaciones

Para que los resultados continúen siendo sostenibles a través del tiempo y evitar paros potenciales en las líneas de producción es necesario establecer:

1. Auditorías de proceso para validar que lo establecido en el procedimiento de ajuste y en el formato de inspección diaria se esté realizando conforme a lo estipulado.
2. Entrenamiento continuo a los técnicos de mantenimiento para asegurar que conocen el procedimiento de ajuste.
3. Examen de conocimiento a los técnicos de mantenimiento para conocer y determinar si cuentan con las habilidades requeridas para:
 - a. Realizar el ajuste del valor del pH del agua en caso de existir alguna variación.
 - b. Realizar la tarea de inspección de las condiciones del sistema del pH de acuerdo con el formato de registro diario.
4. En caso de encontrar áreas de oportunidad en el examen de conocimientos realizar capacitación correspondiente.

Lo puntos expuestos asegurarán que lo implementado en este trabajo podrán permanecer en el tiempo y así se evitarán tiempos muertos ocasionados por las variaciones del pH del agua.

4.8. Conclusiones

En el año 2017 la empresa inicio la producción de los componentes de la banda de rodadura y de la pared lateral a través de proceso de extrusión, dentro del proceso se encuentra la etapa de enfriamiento de los materiales por medio de agua a una temperatura de entre 8 a 12 °C y con un grado de acidez (pH) específico que debe estar entre los 5.8 y 6.8. En ese año existía una variación de la acidez del agua que excedía los valores de especificación, por debajo de 5.8 o arriba de 6.8; el proceso de producción se veía afectado ya que debía ser detenido hasta realizar la estabilización del pH del agua, el total de hora de paro en este año tuvo un registro de 14 horas.

Al conocer el funcionamiento del sistema y las variables que afectan el pH del agua en el año 2018 se tomaron acciones de contención que ayudaron a reducir el tiempo de afectación de producción de 14 horas a 2 horas. En el año 2019 con la herramienta de solución de problemas DMAIC se determinan y establece la causa raíz del problema, se toman las acciones de contramedidas establecidas al realizar el análisis, el tiempo de afectación de producción reduce de 2 horas a 1.8. En el 2020 se terminan las acciones, al realizar la instalación de instrumentación de para la medición del volumen de entrada y de salida de agua, así como el de inyección de ácido; al conocer los volúmenes de ácido y agua se establece un procedimiento para estandarizar el método de ajuste del pH del agua. Esto permitió reducir el tiempo de afectación de 1.8 hora en el año 2019 a 1 hora en el 2020.

Con la reducción de los tiempos de afectación de 14 horas en el año 2017 a 1 hora en el 2020, la compañía obtiene ganancias económicas; si el costo estimado por hora de paro en la línea producción es de \$30,000 USD, la ganancia promedio por año del año 2018 hasta el 2020 ha sido de \$ 372,000 USD, tomando en consideración que el promedio de reducción del tiempo de paro ha sido 12.4 horas desde el 2018 al 2020.

El objetivo en la compañía es reducir a 0 minutos el tiempo de afectación a la producción de la banda de rodadura y de la pared lateral por desestabilización en el valor del pH del agua. El presente trabajo deja establecidas las mejoras que se deben implementar para llegar a este objetivo, en este caso, la contramedida para cumplirlo es la automatización del sistema de pH con la que eliminará el factor humano como modo de falla y así se garantizará la confiabilidad del sistema de pH asegurando que el valor de del pH del agua estará dentro de la especificación de 5.8 a 6.8.

Dentro de la compañía, este trabajo es catalogado como una buena práctica; toda buena práctica es cargada a la base de datos global para que todas las compañías a nivel mundial tengan acceso y si cuentan con el mismo problema se puedan implementar acciones similares. Adicional queda registrado y documentado para futuras instalaciones, si otro sistema igual o similar es proyectado e instalado en una nueva planta, las mejoras implementadas al sistema serán incluidas dentro del proyecto y se evitaban los problemas que se presentaron en este sistema.

Para los procesos productivos es de vital importancia el mantener un proceso eficiente y confiable que permita asegurar la calidad del producto, para esto, es necesario asegurar que todos los sistemas dentro del proceso funcionen adecuadamente y que se tenga la certeza que son confiables; lo anterior se obtiene con la implementación de estándares de trabajo y controles de medición que permitan asegurar la eficiencia de cada sistema, tal como se ha desarrollado en este trabajo. Lo anterior me permite expresar la siguiente frase de William Thomson, Lord Kelvin:

“Lo que no se mide no se controla y lo que no se controla no se puede mejorar. Lo que no se mejora se degrada siempre”.

Por lo tanto, se concluye que el trabajo realizado en la presente tesis ha logrado reducir los tiempos muertos derivados de variaciones del valor del pH del agua, las acciones tomadas derivadas del análisis DMAIC han sido efectivas cumpliendo con los objetivos establecidos. Lo anterior permite tener un sistema de pH confiable y ayudando a la empresa donde se desarrolló el proyecto a reducir paros de línea, reducción de desperdicio, aumento en la eficiencia de producción y ahorros monetarios.

Con lo expuesto, el trabajo de esta tesis se da por terminado y con lo demostrado en la sección 4, etapa de resultados; se determina como exitoso.

Bibliografía

Alibaba.com. (1999). Obtenido de Alibaba: <https://spanish.alibaba.com/product-gs/otr-kamaz-tires-26-5r25-china-manufacturer-1560468783.html>

Ammeral Beltech. (2020). *Ammeraal Beltech*. Obtenido de Ammeraal Beltech: <https://www.ammeraalbeltech.com/es-es/industrias/neumatico/fabricacion-de-neumaticos/banda-de-rodadura-y-extrusion-lateral/>

Blaine R. Hanson, S. R. (2006). *Agricultural Salinity and Drainage*. California: 3375.

Castro, I. G. (Diciembre de 2008). *Materiales y Compuestos*. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Frederick J. Kohlmann. (2003). What is pH and how is it measured? En F. J. Kohlmann, *What is pH and how is it measured?* (págs. 1-4).

Hach Company. (01 de 2018). *What is pH? DOC182.53.90628*.

HANNA instruments. (01 de 01 de 2004). Obtenido de Conductividad y solidos disueltos: <https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos>

Nin, I. I. (1999). Proceso de fabricación de las llantas de caucho. *Revistas UNMSM*, 2.

Norma Mexicana: NMX-AA-027-SCFI-2006. (06 de 12 de 2012). Residuos líquidos - Determinación de pH -Método de prueba. México, D.F., México.

Romero, A. C. (2014). Metodología Integral Innovadora para planes y tesis. En A. C. Romero, *Alejandro Caballero Romero* (págs. 40-42). México, DF: Cengage Learning Editores.

Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci.* 118 012019, (pág. 6).

Soporte de Minitab. (2019). Obtenido de Estadísticos de capacidad para Análisis de capacidad Seis en uno de subgrupos/corto plazo: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/between-within-capability-sixpack/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/capability-statistics/>

The Goodyear Tire & Rubber Company. (1996-2009). *Goodyear México*. Obtenido de Todo sobrellantas: https://www.goodyear.com.mx/tire_know/making_a_tire/

Anexos

1. Formato de registro diario del sistema de pH en 2020

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

VER NOTA 1				VER NOTA 2		VER NOTA 3		VER NOTA 4		VER NOTA 5		VER NOTA 6		VER NOTA 7		VER NOTA 8								
Fecha	Valor de PH (Max: 6.8 - Min: 5.8)			Val. de Cond. (Max: 580 µS)		% Bomba (30 - 50)		Acido Consum. (Max: 45 L)		Nivel de agua (Min: 5.5 ft)		Presión de bomba (9 - 12) psi (5 - 6) psi		Temperatura del agua (Min: 16 - Max: 25) °C		Val. de sum. agua a 15°		Val. de dren. agua a 15°		Hora de inspección		Realizó Inspección		
DD/MM/AA	Sensor	Laboratorio		Sensor				Volumen (ml)	Altura (ft)	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW						Inicio de turno			
20/01/20	6.17	6.71	6.61	561.821	46			19156	6.3	10.1	6.6	22	21	22	21					17:00	J.C.T.C			
20/01/20	6.09	6.41	6.46	561.905	44			19715	5ft 10in	10.1	6.6	21.3	20.3	21.3	20.3					20	23:00	O.A.C		
21/01/20	6.06	6.29	6.96	562.932	✓			20232	6ft 2in	10.1	6.5	22.9	22.6	22.9	22.6					07:28Am	RRC			
21/01/20	6.14	6.01	6.01	563.555	44			21079	6ft	10.1	6.5	23.1	22.3	23.1	22.3					20	17:00	J.C.T.C		
21/01/20	6.17	6.20	6.08	566.664	44			21669	6ft 8in	10.1	6.6	20.8	19.9	20.8	19.9					20	23:00	O.A.C		
22/01/20	6.15	6.30	6.30	566.253	✓			22124	6ft 3in	10.1	6.6	20	19.3	20	19.3					22:00	RRC			
22/01/20	6.18	6.32	6.34	568.885	44			22752	6.2ft	10.1	6.5	22.7	21.9	22.7	21.9					20	17:00	J.C.T.C		
23/01/20	6.32	6.36	6.48	576.287	✓			23503	6.5ft	10.1	6.5	23	22	23	22					10:21	RRC			
23/01/20	6.21	6.50	6.52	553.374	44			25107	6	10.4	6.5	22.6	21.8	22.6	21.8					18:30	J.C.T.C			
23/01/20	6.15	6.46	6.30	552.726	44			25400	6.9in	10.4	6.6	19.2	19.0	19.2	19.0					23:30	J.C.T.C			
23/01/20	6.17	6.42	6.47	576.949	✓			25558	7ft	9.7	6.6	24.2	23.2	24.2	23.2					23:36	RRC			
24/01/20	6.09	6.40	6.40	581.708	44			25614	6ft 8in	9.4	6.5	22.9	21.5	22.9	21.5					20	15:00	O.A.C		
25/01/20	6.11	6.53	6.3	591.110	44			25722	6ft 5in	9.9	6.5	18.5	17.9	18.5	17.9					12:30	J.C.T.C			
25/01/20	6.11	6.28	6.28	562.688	✓			28162	6ft 3"	10.2	6.6	22.3	20.6	22.3	20.6					23:45	RRC			
25/01/20	6.20	6.34	6.35	561.548	44			28380	6ft 6"	10.3	6.8	23.1	22.4	23.1	22.4					17:30	O.A.C			
26/01/20	6.25	6.30	6.30	563.110	44			29890	6ft 1"	10.1	6.8	23.0	22.2	23.0	22.2					2:00	J.C.T.C			
26/01/20	6.26	6.32	6.17	553.817	44			30660	6ft	10.3	6.7	18.2	17.6	18.2	17.6					11:00	J.C.T.C			
26/01/20	6.24	6.43	6.22	555.780	44			31579	6ft 9in	10.4	6.9	19.7	18.9	19.7	18.9					18:00	O.A.C			

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

		VER NOTA 1	VER NOTA 2	VER NOTA 3	VER NOTA 4	VER NOTA 5	VER NOTA 6	VER NOTA 7	VER NOTA 8				
Fecha		Valor de PH (Max: 6.8 - Min: 5.8)	Val. de Cond. (Max: 580 µS)	% Bomba (30 - 50)	Acido Consum. (Max: 45 L)	Nivel de agua (Min: 5.5 ft)	Presión de bomba (9 - 12) psi (5 - 6) psi	Temperatura del agua (Min: 16 - Max: 25) °C	Val. de sum. agua a 15°	Val. de dren. agua a 15°	Hora de inspección	Realizó Inspección	
DD/MM/AA	Sensor Laboratorio TREAD SW	Sensor			Volumen (ml)	Altura (ft)	TREAD SW	TREAD SW			Inicio de turno		
27/01/20	6.29	6.19	6.28	556.240	44	36000	6ft 9in	10.3	6.8	21.6	20.9	2:10	J.A.G.R
27/01/20	6.31	6.40	6.40	559.304	44	32756	6ft 8in	10.3	6.7	22.4	21.5	15:00	O.A.C
28/01/20	6.30	6.46	6.25	553.210	44	38890	6ft 9in	10.2	6.8	21.8	21.2	00:53	J.A.G.R
28/01/20	6.29	6.39	6.29	509.799	44	38841	6ft	10.7	6.9	20.1	19.3	0:15:00	O.A.C
29/01/20	6.24	6.30	6.36	540.051	✓	39079ml	6ft 7"	10.6	6.8	23.2	22.2	02:40Am	RRC
29/01/20	6.26	6.50	6.20	546.570	44	39179	6ft 6in	10.6	6.7	19.3	19.1	8:00	J.C.T.C
29/01/20	6.23	6.40	6.40	551.445	44	39608	6ft 5in	10.6	6.8	22.0	21.1	15:30	O.A.C
30/01/20	6.06	6.20	6.23	554.807	✓	40458	6ft	10.6	6.7	19	18.3	06:00	RRC
30/01/20	6.22	6.15	6.15	554.148	44	40641	6ft	10.6	6.7	18.8	18	18:30	J.C.T.C
30/01/20	6.25	6.12	6.12	554.204	44	41184	6ft	10.6	6.8	19.3	18.5	12:30	J.A.G.R
31/01/20	6.28	6.43	6.40	559.400	✓	42879ml	6ft 5"	10.7	6.6	20	19.2	07:20Am	RRC
31/01/20	6.24	6.26	6.26	561.200	44	42124ml	6ft	10.6	6.6	22.2	21.3	18:00	J.C.T.C
31/01/20	6.26	6.20	6.27	562.110	44	0	6ft 3in	10.5	6.7	20.8	20.2	17:00	J.A.G.R
1/02/20	6.26	6.42	6.42	566.023	✓	0	6ft 7"	10.6	6.8	21.6	20.7	22:17	RRC
02/02/20	6.26	6.42	6.42	570.939	44	415ml	6ft 5"	10.6	6.8	19.2	18.4	07:00	O.A.C
01/02/20	6.29	6.54	6.54	573.140	44	1282ml	6ft 3"	10.6	6.7	19.1	19.1	15:00	J.A.G.R
02/02/20	6.27	6.42	6.42	580.884	✓	2063ml	6ft 2"	10.6	6.8	22.8	22.0	05:56Am	RRC
02/02/20	6.34	6.40	6.23	580.391	44	2057ml	5ft 1in	10.6	6.7	20.3	19.5	07:30	O.A.C

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

VER NOTA 1			VER NOTA 2		VER NOTA 3		VER NOTA 4		VER NOTA 5		VER NOTA 6		VER NOTA 7		VER NOTA 8				Realizó Inspección
Fecha	Valor de PH (Max: 6.8 - Min: 5.8)		Val. de Cond. (Max: 500 µS)		% Bomba (30 - 50)	Ácido Consum. (Max: 45 L)	Nivel de agua (Min: 5.5 ft)	Presión de bomba (9 - 12) psi		Temperatura del agua (Min: 16 - Max: 25) °C		Val. de sum. agua a 15°		Val. de dren. agua a 15°		Hora de Inspección			
DD/MM/AA	Sensor	Laboratorio	Sensor			Volúmen (ml)	Altura (ft)	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW			Inicio de turno			
22/08/20	6.14	6.35	6.22	570.361	✓	4351.92	5ft 4"	10.6	6.8	4.2	70.2	✓	✓	✓	✓	19:30	J.A.G.R.		
23/08/20	6.23	6.26	6.22	564.228	✓	5730.92	6ft 7"	10.7	6.8	20.2	19.9	✓	✓	✓	✓	04:24 Am	R.R.C.		
31/08/20	6.28	6.32	6.35	570.197	✓	5560.66	6ft	10.6	6.8	20.3	19.5	✓	✓	✓	✓	03:30	O.A.C.		
04/09/20	6.20	6.15	6.10	579.283	✓	7201	6ft	10.7	7.2	20.5	19.6	✓	✓	✓	✓	04:00	J.C.T.C.		
04/09/20	6.20			581.220	✓	7851	6ft	10.7	7.2	19.3	18.6	✓	✓	✓	✓	12:00	J.A.G.R.		
04/09/20	6.23	6.26	6.30	577.997	✓	8218	6ft	10.7	7.2	21.8	21.0	✓	✓	✓	✓	15:00	O.A.C.		
05/09/20	6.23	6.17	6.12	583.400	✓	9177	6ft	10.7	7.3	20.8	20.1	✓	✓	✓	✓	14:00	J.C.T.C.		
05/09/20	6.27	6.18	6.09	582.382	✓	9486	6ft 3"	10.6	7.2	19.8	19.1	✓	✓	✓	✓	07:00	O.A.C.		
05/09/20	6.20	6.18	6.32	582.544	✓	10044	6ft 6"	10.6	7.3	22.8	21.8	✓	✓	✓	✓	05:26	R.R.C.		
06/09/20	6.21	6.11	6.27	588.754	✓	11207	6ft	10.7	7.3	21.4	20.5	✓	✓	✓	✓	14:00	J.C.T.C.		
06/09/20	6.18	6.35	6.28	586.688	✓	11386	6ft	10.6	7.3	20.2	19.4	✓	✓	✓	✓	07:00	O.A.C.		
06/09/20	6.24	6.16	6.11	591.369	✓	12568	6ft 2"	10.7	7.8	20.4	19.9	✓	✓	✓	✓	08:32 Pm	R.R.C.		
07/09/20	6.24	6.28	6.13	593.858	✓	13484	6ft	10.7	7.8	18.4	18.2	✓	✓	✓	✓	03:00	J.C.T.C.		
07/09/20	6.20	6.44	6.42	585.200	✓	14644	6ft	10.7	7.7	20.1	19.7	✓	✓	✓	✓	11:00	J.A.G.R.		
07/09/20	6.21	6.24	6.24	584.915	✓	15469	6ft 5"	10.7	7.8	22.6	21.9	✓	✓	✓	✓	20:40	R.R.C.		
08/09/20	6.26	6.28	6.10	588.721	✓	16741	6ft	10.7	7.6	24.2	23	✓	✓	✓	✓				
09/09/20	6.23			581.213	✓	17521	6ft	10.7	7.8	24.2	21.9	✓	✓	✓	✓	13:40	J.A.G.R.		
09/09/20	6.26	6.33	6.32	581.643	✓	18268	6ft 5"	10.7	7.8	21.6	20.6	✓	✓	✓	✓	21:53	R.R.C.		

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

VER NOTA 1			VER NOTA 2		VER NOTA 3		VER NOTA 4		VER NOTA 5		VER NOTA 6		VER NOTA 7		VER NOTA 8		Hora de Inspección	Realizó Inspección
Fecha	Valor de PH (Máx: 6.8 - Mín: 5.8)		Val. de Cond. (Máx: 500 µS)		% Bomba (30 - 50)		Ácido Consum. (Máx: 45 L)		Nivel de agua (Mín: 5.5 ft)		Presión de bomba (9 - 12) psi / (5 - 6) psi		Temperatura del agua (Mín: 16 - Máx: 25) °C		Val. de sum. agua a 15° / Val. de dren. agua a 15°			
DD/MM/AA	Sensor	Laboratorio	Sensor				Volúmen (ml)	Altura (ft)	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW				
04/09/20	6.25	6.16	6.28	587.674	✓		8937	6 ft	10.6	7.6	20.4	20	✓	✓	04:00	J.C.T.C.		
09/09/20	6.25	6.24	6.24	590.200	✓		9912.87	6 ft	10.2	14.4	18.5	✓	✓	✓	14:38	J.A.G.R.		
09/09/20	6.28	6.24	6.24	595.811	✓		20059 ml	6 ft	10.2	28	18.4	18.3	✓	✓	✓	22:00	R.R.C.	
09/09/20	6.24	6.18	6.18	586.501	✓		20562	6 ft	10.8	23.9	20	19.1	✓	✓	✓	00:30	O.A.C.	
10/09/20	6.24	6.31	6.40	585.200	✓		20981	6 ft 3 in	10.1	28.0	20.3	18.9	✓	✓	✓	08:12	J.A.G.R.	
10/09/20	6.24	6.24	6.24	591.272	✓		22250 ml	6 ft 7 in	10.6	4.1	19.3	18.1	✓	✓	✓	22:00	R.R.C.	
10/09/20	6.36	6.39	6.31	588.012	✓		22219	6 ft	10.6	4.5	19.7	17.5	✓	✓	✓	00:00	O.A.C.	
11/09/20	6.26	6.31	6.31	592.540	✓		23244	7 ft	10.6	4.0	21.3	19.7	✓	✓	✓	13:50	J.A.G.R.	
11/09/20	6.28	6.32	6.32	593.043	✓		23907	6 ft	10.3	4.8	21.7	20.3	✓	✓	✓	20:00	J.C.T.C.	
11/09/20	6.29	6.41	6.33	595.440	✓		24008	6 ft	10.3	4.8	21	19.7	✓	✓	✓	23:30	O.A.C.	
12/09/20	6.31			606.945	✓		24900	6 ft	10.2	4.8	21.6	20.8	✓	✓	✓	9:30	J.A.G.R.	
12/09/20	6.21	6.25	6.24	594.000	✓		26105	6 ft 6 in	10.3	4.8	22.4	21.3	✓	✓	✓	20:00	J.C.T.C.	
12/09/20	6.24	6.43	6.34	596.238	✓		26347	6 ft 5 in	10.3	4.8	23	21.4	✓	✓	✓	01:00	O.A.C.	
13/09/20	6.27	6.36	6.35	603.435	✓		27249 ml	6 ft	10.4	4.6	20.9	18.4	✓	✓	✓	13:50	R.R.C.	
13/09/20	6.21	6.31	6.36	604.416	✓		27741 ml	6 ft 3 in	10.4	4.5	23.1	21.6	✓	✓	✓	20:00	J.C.T.C.	
13/09/20	6.29	6.48	6.24	610.572	✓		28350	6 ft	10.4	4.5	20.4	19.2	✓	✓	✓	00:30	O.A.C.	
14/09/20	6.26	6.42	6.35	613.057	✓		29007 ml	6 ft 9"	10.5	4.0	20.7	17.7	✓	✓	✓	14:26	R.R.C.	
14/09/20	6.28	6.30	6.30	616.341	✓		29475 ml	6 ft 5"	10.4	4.0	23.6	21.4	✓	✓	✓	20:00	J.C.T.C.	

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

VER NOTA 1				VER NOTA 2		VER NOTA 3		VER NOTA 4		VER NOTA 5		VER NOTA 6		VER NOTA 7		VER NOTA 8		Hora de Inspección	Realizó Inspección
Fecha	Valor de PH (Max: 6.8 - Min: 5.8)		Val. de Cond. (Max: 580 µS)		% Bomba (30 - 50)		Acido Consum. (Max: 45 L)		Nivel de agua (Min: 5.5 ft)		Presión de bomba (0 - 12) psi (5 - 6) psi		Temperatura del agua (Min: 16 - Max: 25) °C		Val. de sum. agua a 15"		Val. de dren. agua a 15"		
DD/MM/AA	Sensor	Laboratorio	Sensor				Volúmen (ml)	Altura (ft)	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW	Val. de sum. agua a 15"	Val. de dren. agua a 15"	inicio de turno
14/08/20	6.23	6.34 6.35	6.21.921	✓	✓	✓	30.115	6 ft	20.4	4	21.8	20.4	✓	✓	✓	✓	40°	00:30	OAC
15/08/20	6.39	6.37 6.36	6.23.689	✓	✓	✓	30.646	6 ft 1"	20.4	4	19.8	18.7	✓	✓	✓	✓	40°	09:00	J.C.T.C.
15/08/20	6.19	6.36 6.62	6.26.999	✓	✓	✓	31.228	6 ft 2"	20.3	4	22.7	21.9	✓	✓	✓	✓	40°	22:45	RRC
16/08/20	6.18	6.45 6.37	6.27.508	✓	✓	✓	31.269	6 ft	20.1	4	22.6	20.4	✓	✓	✓	✓	40°	00:30	J.A.C.C.
16/08/20	6.29	6.46 6.37	6.27.802	✓	✓	✓	31.099	6 ft 4"	20.9	4	20	28.9	✓	✓	✓	✓	40°	09:00	RRC
16/08/20	6.25	6.49 6.20	6.22.014	✓	✓	✓	30.41	6 ft 6"	20.4	4.8	24.1	22.4	✓	✓	✓	✓	40°	20:00	J.C.T.C.
16/08/20	6.17	6.43 6.19	6.21.800	✓	✓	✓	34.602	6 ft 5"	20.5	4.8	24.1	20.1	✓	✓	✓	✓	40°	28:30	J.A.C.C.
17/08/20	6.27	6.32 6.30	6.21.328	✓	✓	✓	35.332	6 ft	20.9	5.5	21.4	20.5	✓	✓	✓	✓	40°	24:20	RRC
17/08/20	6.25		6.21.171	✓	✓	✓	35.405	5 ft 9"	20.4	5.6	21.2	20.3	✓	✓	✓	✓	40°	15:30	OAC
18/08/20	6.34	6.31 6.30	6.26.716	✓	✓	✓	36.521	5 ft 9"	20.4	5.9	21.8	18.8	✓	✓	✓	✓	40°	00:30	J.A.C.C.
18/08/20	6.26		6.27.700	✓	✓	✓	37.332	6 ft 4"	20.9	6.2	22	22.8	✓	✓	✓	✓	40°	24:30	RRC
18/08/20	6.07	6.20 6.15	6.26.591	✓	✓	✓	38.12	6 ft 5"	20.4	6.3	19.3	18.3	✓	✓	✓	✓	40°	15:30	OAC
17/08/20	6.25	6.21 6.22	6.26.776	✓	✓	✓	38.515	6 ft	20.4	6.2	19.8	18.8	✓	✓	✓	✓	40°	3:00	J.A.C.C.
19/08/20	6.43	6.17 6.4	6.25.834	✓	✓	✓	38.884	6 ft 5"	20.4	6.2	23.7	22.4	✓	✓	✓	✓	40°	08:00	J.C.T.C.
19/08/20	6.21	6.2 6.18	6.40.898	✓	✓	✓	39.208	6 ft 10"	2.1	1.1	18.8	18.1	✓	✓	✓	✓	0°	17:30	OAC
20/08/20	6.23		6.39.908	✓	✓	✓	39.208	5 ft	8.8	0.8	21.6	19.2	✓	✓	✓	✓	0°	2:00	J.A.C.C.
20/08/20	6.37	6.32 6.32	6.39.700	✓	✓	✓	40.177	5 ft 6"	8.8	6.2	20.2	20.1	✓	✓	✓	✓	0°	09:00	J.C.T.C.
20/08/20	6.37	6.55 6.18	6.20.297	✓	✓	✓	41.397	4 ft 6"	8.7	6.1	18.9	18.8	✓	✓	✓	✓	0°	15:00	OAC

**Cualquier ajuste informar al especialista del área

REGISTRO DIARIO DEL SISTEMA DE PH

VER NOTA 1				VER NOTA 2		VER NOTA 3		VER NOTA 4		VER NOTA 5		VER NOTA 6		VER NOTA 7		VER NOTA 8		Hora de Inspección	Realizó Inspección	
Fecha	Valor de PH (Máx: 6.8 - Mín: 5.8)		Val. de Cond. (Máx: 580 µS)		% Bomba (30 - 50)	Acido Consum. (Máx: 45 L)	Nivel de agua (Mín: 5.5 ft)	Presión de bomba (0 - 12) psi (5 - 6) psi		Temperatura del agua (Mín: 16 - Máx: 25) °C		Vál. de sum. agua a 15"	Vál. de dren. agua a 15"							
DD/MM/AA	Sensor	Laboratorio		Sensor		Volumen (ml)	Altura (ft)	TREAD	SW	TREAD	SW	TREAD	SW					Inicio de turno		
21/08/20	6.34	6.30	6.25	623.610	✓	42.624	6 ft	8.7	1.6	21.5	19.6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5:00	J.A.C.C.	
21/08/20	6.34	6.45	6.25	608.670	✓	772 ml	4 ft 9"	8.7	6	18.4	18.3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	09:00	J.C.T.C.	
21/08/20	6.16	6.05	6.05	583.716	✓	38.95	5 ft 10"	8.8	6.1	18.4	18.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0°	15:00	OAC
22/08/20	6.17	6.30	6.32	589.072	✓	9011 ml	5 ft 10"	8.8	6.2	20.2	20.9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0°	00:25	RRC
22/08/20	6.21	6.37	6.27	571.053	✓	6700 ml	6 ft 5"	8.8	6.1	19.6	19.5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11:00	J.C.T.C.	
22/08/20	6.35	6.31	6.40	571.920	✓	6818	6 ft 4"	8.8	6.0	21.0	20.9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	90°	15:00	OAC
23/08/20	6.24	6.22	6.20	573.276	✓	7624 ml	6 ft 5"	8.8	6	20.2	20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	00:27	RRC	
23/08/20	6.02	6.43	6.57	586.472	✓	8842 ml	6 ft 6"	8.8	6.1	22.7	22.6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	04:00	J.C.T.C.	
23/08/20	6.22			580.614	✓	7134	6 ft 6"	8.8	6.0	18.8	18.2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	20:00	J.A.C.C.	
24/08/20	6.28	6.29	6.22	598.698	✓	9642 ml	5 ft 9"	8.8	6.2	20.6	18.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	05:00	RRC	
24/08/20	6.22	6.45	6.36	597.792	✓	10721 ml	6 ft 5"	20.8	6.1	19.3	18.4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	09:00	J.C.T.C.	

2. Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2019

REGISTRO PARA PRUEBA DE pH / CONDUCTIVIDAD									
ESPECIFICACIONES									
pH									
Conductividad									
5.5 a 0.5									
alerta < 500ppm max: 600ppm									
FECHA	HORA	STI PORT TANKER		TINAD		SERIAL		ANALISTA	OBSERVACIONES / ACCIONES TOMADAS EN CASO DE ENCONTRAR ALGUN VALOR FUERA DE ESPECIFICACION
		pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD		
23-7-19	14:10	6.45	546.7	6.20	162.3	6.23	167.6	Israel	
23-7-19	4:04	6.42	547.024	6.29	160.7	6.21	174.0	Cesar C.R.	
23-7-19	10:10	6.44	548.54	6.30	171.8	6.25	184.5	Cesar C.R.	
23-7-19	12:00pm	6.47	548.77	6.16	130.0	6.38	154.4	Jorge R.	
24-7-19	6:00pm	6.07	550.76	6.20	137.1	6.12	147.6	Jorge R.	
24/07/19	11:00	6.27	552.945	6.36	304.8	5.98	296.3	10/07/19	
24/07/19	13:20	6.26	552.761	6.33	301.9	6.1	285.1	10/07/19	
24/07/19	16:47	6.25	544.306	6.21	204.4	6.25	203.3	Nano 6.	
24/07/19	10:47	6.26	551.385	6.22	216.5	6.25	212.1	Nano 6.	
24/07/19	00:30	6.43	551.767	6.33	198.6	6.19	196.8	Arellano	
24/07/19	06:00	6.32	554.443	6.24	169.5	6.20	173.3	Arellano	
25-7-19	10:40	6.28	556.5	6.16	180.1	6.19	176.4	Israel	
25-7-19	14:10	6.29	555.0	6.37	182.7	6.32	187.3	Israel	
25-07-19	13:40pm	6.32	555.39	6.25	168.1	6.29	189.3	Diana	
25-07-19	10:45pm	6.31	556.93	6.31	197.1	6.32	196.2	Diana	
25-07-19	02:00pm	6.31	556.25	6.28	173.3	6.26	178.4	Jorge	
26-07-19	6:20	6.24	558.176	6.28	150.9	6.19	118.00	Jorge	
26-07-19	9:00	6.43	558.981	6.36	146.1	6.29	163.5	Hector V.	
26-07-19	14:05	6.26	551.541	6.19	184.8	6.25	206.7	Hector Engel	
26/07/19	15:44	6.41	556.059	6.41	187	6.21	283.1	Nano	
26/07/19	10:25	6.38	558.386	6.35	188	6.28	181.7	Nano	
26/07/19	00:30	6.36	559.524	6.22	161.0	6.13	173.8	Arellano	

REGISTRO PARA PRUEBA DE pH / CONDUCTIVIDAD

ESPECIFICACIONES	
pH	5.8 a 6.8
Conductividad	alerta < 500ppm max: 600ppm

FECHA	HORA	SET POINT TANKUE		TMAO		SERIAL		ANALISTA	OBSERVACIONES / ACCIONES TOMADAS EN CASO DE ENCONTRAR ALGUN VALOR FUERA DE ESPECIFICACION
		pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD		
17-06-19	1:00	6.40	56.152	6.43	289.6	6.32	290.6	Hector D.	
17-06-19	5:35	6.28	55.523	6.27	256.9	6.30	272.5	Hector Pangel	
17-06-19	8:00	6.32	543.242	6.29	296.6	6.28	306.1	Arellano	
17-06-19	14:00	6.26	523.054	6.35	293.2	6.27	299.5	Arellano	
17-6-19	16:45	6.31	521.4	6.30	289.9	6.25	288.8	Israel Terán	
17-6-19	22:00	6.32	515.4	6.18	315.1	6.23	306.8	Israel Terán	
18-6-019	1:30	6.30	528.930	6.25	390.9	6.28	398.8	Cesar C.R.	
18-06-019	5:40	6.32	518.980	6.29	258.9	6.31	278.9	Cesar C.R.	
18-06-19	7:33	6.27	510.038	6.28	310.5	6.37	308.9	Alfonso	
18-06-19	14:57	6.35	521.914	6.42	306.3	6.43	323.4	Alfonso	
18-06-19	17:34	6.39	524.974	6.24	297	6.3	322.2	Alfonso	
18-06-19	23:00	6.33	522.621	6	335.4	6.13	322.8	Alfonso	
18-06-19	1:30 AM	6.29	572.917	6.24	274.8	6.35	289.6	Hector Pangel	
18-06-19	5:40 AM	6.25	577.972	6.33	335.6	6.29	339.7	Hector Pangel	
19-06-19	10:00 AM	6.31	572.92	6.30	318.5	6.35	319.7	Alfonso	
19-6-19	2:30 PM	6.36	570.61	6.28	285.4	6.31	291.5	Alfonso	
19-06-19	6:00	6.34	568.103	6.23	303.1	6.29	310.2	Juan Ortiz	
19-06-19	10:50	6.32	568.81	6.37	274.9			Juan Ortiz	
19-06-19	12:30	6.33	550.180	6.35	319.2	6.37	350.9	Cesar C.R.	
19-06-019	6:00	6.35	568.160	6.29	376.7	6.30	387.8	Cesar C.R.	
20-06-19	9:00 AM	6.25	589.439	6.32	319.4	6.45	332.9	Diana	
20-06-19	2:05 PM	6.31	550.173	6.37	302.2	6.36	319.5	Diana	

REGISTRO PARA PRUEBA DE pH / CONDUCTIVIDAD

ESPECIFICACIONES	
pH	5.8 a 6.8
Conductividad	alerta < 500ppm max: 600ppm

FECHA	HORA	SET POINT TANK		TANK		SERIAL		ANALISTA	OBSERVACIONES / ACCIONES TOMADAS EN CASO DE ENCONTRAR ALGUN VALOR FUERA DE ESPECIFICACION
		pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD	pH	CONDUCTIVIDAD		
5-11-2019	10:20am	6.33	535.2	6.21	78.03	6.24	74.07	Jean	
6/10/19	01:35	6.28	535.58	6.36	116.7	6.2	113.1	Alejandro	
6/10/19	06:45	6.35	536.54	6.22	71.2	6.25	82.23	Alejandro	
06-NOV-19	8:10am	6.26	536.08	6.20	80.63	6.20	19.06	Diana	
06-NOV-19	1:24pm	6.37	537.876	6.21	70.53	6.31	70.64	Diana	
06/11/19	17:00	6.35	533.476	6.24	75.2	6.27	83.73	Arellano	
06/11/19	21:00	6.29	534.921	6.20	72.69	6.23	56.34	Arellano	
06/11/19	12:38	6.34	534.650	6.25	62.42	6.29	74.12	Ivan	
06/11/19	6:11	6.39	536.09	6.22	63.54	6.28	68.05	Ivan	
07/11/19	6:35	6.30	534.645	6.17	64.52	6.21	66.98	Hector Rangel	
07/11/19	6:26	6.15	534.749	6.11	68.08	6.18	67.66	Hector Rangel	
7-11-19	6:36	553.20	533.26	6.21	78.02	6.18	67.50	Elizabet	
7-11-19	10:34	6.34	563.01	6.20	62.38	6.25	70.03	Jean	
08/11/19	04:30am	6.31	537.40	6.23	57.43	6.20	57.36	Lorena	
08/11/19	6:35am	6.28	536.58	6.18	57.42	6.20	58.31	Lorena	
08/11/19	07:40	6.24	535.375	6.17	59.40	6.27	59.76	Mano-	
08/11/19	14:59	6.33	538.904	6.23	49.51	6.28	57.65	Mano-	
08/11/19	17:00	6.3	539.16	6.06	56.2	6.14	58.1	Arellano	
08/11/19	21:40	6.4	537.096	6.13	51.93	6.2	54.3	Arellano	
8/11/19	6:45	6.31	539.789	6				Cesar	
8-11-19	06:45	6.30	537.713	6.04	70.8	6.13	78.9	Cesar	
09-11-19	17:50pm	6.26	532.28	6.17	50.02	6.18	51.64	Diana	

3. Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2018

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha: 27 Enero 2018		Hora: 12:30 pm		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.59	6.57	6.49	
Conductividad (µS)	500.3	490.9	534.195	
Sólidos totales (ppm)	245.7	241.0	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha: 27 Enero 2018		Hora: 4:30		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.36	6.43	6.47	
Conductividad (µS)	502.8	504.1	531.6	
Sólidos totales (ppm)	246.9	247.5	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha: 27-Ene-2018		Hora: 9:00 pm		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.38	6.40	6.42	
Conductividad (µS)	504.5	504.2	532.885	
Sólidos totales (ppm)	247.7	247.6	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha: 29-Enero-2018		Hora: 7:05		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.46	6.46	6.52	
Conductividad (µS)	488.3	479.0	516.2	
Sólidos totales (ppm)	240	235.2	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:		Hora: 17:45		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.45	6.51	6.49	
Conductividad (µS)	484.7	475.3	512.97	
Sólidos totales (ppm)	237.9	235.7	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha: 29-01-2018		Hora: 4:20 pm		
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT	
	6.48	6.78	6.42	
Conductividad (µS)	483.4	483.4	511.24	
Sólidos totales (ppm)	237.44	237.9	—	

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	14-02-2018	Hora:	5:35 AM	
pH	6.38	TREAD	6.44	SET POINT
Conductividad (µS)	442.9		443.1	6.52
Sólidos totales (ppm)	217.6		217.6	478.58

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	14-Feb-2018	Hora:	4:40 p.m	
pH	6.55	TREAD	6.55	SET POINT
Conductividad (µS)	442.6		434.6	6.47
Sólidos totales (ppm)	217.1		213.1	487.004

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	14-Feb-2018	Hora:	10:00 p.m	
pH	6.57	TREAD	6.57	SET POINT
Conductividad (µS)	447.2		447.6	6.53
Sólidos totales (ppm)	217.2		217.4	487.341

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	15-Feb-2018	Hora:	3:27 am	
pH	6.54	TREAD	6.52	SET POINT
Conductividad (µS)	441.8		443.2	6.49
Sólidos totales (ppm)	216.9		217.7	483.363

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	15-Feb-2018	Hora:	6:05 a.m	
pH	6.43	TREAD	6.43	SET POINT
Conductividad (µS)	442.3		435.7	6.47
Sólidos totales (ppm)	217.4		214.0	486.515

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	15 Febrero 12:18	Hora:	12:00 p.m	
pH	6.59	TREAD	6.57	SET POINT
Conductividad (µS)	440.5		435.2	6.50
Sólidos totales (ppm)	216.3		213.8	483.664

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	30-Marzo-2018	Hora:	12:00	
pH	6.61	SIDEWALL	6.51	SET POINT
Conductividad (µS)	489.1		487.6	525.911
Sólidos totales (ppm)	240.1		239.4	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	30-03-2018	Hora:	5:30 pm	
pH	6.58	TREAD	6.45	SET POINT
Conductividad (µS)	480.7		488.9	6.52
Sólidos totales (ppm)	236.7		239.0	524.54

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	31-Marzo-2018	Hora:	12:00	
pH	6.53	TREAD	6.50	SET POINT
Conductividad (µS)	443.6		483.3	6.39
Sólidos totales (ppm)	242.4		237.3	524.09

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	31-Marzo-2018	Hora:	07:10	
pH	6.58	TREAD	6.56	SET POINT
Conductividad (µS)	489.4		482.3	6.41
Sólidos totales (ppm)	240.3		236.8	524.586

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	31-Marzo-2018	Hora:	12:10	
pH	6.68	TREAD	6.55	SET POINT
Conductividad (µS)	479.9		488.6	6.55
Sólidos totales (ppm)	235.7		239.9	520.225

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	02-Abril	Hora:	6:35 am	
pH	6.39	TREAD	6.31	SET POINT
Conductividad (µS)	480		479.9	6.30
Sólidos totales (ppm)	235.2		233.4	520.2

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 24 Abril 2018	Hora: 03:00 am		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.29	6.37	6.46
Conductividad (µS)	523.7	524.9	559.057
Sólidos totales (ppm)	257.1	257.7	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 24 Abril 2018	Hora: 06:30 am		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.23	6.34	6.57
Conductividad (µS)	521.1	524.0	559.284
Sólidos totales (ppm)	255.8	257.3	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 24-04-2018	Hora: 15:00 pm		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.47	6.36	6.47
Conductividad (µS)	528.3	527.82	561.54
Sólidos totales (ppm)	259.8	260.02	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 24-04-2018	Hora: 19:35 pm		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.47	6.39	6.54
Conductividad (µS)	533.4	532.2	562.30
Sólidos totales (ppm)	261.9	261.3	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 25 Abril 2018	Hora: 11:00 pm		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.43	6.46	6.56
Conductividad (µS)	534.9	533.3	564.741
Sólidos totales (ppm)	262.62	261.8	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha: 26 Abril 2018	Hora: 06:00 am		

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.30	6.35	6.43
Conductividad (µS)	548.2	530.0	567.357
Sólidos totales (ppm)	269.1	260.2	—

4. Registro de los valores de pH del laboratorio y línea en 2017

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	27-sept-2017	Hora:	7:15 am	
pH	6.49	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	383.5		6.48	6.31
Sólidos totales (ppm)	188.8		382.8	404.367
			188.0	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	27-Sept-2017	Hora:	01:00 pm	
pH	6.46	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	390.6		6.45	6.30
Sólidos totales (ppm)	191.9		385.8	404.361
			189.7	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	28-sept-2017	Hora:	05:00 am	
pH	6.51	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	391.1		6.53	6.35
Sólidos totales (ppm)	192.2		385.7	405.865
			189.5	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	29-Sept-2017	Hora:	11:00 am	
pH	6.50	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	395.9		6.45	6.36
Sólidos totales (ppm)	194.5		392.8	410.620
			193.0	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	29-sep-2017	Hora:	5:00 am	
pH	6.50	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	390.3		6.56	6.37
Sólidos totales (ppm)	191.8		439.0	410.9356
			215.6	—

REPORTE DE EXTRUSORAS				
Fecha:	30 sep	Hora:	5:00 am	
pH	6.46	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	396.1		6.47	6.40
Sólidos totales (ppm)	194.6		396.7	413.547
			194.9	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	25 oct 2017	Hora:	6:50

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.66	6.56	6.43
Conductividad (µS)	462.4	460.1	482.04
Sólidos totales (ppm)		225.1	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	25 oct 2017	Hora:	13:20

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.48	6.58	6.52
Conductividad (µS)	433.9	442.6	477.232
Sólidos totales (ppm)	323.9	217.4	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	26 oct - 2017	Hora:	6:59

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.57	6.47	6.55
Conductividad (µS)	448.0	449.9	471.463
Sólidos totales (ppm)		220.9	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	26 oct - 2017	Hora:	14:01

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.62	6.61	6.48
Conductividad (µS)	460.24	481.9	463.938
Sólidos totales (ppm)			—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	27 oct - 2017	Hora:	5:30

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.57	6.55	6.47
Conductividad (µS)	440.7	459.3	464.47
Sólidos totales (ppm)	—		—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	27 oct 2017	Hora:	13:37

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.58	6.260	6.46
Conductividad (µS)	449.3	488.3	460.321
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	11-Nov-2017	Hora:	13:54 hrs

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.61	6.56	6.38
Conductividad (µS)	—	—	485.324
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	13-Nov-2017	Hora:	5:14 am

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.64	6.46	6.50
Conductividad (µS)	—	—	467.384
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	13-Nov-2017	Hora:	14:15 hrs

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.59	6.51	6.46
Conductividad (µS)	—	—	465.749
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	14-Nov-2017	Hora:	5:44 am

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.50	6.53	6.48
Conductividad (µS)	—	—	474.528
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	14-Nov-2017	Hora:	04:00 PM

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.59	6.60	6.42
Conductividad (µS)	—	—	478.952
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	14-Nov-2017	Hora:	08:00 PM

	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
pH	6.56	6.57	6.42
Conductividad (µS)	—	—	478.625
Sólidos totales (ppm)	—	—	—

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	29-12-2017	Hora:	7:00 AM
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.38	6.39	6.41
Sólidos totales (ppm)			499.23

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	29-12-2017	Hora:	8:00 am
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.48	6.47	6.41
Sólidos totales (ppm)			

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	29-12-2017	Hora:	2:00 pm
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.30	6.36	6.35
Sólidos totales (ppm)			500.30

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	29-Dic-2017	Hora:	17:40 hrs
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.59	6.51	6.44
Sólidos totales (ppm)			499.330

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	29-Dic-2017	Hora:	21:20 hrs
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.44	6.47	6.39
Sólidos totales (ppm)			498.442

REPORTE DE EXTRUSORAS			
Fecha:	30-12-2017	Hora:	7:00 am
pH	TREAD	SIDEWALL	SET POINT
Conductividad (µS)	6.53	6.50	6.54
Sólidos totales (ppm)			497.262

