

Universidad Técnica Nacional
Sede Regional del Pacífico

Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial
Modalidad de Proyecto de Graduación

“Propuesta para la implementación de un sistema automatizado industrial para mejorar el control de pesaje y llenado en la línea 2, Yara Costa Rica, durante el periodo 2018-2019.”

Sustentantes:

Castrillo Méndez, Bryan	Cédula: 604330658
Chavarría Molina, Gloriana.	Cédula: 604210520
Ríos González, Amalia	Cédula: 604270814

Puntarenas, Costa Rica

Mayo, 2020

Resumen

Este proyecto es desarrollado en la empresa Yara Costa Rica, negocio ubicado en el INVU, Barranca, Puntarenas, dedicado a la industria del fertilizante, así se describen las generalidades de la empresa y se genera un enfoque en el principal proceso productivo, el departamento de producción (los procesos dependen de producción y su calidad).

En dicho proceso y mediante la observación, se realiza la toma de muestras en pesos y se logra identificar la existencia de desperdicios y variabilidad en los procesos productivos de los sacos de producto en presentaciones de 25, 45 y 50 kg, debido a que existe diferencia entre el peso que entra y el que sale en el proceso en mención. Así, se realiza la búsqueda de oportunidades de mejora en el departamento, lo que da como resultado un desperdicio significativo promedio mínimo de 7.794 tm por año y que representa una pérdida económica anual de \$779,4 con un rango mínimo.

Una vez que se detecta que existe desperdicio y variabilidad, se mide la afectación en relación con los factores de problemas en peso e ineficiencia del control de llenado para concluir estadísticamente la causa, al detectar la oportunidad de disminuir la injerencia humana en los procedimientos, para esto se cotizan tres opciones de mejora que provean una automatización del proceso y se realizan comparaciones entre ellas para elegir la propuesta por recomendar para Yara Costa Rica.

Dedicatorias

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi trabajo de grado plasmado en el presente proyecto primeramente a Dios, por darme la fuerza, sabiduría e inteligencia para abordarlo de la mejor manera.

Seguidamente a mis padres, María de los Ángeles Molina Zumbado y José Luis Chavarría Vargas, por estar conmigo en todo momento, dándome ánimos para seguir adelante, por brindarme la confianza, los consejos, los recursos y la oportunidad de estudiar, que me han llevado hasta donde estoy en este momento, por guiarme y ayudarme a ser mejor persona cada día.

A mi tío Geovanny Molina Zumbado, porque siempre estuvo dando fuerzas y ánimos para poder seguir estudiando, luchando por mis sueños y nunca rendirme por más dura que fuera la prueba y aunque ya no está, sé que está feliz de verme donde estoy junto con mis logros hasta este día. A mis hermanos y demás familia, por estar brindándome el apoyo incondicional en todo momento que lo he necesitado, por los consejos y el ánimo que me brindan cuando lo requiero.

En fin, lo dedico a todas esas personas que de una u otra manera me ayudan para poder seguir adelante, aprendiendo y luchando para un buen futuro.

Chavarría Molina, Gloriana

En mi deseo por el proyecto concluido, agradezco a Dios principalmente, quien me ha regalado sabiduría y fortaleza para seguir adelante en mi camino como profesional, ya que sin su fidelidad y gracia no hubiese llegado a donde estoy.

A mis padres, Gaudy González Sequeira y Douglas Ríos Coronado, quienes son mi mayor motor de vida para mi superación, les otorgo mi esfuerzo y empeño, por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de esta etapa.

Ríos González, Amalia

Desde mi corazón nace el anhelo por dedicar la culminación de este proyecto final de graduación, primero a Dios por brindarme fuerza, valentía, superación y sabiduría.

Segundo, a mis dos amados hijos que son los pilares de quien soy, mi Santiago Castrillo Mijango y mi Mathias Castrillo Mijango.

Seguidamente, dedicar la voluntad para mejorar y salir adelante a una persona que me inspiró a cambiar mi vida de un abismo a un puente de luz, Jessica Miranda Méndez, también a los precursores de mi educación y de mi vida entera, mis padres José Joaquín Castrillo Rosales y Ana Patricia Méndez Salazar, incluyendo a seres amados que me motivaron siempre como mi hermana Katherine Castrillo Méndez y mi abuelo Marco Aurelio Zamora Castro, gracias por cada instante de apoyo, su aporte de amor también está implícito aquí.

Castrillo Méndez, Bryan José

Agradecimientos

Las gracias infinitas a Dios por permitirnos cumplir con un objetivo de vida, en donde la mano de este Ser Supremo se magnifica en nuestros corazones y multiplica el razonamiento en nuestra mente.

A todos los compañeros y compañeras de la planta Yara Costa Rica, Puntarenas que de una u otra manera nos brindaron valiosos consejos y ayuda durante el proceso.

A nuestro tutor Harvey Calvo Alfaro, lectores: Dere Elizondo Campos y Juan Diego Chavarría Rojas, por todas las observaciones como tutor y lectores especialistas.

A todas las personas que de una u otra manera nos ayudaron para realizar este proyecto de la mejor manera posible.

Epígrafe

Si quieres triunfar en la vida, haz de la perseverancia tu amigo del alma, de la experiencia tu sabio consejero, de la advertencia tu hermano mayor y de la esperanza tu genio guardián.

Joseph Addison

Tabla de contenido

Resumen	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	vi
Epígrafe	vii
Introducción	14
Capítulo I	17
Introducción	17
Generalidades de la organización	18
Antecedentes históricos	18
Ubicación geográfica	19
Cantidad de empleados	20
Visión	20
Misión	20
Valores	20
Estrategia	21
Salud, seguridad y medio ambiente	22
Tipo de productos	22
Mercados	23
Organigrama	23
Descripción del proceso productivo	24
Planteamiento del problema	27
Justificación	29
Objetivos	31
Objetivo general	31
Objetivos específicos	31
Delimitaciones	32
Alcances	32
Limitaciones	33
Delimitaciones	34
Capítulo II. Revisión de la literatura	35
Marco teórico	36
Capítulo III. Metodología del proyecto	46

Estrategia metodológica	47
Tipo de investigación	48
Población y muestra	50
Población	50
Muestra	51
Técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de la información	52
Técnica de recolección de la información	53
Instrumentos	53
Encuesta:	53
Diagrama de flujo del proceso:	54
Gráficas de control calidad	55
Análisis costo beneficio	55
Análisis económico	56
Definición de los factores que intervienen en el análisis del control del proceso del área de producción	56
Cuadro de variables (Conceptual, operacional e instrumental)	57
Variables	58
Variable N.º 1:	58
Variable N.º 2:	59
Variable N.º 3:	59
Variable N.º 4:	60
Capítulo IV	62
Diagnóstico de la situación actual	62
Situación actual o estado de la cuestión	63
Diagrama de Pareto cualitativo	68
FODA	68
Pareto (80-20)	69
Diagrama Ishikawa	75
Resolución de problemas del diagrama Ishikawa	79
Técnica de los 5 porqués. Análisis de las causas raíz	82
Metodología 5 “S” para los equipos de la línea de producción número dos de monoproducción	87
Clasificar (Seiri) “Separar lo necesario de lo innecesario”	87

Ordenar (Seiton) “Un sitio para cada objeto y cada objeto en su sitio”	88
Limpiar (Seiso) “Limpiar el área de trabajo y los equipos, prevenir la suciedad y el desorden”	88
Estandarizar (Seiketsu) “Formular normas para la consolidación de las primeras tres “S”	89
Disciplinar (Shitsuke) “Respetar las normas establecidas”	89
Programa de mantenimiento para la automatización industrial y las mejoras en la previsualización del pesaje	90
Mantenimiento autónomo	90
Mantenimiento correctivo	91
Mantenimiento preventivo	91
Mantenimiento predictivo	91
Mantenimiento anual	92
Mantenimiento semestral	92
Mantenimiento mensual	92
Mantenimiento diario	93
Gráficas e interpretación del muestreo estadístico	93
Capítulo V:	110
Soluciones al problema planteado	110
Análisis económico	111
Porcentaje de la merma	114
Clasificación de la merma	115
Valor en dólares de la merma	115
Cotización de la nueva instalación	115
Comparativo de cotizaciones de instalación de sensores y mano de obra de técnicos	117
Costo de mano de obra de puesta en marcha de la automatización	119
Análisis financiero	120
Costos del proyecto	120
Valor Actual Neto del Proyecto (VAN)	123
Tasa Interna de Retorno de Proyecto (TIR)	124
Propuestas	125
Propuesta 1 Mejora del Equipo Actual	126
Propuesta 2 Tolva móvil nueva	128
Propuesta 3 Sistema de llenado nuevo	134

Justificación de la selección de la propuesta número uno en comparación con la propuesta número dos y tres	144
Conclusiones	148
Recomendaciones	150
Referencias bibliográficas	152
Anexos	154
Anexo 1. Formato de Muestreo de Pesaje de Sacos	155
Anexo 2. Formato para las Encuestas	156
Anexo 3. Cotización de Proyectos y Montajes Industriales Montes de Oro S.A	157
Anexo 4. Cotización de Inelicori S.A.	158
Anexo 5. Cotización de RMR Maquinaria y Aditamentos S.A (Sensores de Nivel)	159

Índice de figuras

Figura 1. Yara Costa Rica, Planta Puntarenas	19
Figura 2. Organigrama Yara, Planta Puntarenas, Costa Rica.	23
Figura 3. Diagrama de procesos de la línea de producción 2.	26
Figura 4. PLC, M-DUINO PLC Arduino Ethernet 50RRA.	39
Figura 5. Pantalla táctil SIMATIC HMI, KTP400 Basic.	41
Figura 6. Sensor de niveles.	43
Figura 7. Simbología diagrama de flujo.	54
Figura 8. Proceso de las tolvas.	64
Figura 9. Elementos conectados al PLC (Controlador lógico programable).	65
Figura 10. Bosquejo de balanza de ingreso deseada.	66
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de producción de la línea 2.	67
Figura 12. Diagrama Ishikawa.	77

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de sensores y su aplicación	44
Tabla 2. Variables de trabajo.	61
Tabla 3. FODA, Fortalezas.	71
Tabla 4. FODA, Oportunidades.	72
Tabla 5. FODA, Debilidades.	73
Tabla 6. FODA, Amenazas.	74
Tabla 7. Diagrama de resolución de problemas.	81
Tabla 8. Datos del rango mínimo de desperdicio.	112

Tabla 9. Datos del rango máximo de desperdicio.....	113
Tabla 10. Porcentaje de la merma.....	114
Tabla 11. Cotización por mano de obra de técnicos.....	117
Tabla 12. Cotización de Personal Yara y Sensores.....	118
Tabla 13. Desglose de costos del proyecto.....	120
Tabla 14. Ahorro generado.....	121
Tabla 15. Flujo de recuperación de inversión.....	122
Tabla 16. Tabla de flujos.....	123
Tabla 16. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 1.....	127
Tabla 16. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 2.....	129
Tabla 17. Costos de propuesta 1.....	130
Tabla 18. Flujos de inversión propuesta 1.....	132
Tabla 19. Flujos de inversión propuesta 2.....	133
Tabla 20. Resultados VAN y TIR propuesta 2.....	133
Tabla 16. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 3.....	136
Tabla 21. Costos propuesta 3.....	136
Tabla 22. Flujos de propuesta 3.....	138
Tabla 23 Flujos propuesta 3.....	139
Tabla 24. Resultados VAN y TIR Propuesta 3.....	139
Tabla 25. Comparación de costos y resultados VAN y TIR.....	140

Índice de gráficas

Gráfica 1. Pareto Fortalezas.....	71
Gráfica 2. Pareto Oportunidades.....	72
Gráfica 3. Pareto Debilidades.....	73
Gráfica 4. Pareto de Amenazas.....	74
Gráfica 5. Probabilidad Anderson Darling de pesos 2018.....	93
Gráfica 6. Probabilidad Ryan Joiner de pesos 2018.....	94
Gráfica 7. Informe de capacidad seis en uno. Pesos 2018.....	95
Gráfica 8. Diagrama de Pareto: pesos 2018.....	96
Gráfica 9. Histograma de pesos 2018.....	97
Gráfica 10. Probabilidad Anderson Darling de peso 2019.....	98
Gráfica 11. Probabilidad Ryan Joiner de peso 2019.....	99
Gráfica 12. Informe de capacidad del proceso de pesaje 2019.....	100
Gráfica 13. Diagrama de Pareto para pesos 2019.....	101
Gráfica 14 Histograma de pesaje 2019.....	102
Gráfica 15. Problemas considerados en la línea de producción 2 monoproducción.....	104
Gráfica 16. Soluciones implementadas para contrarrestar problemas de la línea de producción 2.....	105
Gráfica 17. Solución o no de los problemas en la línea.....	106
Gráfica 18. Soluciones actuales realizadas para corregir.....	107

Gráfica 19. Acuerdo o desacuerdo de la propuesta.	108
Gráfica 20. Propuestas consideradas por el personal.	109

Introducción

Dentro de todos los diversos sectores productivos presentes en la industria del país, uno de los más importante, por todo lo que representa dentro de la economía nacional, es sin lugar a duda el relacionado con la agroindustria. Es precisamente en una subdivisión de este sector productivo que se encuentran presentes las plantas productoras de fertilizantes, apareciendo YARA Costa Rica como una de las más grandes y principales empresas del sector.

La empresa que cuenta con su sede central en Noruega inició sus operaciones en el país en el 2015, ubicándose en la provincia de Puntarenas, específicamente en las instalaciones de la antigua empresa productora de fertilizantes CAFESA. Actualmente, la compañía es dueña aproximadamente de un 20% del mercado de fertilizantes del país, siendo líder en la producción del tipo nitrogenado, como meta a corto plazo, plantea llegar a consolidarse con una representación del 30% del mercado total de fertilizantes de Costa Rica.

Crecimientos productivos tan ambiciosos y abruptos traen consigo una gama importante de problemas relacionados con los procesos operacionales, uno de los más importantes se refiere a la ineficiencia del llenado de los sacos, actualmente el departamento de producción, en la línea 2 denominada monoproducción, presenta pesajes incorrectos referentes al ensacado de las diferentes presentaciones de fertilizantes, en ocasiones, los sacos de productos sobrepasan el peso establecido

o de forma contraria, tiene menor peso del estándar permitido, estas faltas se mantienen de una manera constante durante todo el proceso de llenado.

Actualmente, Yara Costa Rica mantiene un proceso en línea del control de llenado de sacos. Este realiza un muestreo directo únicamente al saco de producción número cinco, es decir, el proceso de producción llena cinco sacos y es precisamente a este quinto saco, el que es retirado de la línea de producción, y se le realizan las pruebas de pesaje. Este sistema tiene el inconveniente que no controla las condiciones de pesaje en los otros cuatro sacos producidos, por lo cual expone al lote de producción a presentar diversas variaciones de pesaje en la corrida total realizada.

Junto con los posibles problemas en la estandarización del pesado de sacos, existe un par de condiciones negativas importantes por considerar durante el proceso de producción:

- Merms durante el llenado de los sacos y el vertido de la materia prima en las tolvas de llenado.
- Importantes tiempos muertos presentes durante el proceso de rellenado de materia prima en las tolvas de ensacado.

Con base en los problemas indicados anteriormente, el presente trabajo de investigación propone la realización de una automatización flexible comandada por sistemas electrónicos y sensores para el desarrollo de la operación de ensacado y llenado, en los que se involucra la interface hombre-máquina y sensores de nivel para evitar el desperdicio en el proceso de llenado de la tolva y en la visualización

del pesaje de sacos, logrando alcanzar un peso eficiente y confiable en la recolección de datos estadísticos. Anterior al proceso de la propuesta de implementación, se realizará la recolección de la información necesaria para un estudio detallado del control de pesos en los sacos, se podrá analizar cuantitativamente con sistemas tecnológicos, la afectación de la producción en la línea de ensacado, con la finalidad de determinar la conveniencia o no de la implementación del proyecto.

Debido a lo explicado anteriormente, una posible implementación de la propuesta de automatización impactará favorablemente en los indicadores de la empresa, ya que reducirá los desperdicios de la planta y mejorará la calidad del producto, provocando que se cumpla con los parámetros establecidos para la fabricación de los sacos.

Al finalizar este documento, se brinda a los responsables del proceso un escrito que contiene todos los datos de la propuesta, para todos los análisis empresariales respectivos.

Capítulo I

Introducción

Generalidades de la organización

Antecedentes históricos

El desarrollo de Yara tiene sus raíces en la compañía noruega Norsk Hydro que se estableció en 1905. Todo empezó cuando el industrialista Sam Eyde, el científico Kristian Birkeland y el financiero Marcus Wallenberg vieron el potencial hidroeléctrico de Noruega y lo aplicaron para producir lo que en aquellos tiempos era un producto revolucionario, un fertilizante nitrogenado artificial en el que se aprovechaba el nitrógeno del aire para producir nitrato de calcio o nitrato de Noruega, que fue el nombre comercial del producto. Este fue un éxito mundial y permitió que los agricultores tuvieran la posibilidad de aumentar la cosecha de sus cultivos.

Más de 90 años después de su fundación, Norsk Hydro se había desarrollado en ser un corporativo grande con actividades dentro de los sectores de fertilizantes, petróleo y metales ligeros. La división agrícola producía una amplia gama de productos y derivados, y se tomó la decisión de fisiónarla para constituir una empresa propia cotizada en la bolsa de Oslo bajo el nombre Yara International ASA en abril de 2004. Desde entonces, la compañía ha tenido un desarrollo espectacular, y la historia continua.

- **1900-1905:** La primera producción del mundo de un fertilizante nitrogenado artificial con el nombre "Nitrato de Noruega" (nitrato de calcio) se hizo en una

fábrica experimental en Notodden, Noruega. La tecnología aplicada fue el proceso Birkeland-Eyde (arco eléctrico) que extrae el nitrógeno del aire aplicando grandes cantidades de energía hidroeléctrica.

- **2006-2007:** Yara amplía sus actividades en Brasil, compró 50% de la compañía Balderton y estableció una empresa conjunta con Praxair y tomó posesión en Kemira GrowHow. La compañía hizo grandes avances en el desarrollo de productos para reducción de emisiones al medio ambiente.
- **2014:** Un año exitoso de crecimiento. Terminaron la adquisición de OFD Holding Inc. en América Latina; tomaron decisiones para invertir en sus fábricas en los países nórdicos y adquirimos tres compañías de tecnología industrial, llegando entonces a ser un proveedor líder de soluciones para abatir las emisiones dañinas al aire (Fuente: Google, Yara Costa Rica).

Ubicación geográfica

Yara está ubicada en el INVU, Barranca Puntarenas, frente al cementerio, a un costado de la empresa Florida Ice & Farm Co. (FIFCO).



Figura 1. Yara Costa Rica, Planta Puntarenas
Fuente: (Sanchún, 2018)

Cantidad de empleados

La empresa Yara Costa Rica tiene alrededor de treinta colaboradores en planta Puntarenas, los cuales están distribuidos en departamento de producción, mantenimiento y administrativos.

Visión

“Nuestra visión es formar la industria, con el objetivo de definir estándares industriales y convertirnos en una fuerza positiva para fomentar el desarrollo a través del resultados y crecimiento”.

Misión

“Nuestra misión es laborar para mejorar las cosechas, dar buenos resultados para el agricultor, clientes industriales, nuestros dueños y la sociedad en general”.

Valores

“Están comprometidos a fomentar una cultura de desempeño inspiradora e innovadora, basada en nuestra visión y misión, Código de Conducta y el Programa

de ética y cumplimiento, además de cuatro valores fundamentales: Ambición, cooperación, responsabilidad y cordura”.

Estrategia

“Nuestra estrategia corporativa se basa en un crecimiento rentable y sostenible, construida sobre un modelo de negocios único y flexible, y a la misma vez una ciudadanía corporativa mundial. Esta estrategia es la guía de la compañía para obtener los mejores resultados de la industria y una creación de valores a largo plazo.

Yara enfocará su crecimiento en los fertilizantes nitrogenados, nitrógeno industrial y suministro de fosfatos y potasio para poder cubrir los requerimientos de la producción de los fertilizantes NPK. Mayores iniciativas enfocarán en aumentos de producción en áreas con suministros estables de gas natural para producción de amoníaco con un precio competitivo, y recursos para producción de fosfatos y potasio, así expandiendo la presencia de Yara en mercados de alto crecimiento y participando en la consolidación de los mercados maduros.

Para todas las categorías, el tamaño, la sinergia, la planeación y la sincronización son factores importantes, además de una disciplina financiera estricta”.

Salud, seguridad y medio ambiente

Yara tiene la ambición de dirigir y formar su industria, poniendo las normas del desempeño. Esto se refleja en su política sobre salud, seguridad y el medio ambiente.

Tipo de productos

Yara es una empresa química líder con operaciones en todo el mundo, que se extiende desde la producción de fertilizantes a las soluciones medioambientales.

Los negocios principales de Yara son:

- La producción y el suministro de fertilizantes de minerales para los productores de todo el mundo (Sistema Hydroterra: Abonos Líquidos).
- La producción y suministro de productos químicos de nitrógeno para aplicaciones industriales (Yara Bela, Yara Liva, Yara Mila, Yara Tera, Yara Vera, Yara Vita).
- La producción y el suministro de CO₂ y hielo seco, que se utiliza en la fabricación de bebidas, procesamiento de alimentos, *caterings* aéreos y en las industrias de transporte refrigerado.
- Desarrollo de soluciones ambientales, incluyendo procedimientos de reducción de NO_x para las instalaciones industriales, vehículos y embarcaciones, que ayudan a eliminar los gases tóxicos.

- Soluciones para la minería y los explosivos civiles.
- La producción y el suministro de la alimentación animal.

Mercados

El mercado de fertilizantes en Costa Rica asciende a 400 millones de toneladas y Yara ha enriquecido su participación en este país, ofreciendo a los agricultores, conocimiento y soluciones nutricionales para sus cultivos (Fuente: Google, Yara Costa Rica).

Organigrama

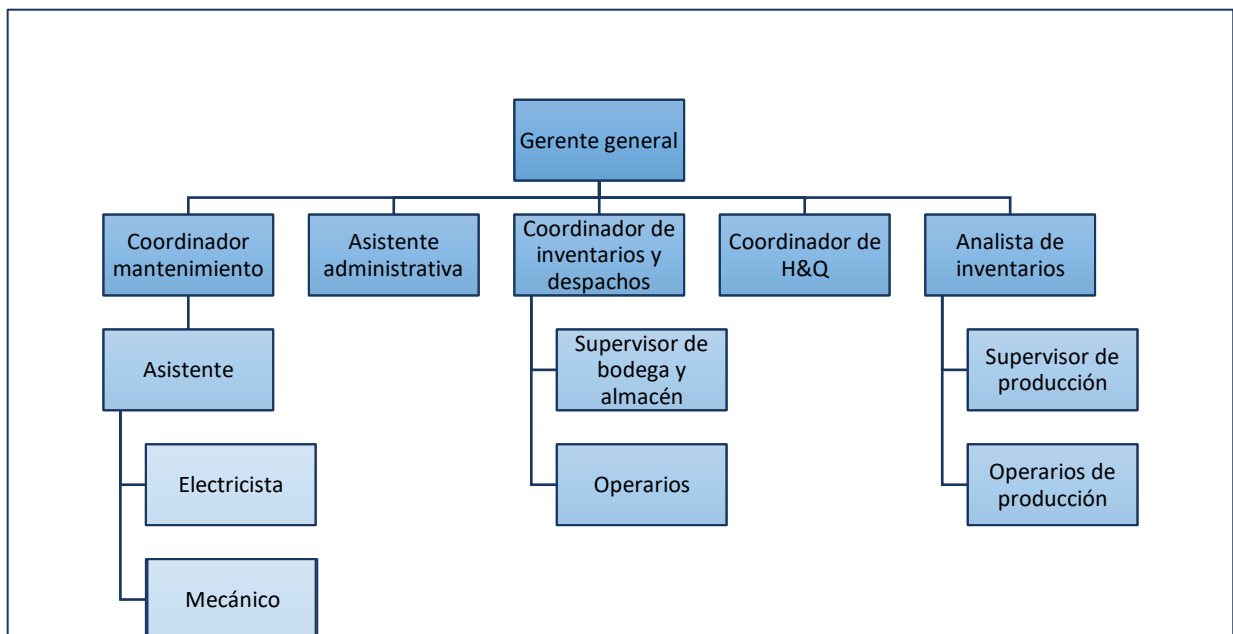


Figura 2. Organigrama Yara, Planta Puntarenas, Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia (2019)

Descripción del proceso productivo

El proceso productivo inicia al recibir la materia prima, seguido de revisar que el empaque se encuentre en buen estado, además de verificar que el fertilizante a granel no esté muy apelmazado, luego que la báscula de pesaje interna en la tolva de llenado se mantenga calibrada correctamente, con esas condiciones cumplidas, se inicia el proceso de producción, que comienza con el llenado, en esta operación se dan problemas en cuanto a las variaciones que se generan por causa de pesos superiores o inferiores, debido a la vibración constante, los finos en el fertilizante, apelmazamiento y la falta de producto en la tolva. Esos factores descontrolan la calibración el llenado de sacos.

Seguidamente, el control de pesaje se realiza por muestreo completamente al azar, después el principio de la aleatoriedad, en el que cada cinco sacos, se extrae una muestra y se pesa en una báscula aparte, para verificar el peso idóneo para el saco, con referencia en gráficos de calidad dentro de los rangos de aceptación.

Después del control de pesaje, se da el amarrado o sellado del saco, este es un procedimiento que da problemas, debido a que si se amarra o coloca mal el cincho, el saco queda con aire o sin amarrar, por lo tanto, el fertilizante se podría salir del plástico protector y quedar solo en la fibra del saco, por ende, sufriría más daño y por defecto de producción, también si se sella mal o se coloca la amarra con

gaza plástica muy arriba, el saco queda con aire, lo que genera problemas en el estibado y en los despachos, además de propiciar reprocesos.

Luego del amarrado o sellado del saco, sigue un proceso muy rápido y sencillo, que es el marcaje del saco por inyección de tinta, esto se realiza por medio de un sensor de proximidad que a la vez inyecta tinta con el número de lote y la fecha de vencimiento, este procedimiento da problemas constantes, si no se limpia adecuadamente con diluyente y si no se programa de forma idónea.

Consecutivamente sigue el cocido, es uno de los factores que genera mayores problemas en las líneas de producción, dado que, al pasar muchos sacos por la cosedora y esta, al trabajar por medio de proximidad, al momento de ajustar el hilo, muchas veces queda mal, entonces la máquina rompe la costura y se pierde tiempo en reproceso, en muchas ocasiones sucede por mala lubricación, mal ajuste o manipulación inadecuada del equipo.

Por último, el proceso de producción finaliza cuando se estiba, este procedimiento si se realiza bien, no hay retrasos ni problemas de nada; sin embargo, si se ejecuta mal, se debe reestimar y genera mucho tiempo muerto e improductivo.

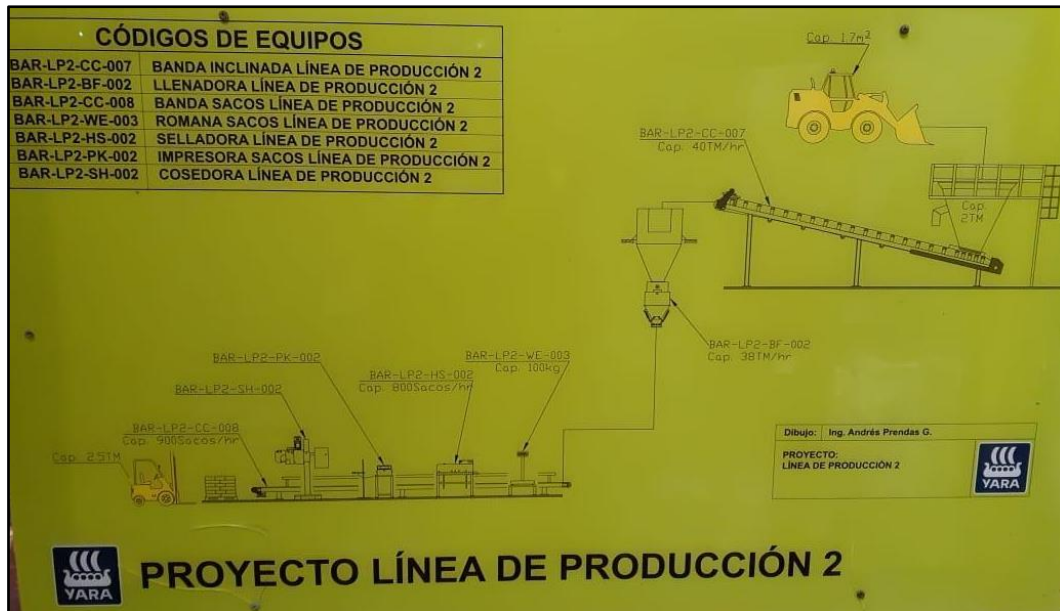


Figura 3. Diagrama de procesos de la línea de producción 2.

Fuente: (Prendas, 2018)

Planteamiento del problema

Alcanzar niveles de productividad eficientes en los procesos productivos de las compañías, es hoy más que nunca indispensable y para poder competir en los diversos mercados, en el que el primer paso para mejorar cualquier proceso productivo sea identificar y medir todas las variables que se encuentren implícitas en el desarrollo de las operaciones. Los desperdicios o merma durante los procesos de producción son los factores más importantes que deben mantenerse bajo control, ya que además de que pueden presentar un alto valor de pérdida económica para la compañía, también llegarían a mostrar problemas con la satisfacción del cliente final.

Desafortunadamente y con base en las mediciones de diagnósticos previos que se realizaron en 2019 y con ayuda de los datos históricos del 2018, actualmente el proceso de producción de Yara Costa Rica presenta una importante ineficiencia, tanto en el proceso de llenado de sacos (exactitud del peso) como en una excesiva generación de merma durante el proceso productivo. Los procesos de control actuales no son correctos, ya que las mediciones de las muestras están directamente en la línea productiva y de presentar variaciones en los pesos de los sacos, se corrige solamente una unidad de aproximadamente de diez sacos terminados en la línea de producción, el cual es un proceso totalmente manual.

El problema surge de dos áreas de la línea de producción, en la que primero se genera un desperdicio del llenado de la tolva que suministra el producto a la

llenadora de sacos, que nace de un descontrol en la tolva y en la función de llenado de la banda transportadora, debido a que el control es manual con botoneras y no hay una manera correcta de visualizar si la tolva se encuentra muy vacía o muy llena, por lo que se dan muchos tiempos muertos por falta de producto o por su derrame. Ahora, la segunda parte de afectación está en el pesaje de los sacos, se realiza un muestreo de peso, cada cinco sacos; sin embargo, este control no es suficiente y tampoco se da de manera correcta, dado que en la báscula se reflejan diferencias importantes de peso, porque la línea y el proceso continúan y se enteran de los errores de pesajes luego de que hayan pasado en promedio de cuatro sacos por la línea, lo que causa reprocesos, además de la pérdida o faltante de producto.

Se desarrollará una propuesta a los problemas anteriores mediante la implementación de un sistema de automatización de las tolva de llenado de sacos de la línea productiva 2, el sistema de automatización se conectará directamente con la tolva de llenado, a través de unos sensores que medirán los niveles mínimo y máximo, por otra parte, con el pesaje se sugiere respaldar la información que genera la llenadora de sacos y de esta forma, visualizar la cantidad de producto en tiempo real antes de que sea dispensado en el saco.

El sistema contará con la opción de apagar y encender la banda de llenado para evitar el derrame o falta de producto, para que las siguientes descargas estén correctas, además, toda la información de llenado será reflejada en un monitor para asegurar un control total y la capacidad de almacenamiento digital de la información y la posibilidad de extraerla, si fuera el caso.

Justificación

El proyecto se desarrolla en la línea de trabajo 2 perteneciente al área de ensacado de monoproducto o banda inclinada de YARA Costa Rica, la selección para realizar el proyecto en esta línea de trabajo se debe a la elevada demanda de utilización y la alta importancia económica de los productos que son trabajados, las principales situaciones que afectan actualmente la línea son las siguientes:

- La inexactitud en el pesaje de los productos junto con el proceso de llenado de sacos es totalmente manual y el riesgo de un error humano están presentes en todos y cada uno de los servicios que ahí se fabrican.
- El proceso de llenado de la tolva lo realiza un operario, esta operación es también totalmente manual, por lo cual, de presentarse algún descuido por parte del personal, ocurrirían derrames de materia prima.
- Los problemas anteriormente descritos representan importantes pérdidas para la empresa y una afectación directa en la credibilidad con los clientes, ya que la inexactitud con el peso del saco les genera desconfianza y esta merma implica un costo monetario y de materia prima para la empresa.

Por lo anteriormente expuesto, es que se decide y plantea realizar este trabajo en la línea 2, la ingeniería industrial y sus herramientas de trabajo serán la base para la realización de todo el plan de mejora por ejecutar y realizar las modificaciones necesarias tanto a los niveles operativos como administrativos.

Se trabajará inicialmente un enfoque estadístico con la ayuda de herramientas tecnológicas, esto con el fin de demostrar mediante evidencias cuantitativas, los inconvenientes de exactitud presentes actualmente en los pesos de los sacos fabricados.

La automatización presentará un impacto importante en el proceso y en los costos de producción, ya que trabajará directamente sobre una mejora directa en la exactitud de los pesos de los sacos y la disminución de generación de la merma actual; sin embargo, no es solamente esto lo que se debe de esperar con la automatización, ya que los aspectos relacionados con la seguridad laboral y el desgaste físico de los trabajadores también deben de presentar una mejora considerable.

El conjunto de acciones por realizar permitirá a Yara Costa Rica convertirse en una empresa que presente una mayor competitividad dentro de las exigencias del mercado actual, brindando una mejor calidad de producto al cliente y un costo menor de producción.

Realmente, el equipo autómatas brinda una oportunidad de mejora para que se logre una mayor competitividad y la empresa pueda enfrentar al mercado.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de mejora que consista en la aplicación de controles lógicos programables e interfaces hombre-máquina, mediante la implementación de un sistema automatizado industrial para el control de pesaje y llenado en la línea 2, en Yara Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Diseñar una mejor visualización del pesaje y control, a través de un análisis estadístico para un diagnóstico de las fluctuaciones y afectaciones directas del pesaje.
2. Evaluar el entorno económico que refleje las mermas y pérdidas de producto en la línea de producción 2, mediante un análisis costo-beneficio en el que se involucre el retorno de la inversión para el control de desperdicio de producto y ahorro en personal.
3. Proponer una automatización industrial mediante el uso de controles lógicos programables, interfaz hombre-máquina y sensores de nivel, además de control de calidad en tiempo real mitigando el desperdicio y los problemas en el pesaje.

4. Plantear propuestas con viabilidad económica para la compra de equipos modernos que disminuyan el desperdicio y controlen el pesaje con su respaldo de la memoria en la llenadora de sacos.

Delimitaciones

Alcances

Se desarrolla un estudio de control de pesaje en la compañía Yara Costa Rica ubicada en el INVU, Puntarenas, el cual es importante en la productividad de la línea de ensacado o monoproducción, ya que actualmente la empresa requiere de la implementación de dispositivos electrónicos, como un monitor o *display* que permita en tiempo real, verificar los pesos de los sacos y la utilización de sensores en la tolva de abastecimiento, permitiendo incrementar la eficiencia en el llenado de los sacos.

De este modo y mediante la implementación de herramientas ingenieriles como la aplicación de un sistema automatizado en el proceso, mejorará los resultados en el rendimiento de la producción y minimizará el desperdicio y el reproceso de sacos por errores de pesaje.

Limitaciones

Las limitaciones en este aspecto, corresponden a los recursos de la empresa, debido a que se dificulta su implementación por el tema de la inestabilidad de las ventas, además de competir a nivel nacional con otras de excelencia en la producción del fertilizante, por otro lado, está el tiempo de disponibilidad para la realización del proyecto, dado que se debe planificar las labores de aseo y limpieza en las líneas de producción y además, en algunas ocasiones no solo se producen sacos, sino también bolsones.

Seguidamente se presentan limitaciones en cuanto a cambios en el personal que se ve reflejado directamente en el muestreo, dado que depende del criterio de la aceptación en cuanto al rango óptimo de pesaje, sumado a esto, las producciones están programadas en diferenciación de peso, por una cuestión de que se planifican producciones en 25, 45 y 50 kg, dependiendo de la exigencia del cliente, además, el pesaje se ve reflejado en afectación directa, cuando es sellado o amarrado con gaza plástica, ya que en caso del último mencionado, aporta peso al saco.

Delimitaciones

El proyecto se realizará específicamente en el departamento de la línea de ensacado o línea de monoproducto en las instalaciones de Yara Costa Rica. No existe limitación respecto a los recursos de información, ya que el personal especializado en el momento de recurrir a los datos necesarios los brinda con toda seguridad. Por efectos de horarios de trabajo de los participantes y estudios, los estudiantes se turnan para realizar muestreos y supervisión del proceso.

Como parte de la delimitación que presenta el departamento de producción de la línea 2 de monoproducto, debido a la gran pérdida que se da, ya que los sacos presentan una menor o mayor cantidad de la establecida, ya que los pesos no son reales y ocasionan, por un lado, clientes insatisfechos con las entregas finales y por otro, la pérdida de materias primas a la empresa.

Capítulo II. Revisión de la literatura

Marco teórico

Un visor o monitor es un aparato electrónico muy funcional que busca mostrar la información digital que se esté procesando en el momento y en tiempo real, con el fin de poder visualizar mejor los cambios en el pesaje de los sacos de la línea de producción, realizando un enfoque a la variación existente del saco en cuanto al peso que se da cuando la cantidad es medida, mas no es observada y como no se verifica bien la cantidad que se dispensa en el saco antes de que salga, no se tiene con certeza su peso exacto y por lo tanto, ocurre la desconfiguración en la llenadora.

Así, esta debe ser reconfigurada en el momento, ya que esto pasa por los niveles mínimos y máximos de producto en la tolva, al final lo que genera son descargas incompletas de fertilizante o sobrepasadas de peso y eso se vería en el visor antes de que se descargue para corregir en tiempo real y no tener que reprocesar los sacos.

Ahora, viéndolo desde el punto de sistema de control en un tiempo real, sería utilizar la base de datos que despliega la misma llenadora en una computadora por aparte, usando el mismo programa para poder verificar y estar al pendiente, en caso de que no se presenten alteraciones en el peso, es solo de observar los datos y con estos ir generando gráficas que presenten los rangos adecuados de pesaje en los sacos, esto se estaría realizando al colocar el cableado de monitoreo de la llenadora

a la computadora en la cual se instalará el programa que se requiere, ya que este equipo presenta esta opción, simplemente que no se utiliza actualmente el sistema.

Esto erradicaría casi por completo al pesador y verificador de peso, ya que se estaría controlando de forma digital en tiempo real con los datos suministrados por la misma llenadora antes de dispensar el fertilizante, por lo tanto, solo sería necesario verificar el pesaje nuevamente en caso de alteraciones muy frecuentes o una mala calibración inicial de la llenadora.

Por otra parte, con respecto a William Crespo en su *blog* Automatización Industrial expresa que: “La Automatización Industrial es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana” (Crespo, 2011).

En sí, es un conjunto de tecnología que no es necesariamente aplicable en la máquina de los procesos productivos, también se puede llegar a utilizar en los procesos de servicio que busquen mejorar el paso a paso que lleva un procedimiento más eficiente desde la instalación hasta la comercialización. El principal objetivo de la automatización es producir la mayor cantidad en el menor tiempo posible y con productos más uniformes.

Según las ideas de Crespo (2011), se interpreta que existen diferentes tipos de automatización, entre ellos está la fija y que, valga la redundancia, se utiliza para las operaciones fijas y repetitivas que buscan alcanzar altas tasa de la producción, esta es inflexible en la variedad de productos, pero puede aumentar la eficiencia.

También está la automatización programable, que es en la que se puede realizar cambios en los productos y operaciones, estos se dan por medio de un programa de control en el equipo automatizado.

Además, la automatización programable es la más adecuada para producir en lotes, ya que la producción es media-alta. Pero en sí, es difícil de reconfigurar el sistema para nuevos productos o secuencias, así que se requiere de un tiempo para poder hacerlo y está la automatización flexible que presenta un equipo de control que da mayor flexibilidad para realizar rápidamente los cambios en los productos, los cuales se realizan por medio de comandos dados en forma de códigos. Este tipo de automatización llega a permitir la fabricación de múltiples productos con procesos mixtos en lugares separados.

De este modo, al aplicar la automatización se van a conseguir múltiples ventajas como reducir los tiempos muertos y por ende, una mayor cantidad de tiempo operativo, produciendo más y con un mejor control; trabajando hasta 24 horas por día sin bajar el rendimiento y originando mejor calidad, ya que se eliminan los desperdicios de material y se logra una mayor seguridad para el operario, porque si existe algún trabajo crítico, lo haría un robot y no se pone en riesgo la vida humana y a su vez, se tendría información precisa en el momento que se necesitara.

Al unir todos los procesos mediante la tecnología, los sensores llegan a indicar lo que está sucediendo, de este modo, se manda una señal a los sistemas de comunicación que se enlazan con los controladores lógicos programables, donde “Un Controlador Lógico Programable, o P.L.C. (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller) es

un computador especialmente diseñado para automatización industrial, para el control de una máquina o proceso industrial” (Dani-Skog, 2012).

En otras palabras, es un sistema de control que permite fiscalizar los procesos industriales. Asimismo, tiene las opciones de monitoreo y análisis de condiciones, las cuales se logran ver en un HMI (Interfaz hombre-máquina), una pantalla de operación o en una red superior.



Figura 4. PLC, M-DUINO PLC Arduino Ethernet 50RRA.

Fuente: (Industrial Shields, 2016)

Presenta un hardware que contiene procesadores, puertos de comunicación y memoria, entre otros, como también tiene su software, sistema operativo firmware y una programación específica que depende del uso. A la vez, presenta diversos canales para poder medir las señales que provienen de los sensores de las

máquinas o procesos que se están controlando. Este sistema funciona como controlador en tiempo real, pues reacciona a las condiciones que esté vigilando.

De acuerdo con las ideas de Danl-Skog (2012) se interpretó que un PLC puede ser parte de diversos controles, ya sea un sistema de control distribuido, el cual es un método de control de proceso que se encuentra desarrollado por una red de supervisores que busca la observación en tiempo real. Como también, el PLC puede ser parte de un sistema de seguridad, el cual es una salvaguardia cuando la máquina se sale de control, de este modo, no se debe de usar el mismo PLC de control para seguridad y también puede formar parte de un SCADA, el cual es el control de una red alineada al monitoreo de diversos artefactos que se da en tiempo real. Para aclarar: “La HMI (interfaz hombre-máquina) es el punto en el que seres humanos y computadores se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente tanto información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas” (Rodríguez, s.f.).

Una interfaz hombre-máquina es cuando el ser humano interactúa con una computadora para el desarrollo de una actividad, en este caso el productivo. Dichas interfaces deben estar bien diseñadas con el fin de hacer las cosas más simples y que los usuarios puedan encontrar las respuestas en el momento en que las necesiten. Las HMI tienen diversos puntos de vista que van a depender de la persona que las perciba, ya sea usuario, programador o diseñador con conceptos y percepciones diferentes.

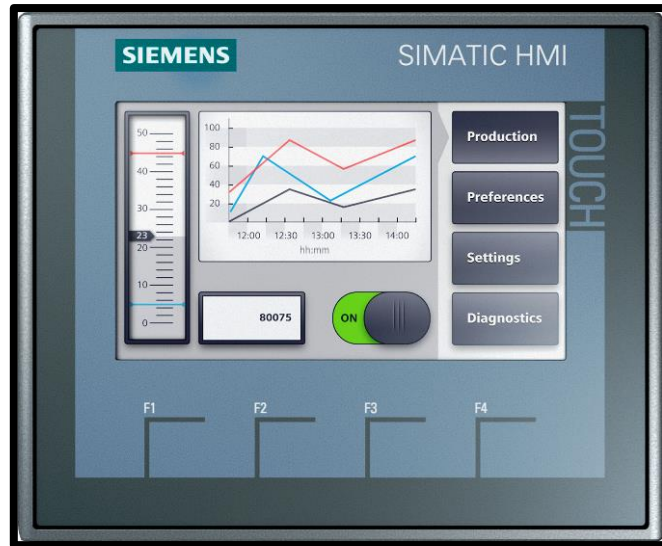


Figura 5. Pantalla táctil SIMATIC HMI, KTP400 Basic.

Fuente: Google (2018)

El modelo del usuario se concibe desde el punto de vista del consumidor y consiste en que funcione como ellos quieren, muchas veces estas interfaces deben facilitar la creación de un modelo meta efectivo, para ello, constantemente utilizan metáforas, las cuales relacionan algo del sistema con situaciones ya conocidas por el interesado. Este concepto corresponde a la mezcla de las necesidades, ideas, deseos de los usuarios y de los materiales con los que dispone el programador para diseñar el software.

Este método refiere los objetivos que utiliza el consumidor, su presentación y las técnicas de interacción para su manipulación. Este modelo puede presentar tres diversas partes como presentación, lo cual es lo que llama la atención del consumidor, pero en sí, no es lo más importante, la interacción se da por medio de

diferentes dispositivos que utiliza el comprador y las relaciones entre sus objetivos, es cuando el diseñador elige la metáfora adecuada para el modelo del usuario.

De acuerdo con las ideas de Rodríguez (s.f.) se logra interpretar que para diseñar una HMI se debe cumplir con ciertas normas sumamente importantes como dar el control al usuario, esto ayuda al diseñador al brindar la facilidad al usuario para realizar su trabajo, la interfaz debe de ser flexible, ya que no siempre es un mismo usuario el que la utiliza, así que se debe de adaptar a las diversas personas. Debe reducir la carga de memoria del usuario y ayudarle a guardar cosas para que no tenga que almacenarlas por sí mismo. La última regla es la consistencia y se refiere a darle acceso a los usuarios para que apliquen el conocimiento adquirido en otros programas.

Así: “Sensor: Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente” (Española, Real Academia de la Lengua, s.f.). Los sensores llegan a ser igual que un ser humano, presentan muchas de sus características; son útiles para la producción y logran determinar los niveles mínimos y máximos en la tolva, como dispositivos que permiten transmitir señales eléctricas, detallar un poco más cuando por ese motivo, cada vez se ven más en los procesos productivos o sectores tecnológicos.

Estos dispositivos electrónicos permiten interactuar con el entorno, proporcionando información de diversas áreas y de este modo, se pueden generar las órdenes y activar los procesos.



Figura 6. Sensor de niveles.

Fuente: Google. (2018)

También se pueden clasificar según su funcionamiento, ya sean activos, porque son los que reciben la energía de una fuente externa para realizar su funcionamiento; por otro lado, también están los pasivos, que no requieren energía de ninguna fuente externa, debido a que ellos mismos presentan lo necesario para su funcionamiento.

Atendiendo las señales que proporcionan, pueden ser analógicos que son los que pueden tener infinidad de valores entre un mínimo y un máximo y también están las digitales que brindan una información digital que puede llegar ser cero o uno lógicos, también puede ser un código de bits. Por la naturaleza de su funcionamiento, estos son de posición y se transforman dependiendo dónde estén en cada instante, los fotoeléctricos son los que se alteran dependiendo de la cantidad de luz que incide en ellos y tiene su función en la iluminación.

Los magnéticos se modifican dependiendo de los campos que los atraviesan; los de temperatura se perturban conforme cambian de la zona donde se encuentren ubicados y los de humedad son los que se alteran dependiendo del nivel existente en el medio que estén. Los de presión cambian conforme a la que sean sometidos, barométricos o de resistencia; los de movimiento son los que cambian con el desplazamiento y, por último, los químicos que varían con los agentes externos que puedan incidir sobre ellos.

Los sensores según los elementos utilizados en su fabricación pueden llegar a ser mecánicos, los cuales utilizan contactos que se abren o cierran; también están los resistivos que utilizan en su fabricación este tipo de elementos; los capacitivos se refieren a los que son fabricados con condensadores; los inductivos hechos con bobinas; los de piezoeléctricos elaborados con cristales como cuarzo y los semiconductores que se producen como su nombre lo indica.

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), Fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, Semiconductores)
Humedad	Resistivos, Capacitivos
Posición/Inclinación	Mecánicos, Resistivos, Acelerómetros, Magnéticos
Presencia	Magnéticos, Infrarrojos, Ultrasonidos
Distancia	Infrarrojos, Ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, Resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, Magnetoresistivos
Frío/Calor	Células Termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de gas y humos

Tabla 1. Tipos de sensores y su aplicación

Fuente: (Serna, Ros, & Rico, 2010)

Conforme a esta tabla, se puede observar las aplicaciones de diversos sensores como los foto resistivos y fotoeléctricos que se aplican en la iluminación; los termistores que son aplicados en la temperatura; a los resistivos y capacitivos utilizados en la medición de la humedad; los mecánicos, resistivos, acelerómetros y magnéticos que se utilizan para medir posiciones; los magnéticos, infrarrojos y ultrasónicos son manipulados con la presencia de los objetos.

Para medir distancias están los infrarrojos y los ultrasónicos; además están los de presión que serían los piezoeléctricos y resistivos. Además, para medir los caudales se llega a utilizar los sensores de piezoeléctricos y magnetos resistivos; para medir frío/calor están los de células termoeléctricas y para medir los químicos se pueden llegar a utilizar los detectores de gas y humo.

Capítulo III.

Metodología del proyecto

Estrategia metodológica

El presente proyecto consta de una mejora al proceso de pesaje de la línea número dos de monoproducto, en la empresa Yara Costa Rica. La propuesta surge debido a la necesidad de la empresa, en dar seguimiento a los pesos reales de cada presentación de sacos de fertilizantes (25, 45 y 50 kg), sin embargo en el estudio del proyecto nos basaremos únicamente en el empaque de 45 kg, ya que se han presentado situaciones en las que el cliente presenta reclamos respecto al peso del producto, se recibe una menor cantidad entre el límite máximo y mínimo de peso dado por la empresa, lo cual afecta el servicio que ofrece Yara Costa Rica, creando clientes insatisfechos; sin embargo, hay situaciones en las que los sacos presentan una mayor cantidad de producto, lo que ocasiona pérdidas a la empresa, por lo que es importante monitorear el pesaje de los sacos.

De este modo, al tener claro el tema principal del proyecto, se procede a visitar la planta para tener una visión de las labores realizadas en la línea de producción, mediante la observación se evidencian los factores en los cuales se debe realizar un énfasis para lograr la eficiencia productiva y la calidad deseada del fertilizante. Posteriormente, se realiza el muestreo de pesos de los sacos, con el fin de analizar por medio de gráficas estadísticas, las variaciones del peso, de este modo mediante la evidencia de los datos obtenidos, implementar posibles propuestas en torno a la automatización de PLC (Controlador lógico programable) y HMI (Interfaz hombre-máquina) que permitan aumentar el rendimiento productivo,

como también reducir la duplicidad de labores y pérdidas económicas para la empresa.

Tipo de investigación

Se utilizará la investigación descriptiva para el presente proyecto, ya que se busca medir e indagar en el comportamiento que tienen las variables analizadas, por medio del conocimiento y aprendizaje a lo largo de la investigación, por lo que se detallarán los errores encontrados y de este modo, brindar una solución al problema, al evaluar los factores que se desea estudiar y finalmente determinar el estado actual del proceso.

Por lo tanto, este proyecto se desarrollará con un tipo de investigación descriptiva, la cual Sampieri (1998), la describe de la siguiente manera: “(...) Los estudios descriptivos permiten detallar situaciones y eventos, es decir, como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno y busca especificar propiedades importantes, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (...)” (p. 60).

De esta manera, se analizará el proceso de control de pesaje de la línea número dos de monoproducción en la empresa Yara Costa Rica, con el fin de conocer los aspectos que influyen en las variables que se estudiarán en el proyecto.

Enfoque metodológico

La investigación se basa en el enfoque mixto, el cual es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, que responde a un planteamiento del problema. Cabe destacar que el enfoque mixto va más allá de la simple recopilación de datos de diferentes modos sobre el mismo fenómeno. Implica desde el planteamiento del problema hasta el uso combinado de la lógica inductiva y la deductiva. Como indican Tashakkori y Teddlie: “(...) Un estudio mixto lo es en el planteamiento del problema, la recolección y análisis de los datos y el informe del estudio (...)” (2003).

De esta manera, se realizará un análisis de los resultados obtenidos de la investigación, se tomará en cuenta el conocimiento de los operarios de producción, por el cual, se logrará identificar la relación entre las variables del proceso del departamento de producción, específicamente en la línea número dos de ensacado en Yara Costa Rica.

Por lo tanto, la investigación presenta un análisis enfocado en la observación y el conocimiento adquirido, para poner en práctica el aprendizaje y así realizar las comparaciones con datos históricos y actuales, por lo que según Fernández Ballesteros describe: “(...) la observación ofrece indudables posibilidades de aplicación, ya que se trata de una herramienta flexible, rigurosa y con escasos inconvenientes. En definitiva, es la estrategia fundamental del método científico” (1992). Finalmente, se entiende que la observación es una técnica en la que se

realiza un análisis y se proponen las mejoras, con base en el conocimiento obtenido del proceso analizado.

Población y muestra

Población

Es la “Totalidad de unidades de análisis del conjunto a estudiar” (Ángelo, 2018). Cabe mencionar que, como referencia, se toma una muestra histórica y actual de 2150 sacos, las cuales deben cumplir con el programa de producción establecido. Principalmente, el objetivo del proyecto se basa en la automatización del control de pesaje de la máquina llenadora de la línea número dos de monoproducto en la empresa Yara Costa Rica, para ello, el desarrollo del documento final tiene una duración de un año, donde ya se analizaron las variables con sus respectivas propuestas de mejora para la futura implementación en la organización.

Por consiguiente, hay una serie de factores en el departamento de producción, respecto a la línea de producción, en la que se encontraron los puntos críticos, con el fin de analizar las variaciones presentes en el control de pesaje para un tipo de empaque de 45 kg. Finalmente, los principales factores que se muestrearán en la línea de producción son los que influyen en el rendimiento del

proceso productivo, entre ellos, el pesador, la máquina llenadora, la tolva de llenado, la selladora, la cosedora y el material de empaque para lograr la productividad deseada.

Muestra

"Una muestra debe ser definida en base de la población determinada y las conclusiones que se obtengan de dicha muestra solo podrán referirse a la población en referencia", Cadenas (1974).

En el presente proyecto, la muestra está enfocada en el peso de los sacos de fertilizante, con base en los datos estadísticos obtenidos, se busca la automatización del proceso de pesaje y una mejor calibración en la tolva de la máquina llenadora, la cual dispensa la cantidad de producto para ser ensacado. Por otro lado, se realizarán cincuenta muestras físicas por día de lunes a viernes, tomando en cuenta los días laborales del mes, es decir veintidós días laborables, durante dos meses específicamente para el tipo de empaque de 45 kg, dando como resultado un total de 2150 muestras contabilizando los dos meses, con el resultado del muestreo conocer la variabilidad de los pesos obtenidos que realiza el operario asignado a la tarea específica de pesaje.

Para el cálculo del número de observaciones existen dos condiciones, ya sea mediante el método estadístico o tradicional. Finalmente, el método utilizado es el

estadístico, ya que requiere de las observaciones (n) mediante la recolección de datos y generación de cálculos estadísticos y en el que se utilizará un nivel de confianza de 95% con un margen de error de $\pm 5\%$.

Técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de la información

Es importante mantener claras las técnicas y fuentes de información para la ejecución del proyecto, las cuales conllevan un análisis detallado para la interpretación de los resultados, por lo que, es fundamental detallar lo siguiente:

Fuentes primarias: es la información requerida para la obtención de datos para el estudio planteado en la empresa Yara Costa Rica, la cual es tomada del departamento de producción respecto a la línea de ensacado número dos, como parte de las fuentes principalmente se cuenta con el personal del área de trabajo para la toma de muestras durante el proceso y otra información que los jefes del área faciliten.

Fuentes secundarias: se entiende como fuente secundaria, la información tomada de terceras partes en relación con el control de pesaje de los sacos. Las principales fuentes secundarias para la obtención de la información fueron históricas de datos suministrados por la empresa, libros brindados por el encargado del área y sitios web de Internet.

Técnica de recolección de la información

La investigación se realizó por medio del método de observación respecto al control de pesaje de la llenadora de la línea número dos de monoproducción, cabe mencionar que, con base en la información recopilada del proceso en estudio, se realizó la respectiva interpretación de los resultados para la automatización de los pesos del fertilizante, lo que permite tener veracidad de la calidad del fertilizante. Se realizaron visitas a la planta para conocer el proceso, las fallencias en el rendimiento de la producción, la infraestructura, la maquinaria y el personal relacionado con el proceso a estudiar.

Instrumentos

Encuesta:

Ferrado aporta que es: “Una investigación realizada sobre una muestra representativa de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con intención de obtener mediciones de la población” (2018). Por ello, para el desarrollo del proyecto se realizaron encuestas al personal del área con la función de conocer las posibles debilidades del proceso y así brindar soluciones concisas.

Diagrama de flujo del proceso:

Manene sostiene que: “El diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución” (2018). El principal objetivo del diagrama de flujo es mostrar las actividades del proceso con sus respectivos tiempos de forma concisa y clara, con el fin de ver a simple vista su funcionamiento y en cuáles aspectos se debe mejorar. La metodología que se aplica para representar las actividades es la siguiente:

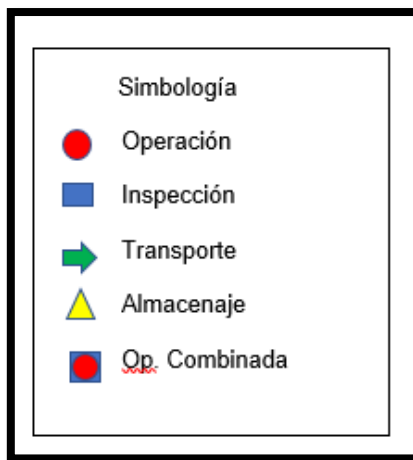


Figura 7. Simbología diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia

Gráficas de control calidad

Aiteco Consultores menciona que: “El principal objetivo de las gráficas de control es monitorear si el producto se mantiene dentro de las especificaciones de calidad y durante cuánto tiempo se mantiene dentro de las especificaciones” (2018).

Cabe mencionar que, para el presente proyecto, se requiere de la herramienta estadística Minitab, en la que se registrarán los datos recolectados del control de pesaje de los sacos de fertilizantes, para determinar la variabilidad de los pesos e implementar medidas necesarias que conlleven al rendimiento en la producción de la línea número dos de monoproducto.

Análisis costo beneficio

Un análisis de costo beneficio es el estudio de la inversión, no solo se basa en el ámbito financiero de nuestras inversiones, sino también en los aspectos sociales y medioambientales sobre lo que el proyecto tenga influencia. Para ello, se realiza la cotización con el proveedor del equipo electrónico que se desea implementar, con el fin de conocer los costos que implica, como también la ficha técnica del equipo y la vida útil con la que cuenta.

Análisis económico

Se conoce la situación actual de la empresa al realizar un análisis económico y así estudiar la capacidad con la cuenta para cumplir con los compromisos de los clientes, proveedores u otras entidades públicas. También interesa conocer si la empresa con su actual estructura económica, financiera y de costos, puede ser viable en un futuro. Para ello, es importante determinar:

- El tipo de equipo a utilizar
- El costo del equipo
- Ventajas y desventajas del equipo
- TIR (Retorno de la Inversión)

Definición de los factores que intervienen en el análisis del control del proceso del área de producción

El proyecto de investigación nace a partir de la posibilidad de automatizar el control de pesaje mediante herramientas electrónicas como el PLC (Controlador lógico programable) y el HMI (Interfaz hombre-máquina), con el fin de evaluar cada variable que afecte la productividad y la eficacia en el proceso. Por ello, se originan seis variables por evaluar. Posteriormente se realiza una descripción de las

variables que han sido definidas para desarrollar el estudio de automatización, que permitirá mejorar la eficiencia y calidad en el producto brindada.

De esta forma, se notará un aumento en el rendimiento de la producción en la línea número dos y será de gran utilidad para la empresa Yara Costa Rica, lograr la mejora continua en sus procesos al atacar los puntos críticos que conllevan a tareas mal ejecutadas. Comprende las siguientes variables:

1. Tolva de llenado
2. La llenadora
3. El pesador
4. Selladora
5. Cosedora
6. Material de empaque

Cuadro de variables (Conceptual, operacional e instrumental)

El cuadro de variables permite explicar con detalle, la definición de las categorías en estudio y las herramientas por utilizar para la obtención de información del proceso por evaluar.

Variables

Una variable, en primera instancia, se debe a una serie de características que se debe modificar en función de algún motivo determinado o indeterminado. Existen dos tipos, las cualitativas y las cuantitativas, son utilizadas para referirse a los objetos o características de las cuales se realiza el estudio de investigación.

La variable, según Adela del Carpio es una “Entidad abstracta que adquiere distintos valores, se refiere a una cualidad, propiedad o característica de personas o cosas en estudio y varía de un sujeto a otro o en un mismo sujeto en diferentes momentos”, por ello, en la presente investigación se detalla de forma clara las siguientes tres variables:

Variable N.º 1: evitar los desniveles de peso en los productos

Esta primera variable hace referencia a la necesidad de la recolección de información planteada en el objetivo específico número uno. Se medirá mediante un muestreo aleatorio de la determinada cantidad de muestras requeridas de los sacos de fertilizantes en el departamento de producción de la línea de monoproducto número dos, en la empresa Yara Costa Rica, en relación con el indicador de peso de los sacos de fertilizantes.

Variable N.º 2: automatización industrial y disminución de problemas de pesaje

La segunda variable se debe a la falta de procesos automatizados en el proceso de producción, entre ellas el procedimiento de la tolva de llenado de los sacos, en el que se da un mayor desperdicio de producto, implementando controles lógicos programables que permitan la obtención de datos confiables y agilicen el proceso productivo, se disminuyan los problemas presentes en el peso del producto terminado, indicado en el objetivo específico número dos. La evaluación de esta segunda variable procederá a ser realizada mediante la utilización del análisis económico y estadístico y con el apoyo de gráficos estadísticos que contemplen los requerimientos por utilizar para la automatización, basados en el indicador de implementación de controles lógicos programables.

Variable N.º 3: reducir el desperdicio y ahorro de personal

La tercera variable hace referencia al objetivo específico número tres, se mide a través de la recolección de inventarios de productos *OFF SPEC* (fuera de especificación), representando a través de los datos estadísticos, el que se puede eliminar gran parte de ese desperdicio por problemas presentes en el cargado de la tolva, en relación con el siguiente indicador: análisis costo beneficio.

Variable N.º 4: comprar equipos modernos para disminuir el desperdicio de producto

La cuarta variable hace referencia al objetivo específico número cuatro, se mide por medio de las propuestas en cuanto a la cotización de los equipos necesarios para reducir el desperdicio de producto en la línea número dos de monoproducto y con esto, disminuir costos a la empresa y lograr automatizar el proceso de ensacado, en relación con el siguiente indicador: control de pesaje con la memoria USB programable.

Además de lo anterior, se aplicaron herramientas de la ingeniería en producción industrial para un mayor desarrollo del estudio planteado, lo cual servirá como complemento de la información obtenida del proceso productivo. Los datos recopilados serán de gran importancia para complementar las variables asociadas a los objetivos específicos del proyecto.

Objetivo	Variable	Indicador
1. Diseñar una mejor visualización del pesaje y control de este a través de un análisis estadístico para generar un diagnóstico de fluctuaciones y afectaciones directas del pesaje.	1. Evitar los desniveles de peso en los productos.	1. Peso de los sacos de fertilizante.
2. Proponer una automatización industrial mediante el uso de controles lógicos programables, interfaz hombre máquina y sensores de nivel, además de control de calidad en tiempo real con el fin de evitar desperdicio y problemas en el pesaje.	2. Automatización industrial y disminución de problemas en el pesaje.	2. Implementación de controles lógicos programables
3. Evaluar el entorno económico que refleje las mermas y pérdidas de producto en la línea de producción dos, mediante un análisis costo – beneficio donde se involucre el retorno de inversión, para la mejora en cuanto a desperdicio de producto y ahorro en personal.	3. Reducir el desperdicio y ahorro de personal.	3. Análisis costo-beneficio.
4. Plantear propuestas con viabilidad económica para la compra de equipos modernos que disminuyan desperdicio y controlen el pesaje con respaldo de la memoria de pesaje en la llenadora de sacos.	4. Comprar equipos modernos para disminuir el desperdicio de producto.	4. Controlar el pesaje con respaldo de la memoria de pesaje en la llenadora de sacos

Tabla 2. Variables de trabajo.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Capítulo IV

Diagnóstico de la situación actual

Situación actual o estado de la cuestión

Es importante mencionar que la distribución del material basado en el pesaje es muy antigua. En España se utilizan elementos como la arroba, el celemín o la fanega, entre otros, las cuales se utilizaban para efectuar un pesaje. Por otro lado, como método de pesaje las balanzas a las que actualmente se les conoce como romanas; no obstante, se tiene el conocimiento que en la actualidad no son elementos que se están usando, ya que con la evolución de la tecnología se han estandarizado las medidas de pesaje. Por ello y en vista de la nueva tecnología, se están utilizando balanzas electrónicas, algunas de ellas funcionan presionándolas y liberando tensión, la cual es transferida a la balanza electrónica, que se encarga de reflejar la lectura del peso del fertilizante.

Después de un cierto tiempo, las balanzas electrónicas están formando parte de los diversos procesos industriales, ya que permiten al operario, mayor rapidez para la colocación del saco y así obtener un peso determinado. Así, con base en el proceso actual de la empresa en el control de pesaje de los sacos, se busca analizar sus puntos críticos y brindar posibles recomendaciones para el aumento de la productividad.

Cabe mencionar que con la llegada de sistemas de automatización como el PLC (controlador lógico programable) se pueden mejorar los procesos productivos al realizar de forma eficiente las actividades laborales, reducir recurso humano innecesario y la repetición de tareas.

Cavero (2015), egresado de la carrera de Tecnologías Industriales, realizó un proyecto de graduación en 2015, en el que su objetivo consistía en automatizar el proceso industrial de pesaje y mezcla, para tres tolvas con diferentes componentes, con el fin de evitar desperdicios de materia prima y que se pudiera detectar cuándo las tolvas estuvieran con exceso de producto.

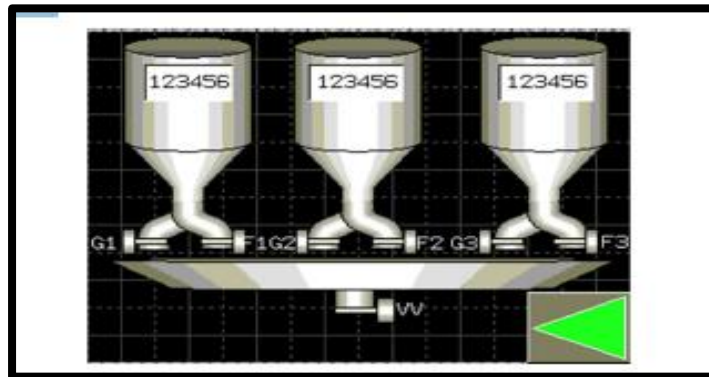


Figura 8. Proceso de las tolvas.

Fuente: Cavero, 2015

Es fundamental, el conocimiento de metodologías de la ingeniería para ejecutar tareas específicas, en las cuales, por medio de análisis y propuestas planteadas, se busque mayores rendimientos de producción, disminución de paros en el proceso y gastos innecesarios que ocasionen pérdidas a la empresa. Por consiguiente, por medio de la aplicación de instrumentos de medición, tanto cualitativa como cuantitativa, se busca la mejora continua en el control de pesaje de los sacos de fertilizante.

El PLC (controlador lógico programable) y el HMI (interfaz hombre-máquina), serán herramientas esenciales para el desarrollo del proyecto en estudio, ya que el

principal objetivo es buscar la automatización de los pesos en cuanto a los diferentes empaques (25, 45 y 50 kg), sin embargo, el enfoque del proyecto es en el empaque de 45 kg, así brindar a la empresa un documento que haga constar que la propuesta planteada será viable, en términos económicos y operativos.

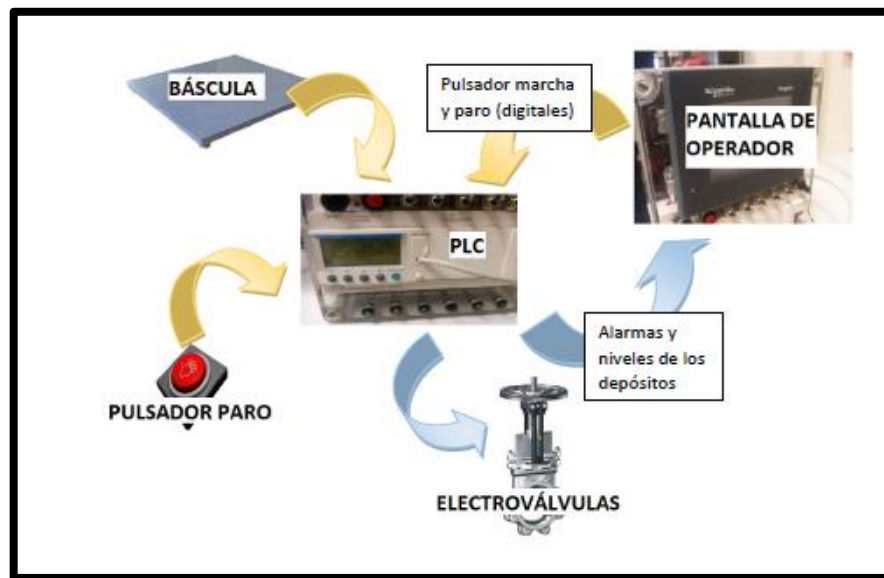


Figura 9. Elementos conectados al PLC (Controlador lógico programable).

Fuente: Universidad politécnica, 2015

Como indica Nicola Haro A, egresado de la carrera de electrónica y planteó una tesis en la que analiza el pesaje de trigo en la producción de harina, el funcionamiento del sistema de pesaje se basa en la utilización de dos balanzas, una de ellas pesa el trigo que ingresa al silo y la segunda, el trigo que sale de la línea de producción. El diseño de los depósitos de pesaje contempla la utilización de celdas de carga, las cuales son sensores que emiten una señal eléctrica ante

variaciones de peso. La señal se acondiciona y la transmite a un controlador electrónico, el cual permite visualizar la lectura del peso. (2009).

Cabe mencionar, la importancia de analizar las variables que afectan el proceso y que generan pérdidas a la empresa, ya que, si se implementan las propuestas planteadas, se podrá corregir las fallas presentes.

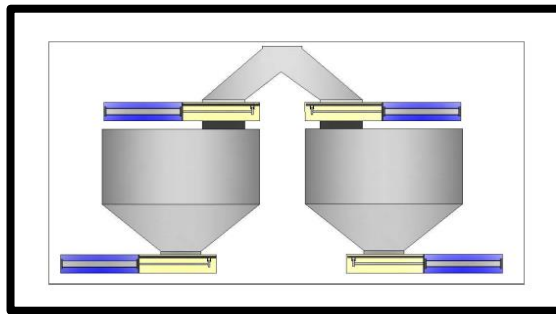


Figura 10. Bosquejo de balanza de ingreso deseada.

Fuente:(Haro Alejandro, 2009)

Finalmente, el sistema PLC (Controlador lógico programable) son aplicados en diversas industrias debido a su facilidad de programación, ya que disminuye costos, pero también tiempo, al reducir el mantenimiento se alarga la vida útil, lo cual hace que se trabaje con un mayor rendimiento. Todo este levantamiento de información, además de ayudar a documentar los procesos es un factor clave para el diagnóstico de cada operación y lograr el mejoramiento de estos.

El proceso inicia con el llenado de la tolva de la línea de monoproducto, las cuales abastecen la máquina llenadora, la misma dependiendo de las especificaciones del producto, puede llenar sacos de 45 y/o 50 kg. Seguidamente

del llenado de la tolva, se continúa con el proceso de llenado de sacos, que consiste en llenar el saco con la cantidad de producto necesaria con base a la especificación del cliente. Posteriormente, después del proceso de llenado sigue el sellado, el saco de fertilizante consta de dos partes, el *liner* (forro plástico interior) y el saco, propiamente.

Esta acción es sumamente importante y necesaria, ya que las mezclas o hidrosolubles tienen una tendencia a humedecerse y ponerse duros con el pasar del tiempo. Luego del sellado, el saco es cocido (el *liner* va por dentro), operación necesaria para mantener al *liner* junto con el producto dentro. Por último, se entariman los sacos para su posterior almacenaje en la bodega. Para entender mejor el proceso, se adjunta el siguiente diagrama de actividades del proceso:

PROCEDIMIENTO DE LA LINEA DE PRODUCCION DE FERTILIZANTE											
Numero	Tareas	Diagrama	Ejecutores								
			Usuario Interno	Superior Inmediato	Director de área	Proveedor externo	Sección de Servicios	Quien lo hace	Quien debe Hacerlo	Tiempo Minutos	
1	Validar el marcado correcto del saco (Lote interno, formula química y cliente)	□		•					Profesional	Profesional	3
2	Llenar el saco de fertilizante	○	•						Operario	Operario	5.62
3	Pesar saco de fertilizante	○	•						Operario	Operario	23,2
4	Sellar saco de fertilizante	○	•						Operario	Operario	7.9
5	Cocer saco de fertilizante	○	•						Operario	Operario	4,2
6	Entarimar o estibar los sacos de fertilizante	○	•						Operario	Operario	25
7	Supervisar la linea de produccion de fertilizantes	○		•					Profesional	Profesional	315
8	Transporte a bodega de producto terminado	⇒	•						Montacarguista	Montacarguista	10
9	Almacenaje del producto terminado	△	•						Operario	Operario	10
10	Se procede a realizar los reportes respectivos de produccion, control de paros, y adicionales al puesto jefatura inmediata y Director de Área	○		•					Operario	Operario	120
Total										510,4	

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de producción de la línea 2.

Fuente: Elaboración propia,2019

Diagrama de Pareto cualitativo

FODA

El análisis FODA, también es conocido como matriz FODA. Es una herramienta diagnóstica de las situaciones internas y externas de una empresa u organización, la cual resulta de mucha utilidad por su practicidad y sencillez para la toma de decisiones tácticas y estratégicas a futuro (Melchor, 2015).

El análisis FODA es un método que permite identificar y examinar las situaciones externas e internas de las empresas, con el fin de tomar las mejores decisiones para el futuro y se conforma de las siguientes características: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las fortalezas son puntos fuertes, ventajas competitivas, posiciones alcanzadas que sirven para explotar las oportunidades (análisis interno acerca de la organización).

Las oportunidades son aquellas que representan una posibilidad para mejorar la organización (análisis externo). Las debilidades son los puntos débiles de la empresa, amenazas para la organización, ya que limitan la capacidad de un efectivo desarrollo de las estrategias y deben de ser controladas y superadas (análisis interno). Las amenazas pueden permitir la implementación en la organización de una estrategia para reducir su efectividad (análisis externo).

Las amenazas y oportunidades son externas a la empresa y es difícil controlarlas, pero se pueden anticipar a ellas, simplemente que esta debe ser flexible y dinámica para poder evitar que le afecten.

Pareto (80-20)

El diagrama de Pareto, también se conoce como “Diagrama ABC” o “Diagrama 20-80”. El Pareto es una herramienta eficaz para mejorar la calidad, ayuda a detectar y evaluar los problemas, así como aplicar y analizar las mejoras que se lograron en el proceso. El diagrama de Pareto es una gráfica de barras en columnas verticales, en la que cada una representa una categoría diferente o fracción del problema. Para entenderla hay que empezar por dividir el asunto o problema en partes o componentes y posteriormente, colocarlas de manera ordenada según su importancia (descendentemente, de izquierda a derecha).

Melchor dice que “El principio de Pareto (conocido como regla del 80/20) establece que, “Aunque un efecto es producido por varias causas, una parte importante del efecto (80%) habitualmente es explicado por unas (20%) pocas causas” (2015).

Los porcentajes 80-20 no son exactos, dan un resultado de aproximación, dependiendo del fenómeno en estudio, cuyo objeto es evidenciar las causas que más contribuyen a explicarlo. La idea principal es localizar los pocos defectos, problemas o fallas importantes, para concentrar los esfuerzos en la solución o

mejora de estos proyectos. Este análisis es aplicable en cualquier caso donde se deba establecer prioridades para no dispersar los esfuerzos y optimizar los resultados, particularmente:

- En la asignación de prioridades a los problemas durante la definición y selección.
- En la identificación de las causas claves de un problema.
- Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo posterior a la implementación.

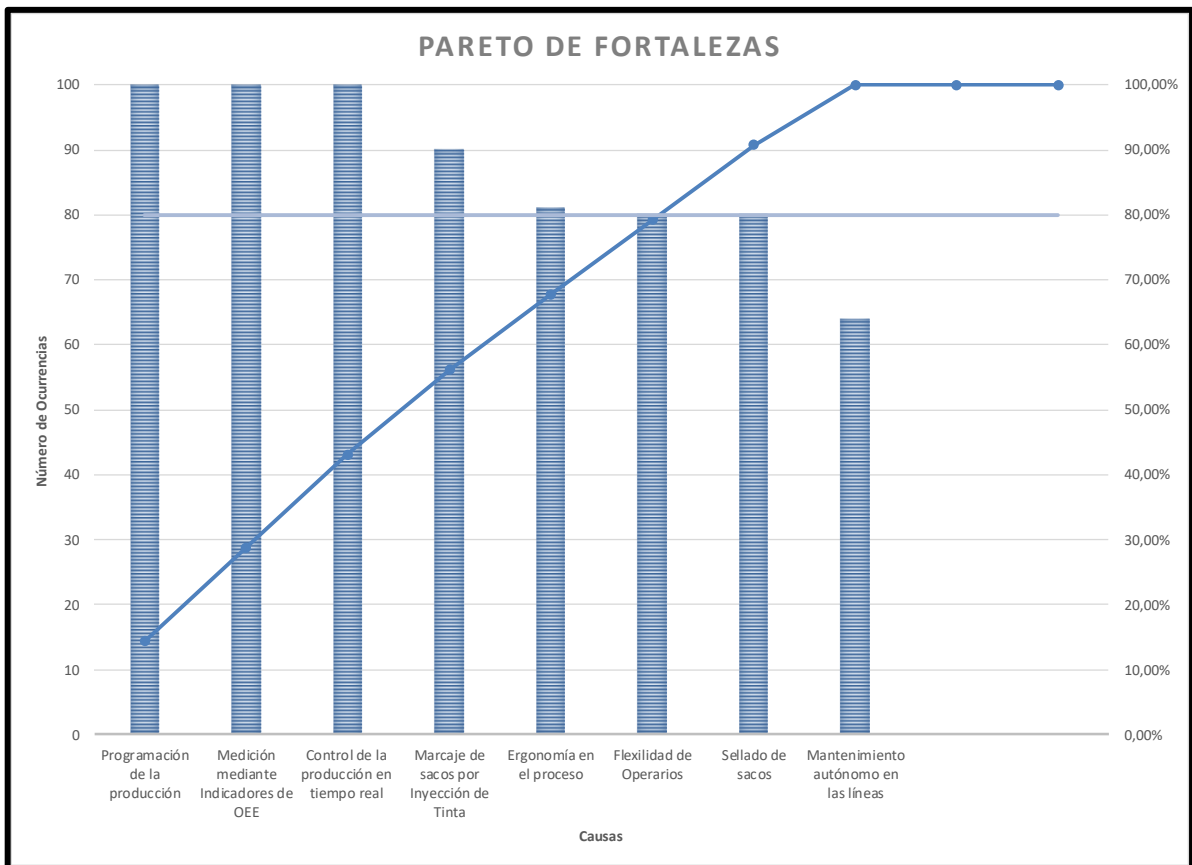
El diagrama de Pareto es especialmente útil cuando se trata de:

- a) Mostrar la importancia relativa de las diferentes causas identificadas para un determinado efecto o problema, en aquellos casos en el que sea el resultado de la contribución de varias causas o factores.
- b) Determinar los factores claves (los más importantes) que influyen en un determinado efecto o problema.
- c) Decidir en cuáles aspectos (“pocos vitales”) se debe trabajar de manera inmediata.

Fortalezas						
N Característica	Descripción	Importancia	Impacto	Valor Total	%	% Acum
1	Mantenimiento autónomo en las líneas	8	8	64	9%	9%
2	Flexilidad de Operarios	10	8	80	12%	21%
3	Sellado de sacos	10	8	80	12%	32%
4	Ergonomía en el proceso	9	9	81	12%	44%
5	Marcaje de sacos por Inyección de Tinta	10	9	90	13%	57%
6	Programación de la producción	10	10	100	14%	71%
7	Medición mediante Indicadores de OEE	10	10	100	14%	86%
8	Control de la producción en tiempo real	10	10	100	14%	100%
				695	100%	

Tabla 3. FODA, Fortalezas.

Fuente: Elaboración propia, 2019



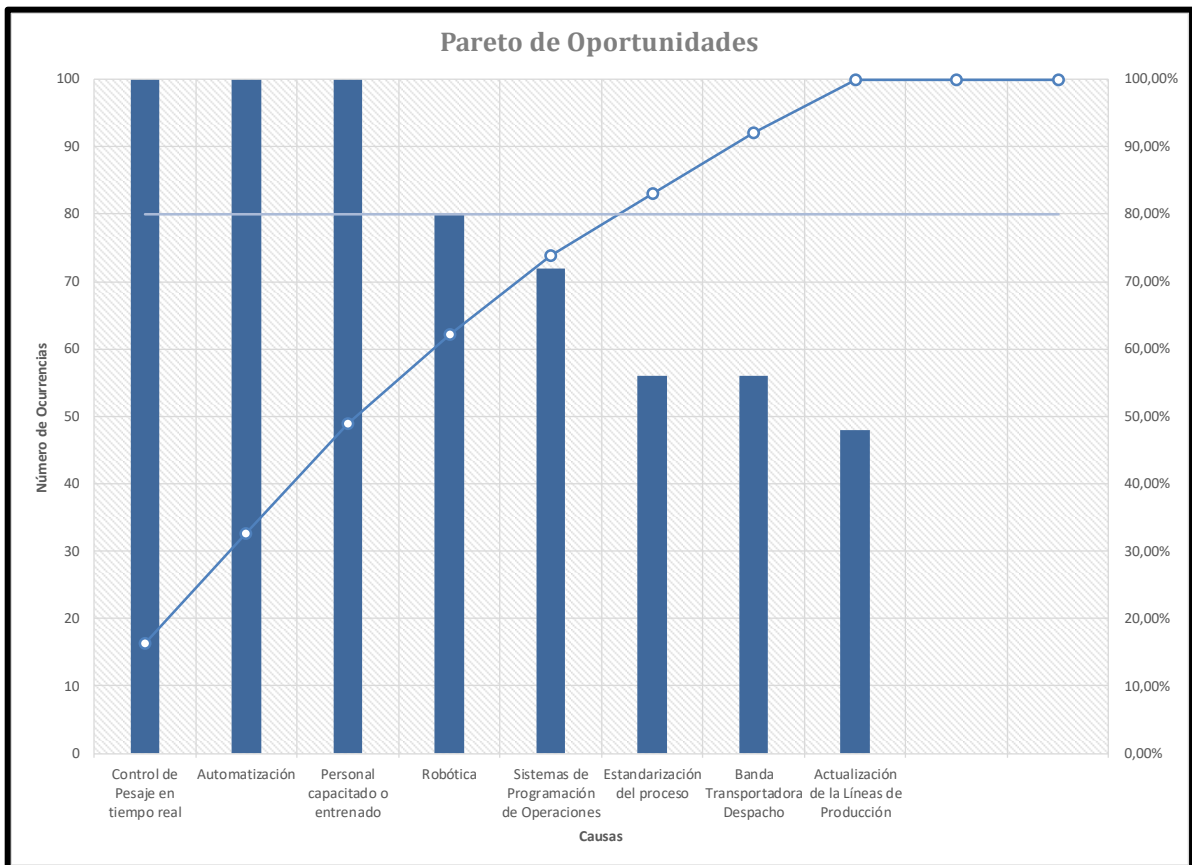
Gráfica 1. Pareto Fortalezas.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Nº Características	Oportunidades					
	Descripción	Importancia	Impacto	Valor Total	%	% Acum
1	Actualización de la Líneas de Producción	8	6	48	8%	8%
2	Estandarización del proceso	8	7	56	9%	17%
3	Banda Transportadora la Despacho	8	7	56	9%	26%
4	Sistemas de Programación de Operaciones	9	8	72	12%	38%
5	Robótica	10	8	80	13%	51%
6	Control de Pesaje en tiempo real	10	10	100	16%	67%
7	Automatización	10	10	100	16%	84%
8	Personal capacitado o entrenado	10	10	100	16%	100%
				612	100%	

Tabla 4. FODA, Oportunidades.

Fuente: Elaboración propia, 2019



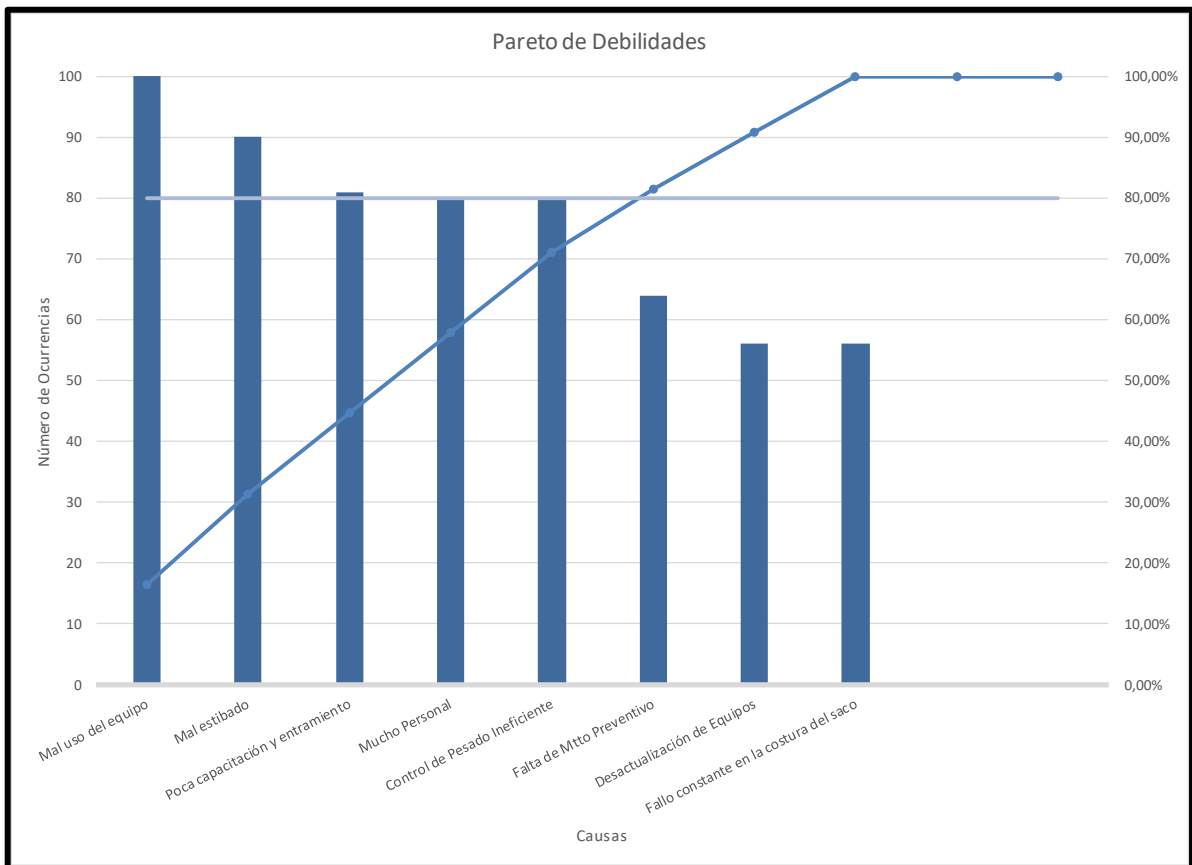
Gráfica 2. Pareto Oportunidades.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Debilidades						
N Característica	Descripción	Importancia	Impacto	Valor Total	%	% Acum
1	Desactualización de Equipos	8	7	56	9%	9%
2	Fallo constante en la costura del saco	7	8	56	9%	18%
3	Falta de Mto Preventivo	8	8	64	11%	29%
4	Mucho Personal	10	8	80	13%	42%
5	Control de Pesado Ineficiente	8	10	80	13%	55%
6	Poca capacitación y entramiento	9	9	81	13%	69%
7	Mal estibado	10	9	90	15%	84%
8	Mal uso del equipo	10	10	100	16%	100%
				607	100%	

Tabla 5. FODA, Debilidades.

Fuente Elaboración propia, 2019



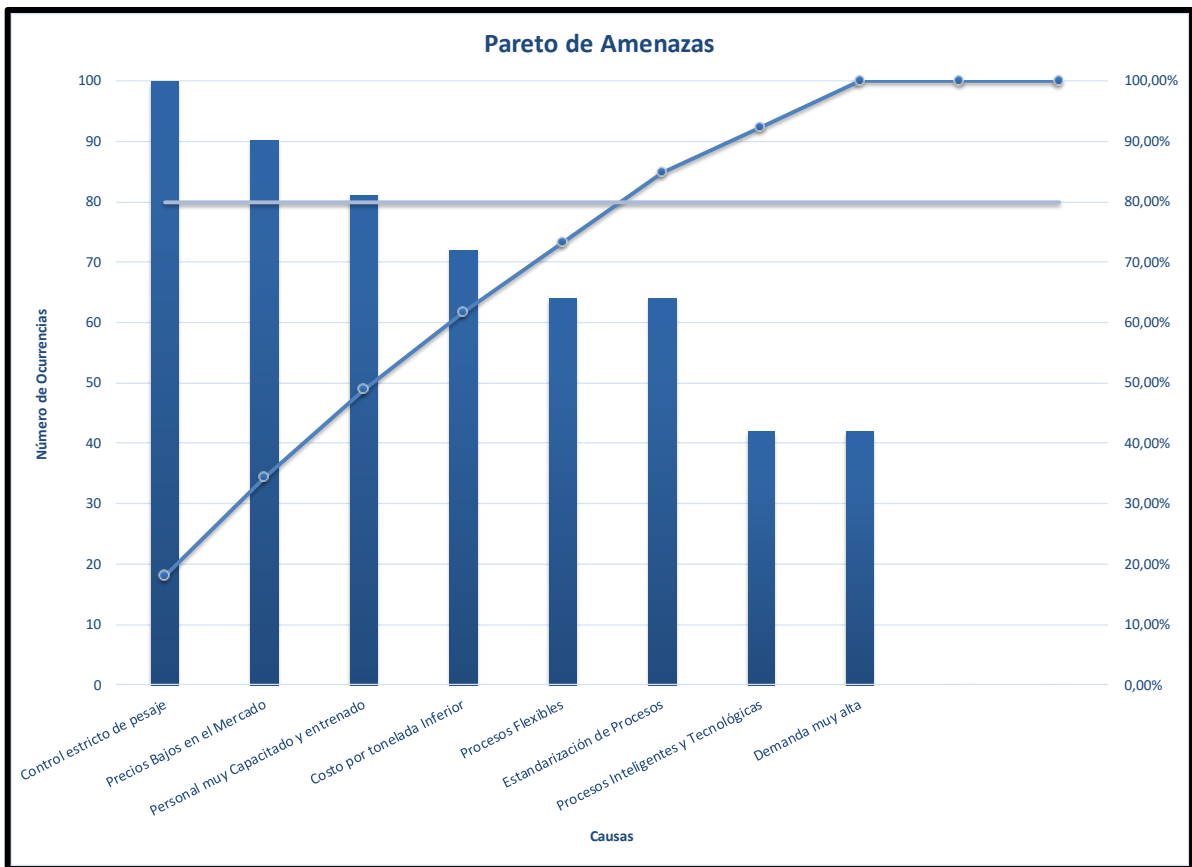
Gráfica 3. Pareto Debilidades.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Nº Característica	Descripción	Amenazas				
		Importancia	Impacto	Valor Total	%	% Acum
1	Procesos Inteligentes y Tecnológicas	7	6	42	8%	8%
2	Demanda muy alta	7	6	42	8%	16%
3	Procesos Flexibles	8	8	64	12%	27%
4	Estandarización de Procesos	8	8	64	12%	39%
5	Costo por tonelada Inferior	9	8	72	13%	52%
6	Personal muy Capacitado y entrenado	9	9	81	15%	66%
7	Precios Bajos en el Mercado	10	9	90	16%	82%
8	Control estricto de pesaje	10	10	100	18%	100%
				555	100%	

Tabla 6. FODA, Amenazas.

Fuente: Elaboración propia,2019



Gráfica 4. Pareto de Amenazas.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Las amenazas se pueden llegar a convertir en oportunidades si se realiza un estudio del medio, de este modo se puede determinar los cambios y problemas más significativos y así, poder anticiparse a ellos, encontrándose a la vanguardia con otras organizaciones, ya que no se pueden cambiar, pero sí se puede escoger cómo enfrentarlas. Las amenazas se pueden convertir en oportunidades con solo unir las variables que no se consigue controlar y darles el valor adecuado, desde ofrecer un mejor servicio hasta mejorar los sistemas.

Por parte de las oportunidades, si no se logra controlar de la mejor manera, se pueden llegar a convertir en amenazas, así que lo mejor sería ponerles atención a las oportunidades y convertirlas en fortalezas, tomar todas aquellas críticas, consejos y posibles soluciones.

Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama espina de pescado conocido también como diagrama de causa-efecto, fue creado por el licenciado en química japonés el doctor Kaoru Ishikawa en 1943. Es una de las herramientas que surgieron a lo largo del siglo XX para el sector de la industria y posteriormente, en el de los servicios.

Este diagrama parece ser a simple vista, un dibujo de un esqueleto de pescado; sin embargo, en el ámbito industrial se utilizan como un modelo para

identificar problemas dentro de la empresa en estudio. En su elaboración se toman en cuenta todos los factores que puedan relacionarse con el problema principal, en este caso, lo serían aquellos que sean provocados por el hombre o personal encargado (malos manejos, malas mediciones, mala manipulación, poca experiencia, mala actitud, ineficiencia, desinterés, irresponsabilidad, etc.) problemas relacionados con las máquinas (mal mantenimiento, máquinas dañadas, máquinas viejas, máquinas mal calibradas o programadas, etc.).

También existen problemas relacionados al material (que este no sea el adecuado para el artículo, que se dé un cambio repentino, que sea de mala calidad, que este vencido, que sea insuficiente, etc.), además inconvenientes de métodos (malos instrumentos utilizados, malos diseños, métodos antiguos o muy nuevos, mala capacitación, implementar pasos innecesarios o tiempo innecesario, seguir malas instrucciones, etc.), problemas con las medidas (malos cálculos, usar utensilios equivocados, cantidades fuera de rango, etc.) en conclusión, el último aspecto que se toma en cuenta es el entorno (poca iluminación, poca ventilación, poco espacio, malas condiciones en general, etc.).

Todo esto con el fin de buscar el factor que está ocasionando el problema principal dentro de la empresa y tener bases suficientes para eliminarlo y mejorar los procesos internos. En el caso de Yara Costa Rica, se pretende analizar las causas de factores negativos que se podrían presentar en el departamento de producción respecto a la línea número dos de monoproducción, para armar un diagrama Ishikawa y percibir un problema principal y seguidamente, con pruebas

exactas sobre la problemática, tratar de formular las mejoras para el beneficio de la empresa misma.

A continuación, se muestra el diagrama Ishikawa del departamento de producción:

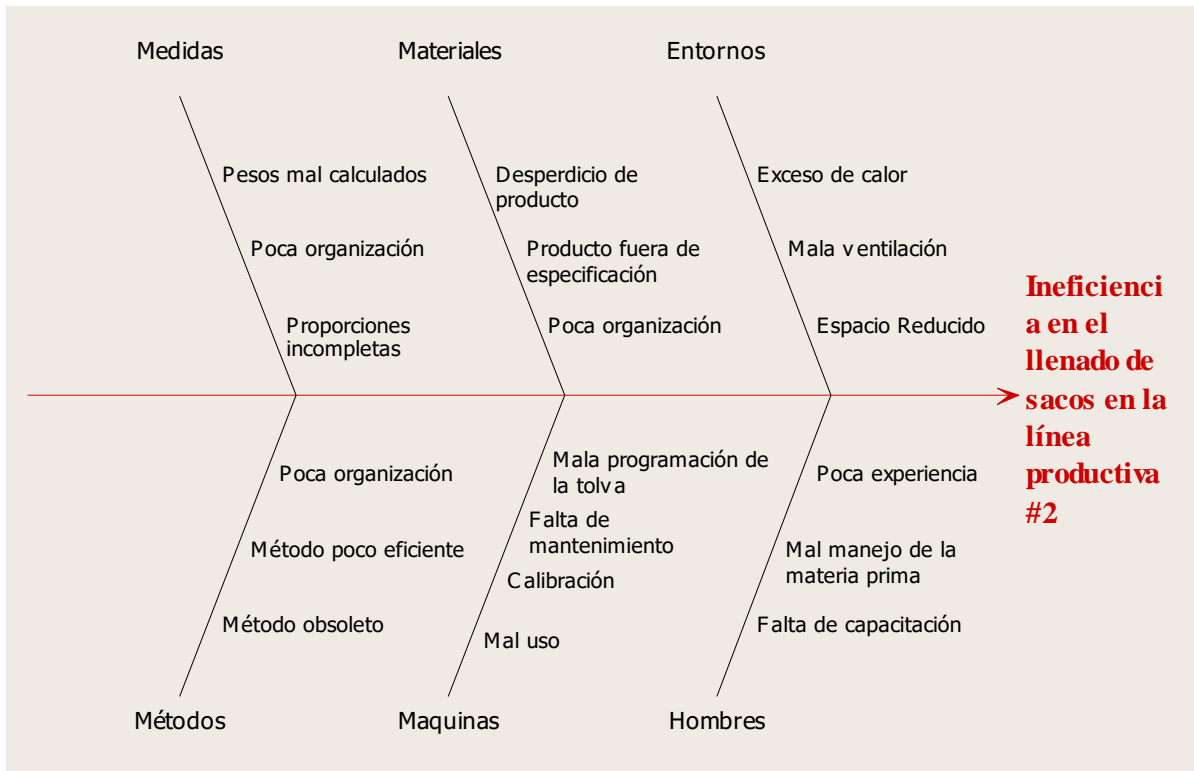


Figura 12. Diagrama Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Según el análisis, se concluye que la empresa Yara Costa Rica está trabajando para ser el número uno en la venta y producción de fertilizantes y mejorar día con día; sin embargo, existen criterios indispensables por considerar para llegar a esa meta. Empezando por la mejora de los procesos y conocimiento

de los colaboradores respecto a la correcta ejecución de las labores en el departamento de producción.

Por lo que se puede observar de las problemáticas presentes en la línea de producción, es fundamental mejorar la programación de la tolva, ya que se genera despilfarro de materia prima, la cual en ocasiones no se puede volver a utilizar, debido a que presenta suciedad o humedad, lo cual implica un costo por producto fuera de especificación en inventario y esto no es conveniente para la empresa.

Otra de las fallas, que hay que evitar, es el peso incorrecto que se presenta en los sacos de fertilizante, por lo que es recomendable brindar una mayor capacitación al personal que ejecuta la función del pesaje y anotar los pesos reales que se obtienen de la romana, para llevar un mejor control y con la ayuda del sensor, se pretende disminuir esta situación y así realizar las debidas correcciones en el preciso momento.

Mediante el diagrama Ishikawa se permite visualizar dónde hay errores en la producción que impiden el incremento en la productividad, esta herramienta es de gran ayuda, ya que permite conocer y plantear soluciones a los problemas para lograr una mayor prosperidad en la calidad del fertilizante comercializado.

Finalmente, es fundamental una gestión de los procesos, analizar donde se presentan las fallas en la línea de producción y así, mejorar el procedimiento para una mayor conformidad del proceso deseado.

Resolución de problemas del diagrama Ishikawa

Se presenta a continuación el diagrama de resolución de problemas en relación con el diagrama Ishikawa que se presentó anteriormente, con el fin de conceptualizarlo de una forma clara y precisa.

Diagrama Ishikawa (Diagrama de resolución de problemas)

1. Planteamiento del problema	2. Causas potenciales principales	3. Soluciones potenciales
<p>¿Cuál es el problema?:</p> <p>Derrame de fertilizante en la llenadora de la línea 2 de monoproducto</p>	<p>Con base en el diagrama de pescado, indique cuál es la causa principal:</p> <p>-Mal control de pesaje, lo cual provoca derrames de fertilizante, los cuales en ocasiones no se pueden reprocesar, generando pérdidas monetarias a la empresa.</p>	<p>Identificar posibles soluciones para encarar la causa principal actual:</p> <p>-Implementación de una memoria en la llenadora de la línea 2, la cual provea la cantidad exacta de fertilizante según el peso requerido. (45-50kg)</p> <p>-Extraer información del <i>display</i> a una base de datos para realizar estadísticas más reales de los pesos de los sacos de fertilizante.</p> <p>-Agilizar el proceso de ensacado de los sacos e inventarios y así reducir costos de producción por desperdicios de materia prima.</p> <p>-Evitar diferencias en el pesaje mediante un sensor</p> <p>-Capacitación al personal.</p> <p>-Iluminación en zonas oscuras de la línea 2 de monoproducto</p>
<p>¿Cuál es el impacto?:</p> <p>Pérdida de fertilizante y diferencias en el peso de los sacos de fertilizante</p>		
<p>¿Dónde ocurre el problema?:</p> <p>En la llenadora de la línea 2 de monoproducto, Yara Costa Rica</p>		
<p>¿Es un tema nuevo o repetitivo?:</p> <p>Es un tema repetitivo</p>		
<p>Estado de contención del problema (rápido arreglo):</p> <p>Es un arreglo que conlleva inversión por lo que no es tan rápido de implementar.</p>		
<p>6. Prevenir recurrencias</p>	<p>5. Evaluar el impacto de las acciones</p>	<p>4. Soluciones para implementación</p>

		Evaluar las soluciones por ser implementadas mediante la escala fácil y efectiva (1:poco, 2:medio, 3:alto)			
		Solución	Fácil	Efectiva	Total
<p>¿Ocurre esto en otros equipos, sistemas o plantas?:</p> <p>Sí ocurre en otras líneas de producción, las cuales tienen un sistema más obsoleto.</p>	<p>¿Resolvieron las acciones el problema? Si no, ¿qué más se necesita para hacerlo?:</p> <p>-Con la propuesta de mejora se resuelve el problema y se necesita continuar con el seguimiento y supervisión para generar un mejor hábito en el personal relacionado con el proceso.</p>	Memoria en la llenadora de la línea 2	2	3	6
		Información en el <i>display</i>	3	3	9
		Agilizar el proceso de ensacado	2	3	6
		Reducir costos por derrame de materia prima	1	2	2
		Evitar diferencias en el pesaje	1	2	2
		Capacitación al personal	2	2	4
		Iluminación en zonas oscuras de la línea de producción	3	3	9

Tabla 7. Diagrama de resolución de problemas.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Técnica de los 5 porqués. Análisis de las causas raíz

Problema 1: Derrame de fertilizante en la tolva de llenado de la línea número dos de monoproducto

1- ¿Por qué se derrama el fertilizante de la tolva de llenado de la línea de producción?

Porque el encendido de la banda transportadora libera una acción constante de llenado a la tolva, este no es controlado más que por un operario en una llenadora de sacos con una botonera de encendido y apagado.

2- ¿Por qué la acción de llenado a la tolva es constante y no regulada?, ¿qué asegura que el operario no se equivoque en el proceso y se siga derramando el producto por causa de descuido o trabajo bajo presión?

Porque no existe una automatización del proceso que regule mediante sensores de nivel o uno ultrasónico, el llenado a la tolva de la línea de producción, por otro lado, el descuido humano es inevitable, dado que existen responsabilidades adquiridas en la función del llenado de sacos, por lo tanto, la prioridad del operario es esta, el control del encendido y apagado es una función extra que desempeña como abastecimiento de materia prima para la máquina que dispensa el producto a los sacos.

3- ¿Por qué es una responsabilidad extra del operario encargarse de un control cruzado entre el llenado de sacos y el encendido y apagado de la banda transportadora que da cabida al proceso de abastecimiento de materia prima a la tolva de la línea de producción?

Porque las funciones principales abarcan el llenado de sacos como tarea directa, el correcto accionar de esta operación, la verificación del pesaje en los sacos, la reconfiguración de la llenadora, la revisión y el visto bueno del material de empaque y el cumplimiento de los programas de producción, por ende, la asignación de tener una supervisión del encendido y apagado de la banda transportadora es un extra al cumplimiento normal del puesto de trabajo, además, que el descuido del proceso de llenado a la tolva es por causa de velar por las otras responsabilidades. Es por ello recomendable su automatización.

4- ¿Por qué se sugiere que una automatización industrial se debe implementar para la mejora del proceso, será posible que con esta recomendación se solucione el problema?

Porque es la mejor opción para que el operario no tenga la responsabilidad de velar por el proceso de llenado de la tolva en la línea de producción, esto evitaría el derrame de producto y se erradicaría, disminuyendo de forma relevante el desperdicio de fertilizante, debido a un proceso no regulado a través de sensores y niveles máximos y mínimos de llenado, en los utensilios de almacenaje de materias primas.

5- ¿Por qué se disminuiría el desperdicio del producto, qué ventaja tendría automatizar el proceso de llenado a la tolva de la línea de producción?

Porque el derrame de producto de la tolva sería completamente disminuido a tal punto que no se produzcan más derrames y desperdicios de fertilizante por causa de este problema, automatizar el proceso trae consigo muchas ventajas, entre algunas están:

- Control de llenado a través de sensores.
- Aumento y disminución de la velocidad en la banda transportadora que ayudaría a disminuir su desgaste.
- Menor limpieza del equipo y del suelo al disminuir el derrame del fertilizante.
- Erradicación de la responsabilidad del llenador respecto a la tolva, solo en caso de una verdadera emergencia.

Problema 2: Error en la verificación del pesaje de sacos en proceso de llenado de este.

1- ¿Por qué se genera este error de verificación en el pesaje de los sacos?

Porque en algunas ocasiones existe una mala calibración de los equipos de verificación; sin embargo, partiendo de que se realiza de forma diaria por el personal y de forma mensual por equipos técnicos calificados y certificados, el

problema incide en que la previsualización del pesaje es observada hasta que la cantidad de fertilizante se dispensa en el saco, además de esto, el control de verificación no es el óptimo, dado que se revisa que el peso del saco sea correcto cada cinco sacos, mientras esto se corrobora, pasa otra cantidad de sacos con mayor o menor pesaje, incurriendo en una pérdida de utilidad o disminución de la calidad.

2- ¿Por qué el error incide en la previsualización de la observación del pesaje y cómo se podría mejorar el control de verificación de peso?

Porque permite visualizar con detalle el pesaje en tiempo real, adjudica ventaja al detener un momento la producción, reconfigurar la llenadora y así evitar reprocesos y pérdidas en utilidad y calidad en cada saco, por otro lado, ver el peso antes de que dispense fertilizante y se ejecute la acción, da cabida a controlar el proceso y medir su eficiencia, datos que hasta el momento se desconocen, con respecto al control de verificación de pesaje, no es el adecuado, debido a que no se pesa por prueba de calidad, sino por confirmación de peso, esto determina que sí existe un error en el pesaje, se enteran de él después de haber pasado varios sacos por la banda transportadora y genera reprocesos.

3- ¿Por qué ver los pesos en tiempo real antes de que la llenadora dispense la cantidad de peso de cada saco, podría mejorar el proceso productivo y disminuir reprocesos en la línea de producción?

Porque se podría realizar una modificación a la llenadora y así evitar errores constantes en el peso de los sacos y por ende, esto realizaría un cambio en la base

de datos que ella genera en el proceso, a su vez, sería una herramienta vital para el control de verificación de pesaje, cambiaría de ser por confirmación a ser una verdadera prueba de calidad.

4- ¿Por qué el control de verificación de pesaje no es el adecuado, en qué ayuda manejar la previsualización de cada vez que se vaya a dispensar fertilizante por parte de la llenadora?

Porque es un control que determina al momento de pesarse si está bien o no el peso; sin embargo, hasta ese momento es cuando se entera el personal si es el peso adecuado o no; en cambio, contar con un visor de pesaje de cada vez en que la llenadora dispense fertilizante, optimizaría el proceso, dado que se contaría con una base de datos en tiempo real, en la que se pueda saber con certeza el peso de la cantidad de producto antes de que caiga al saco.

5- ¿Por qué contar con la base de datos en tiempo real del pesaje ayudaría a saber con certeza el peso de los sacos?, ¿cómo se implementaría el visor de pesaje en tiempo real?

Porque dentro de la llenadora hay una pesa que genera los propios datos de pesaje cuando se dispensa la cantidad de 25, 45 o 50 kg, la cual crea una base de datos del pesaje de los sacos en tiempo real que no se está aprovechando, para obtener una verdadera estadística del pesaje y calidad en cuanto a medición del promedio de peso. Para implementar el visor de pesaje se debe conectar un cable que sea compartido a la llenadora en la que almacena los datos en una memoria y

este cable será llevado al laboratorio de calidad en donde se pueda verificar, a través de un monitor, los pesos antes de que el fertilizante caiga en el saco.

Metodología 5 “S” para los equipos de la línea de producción número dos de monoproducción

Se debe tomar en cuenta el orden, la limpieza y el hábito de mantener los equipos en condiciones óptimas, para que las mejoras en cuanto al desperdicio de producto y el error en el control de verificación de pesaje se apliquen de forma correcta, por ello, se genera una serie de recomendaciones en cuanto al programa 5 “S” para conservar el equipo en la mejor condición posible, evitar accidentes y un mantenimiento correctivo muy constante.

Clasificar (Seiri) “Separar lo necesario de lo innecesario”

Se debe almacenar cerca de la línea para este caso de clasificar, solo los requerimientos necesarios, nada de botellas plásticas o vasos, tampoco amarras plásticas o sacos en el suelo, sino solo los insumos que se requieran en el momento.

Ordenar (Seiton) “Un sitio para cada objeto y cada objeto en su sitio”

Respecto al orden de la famosa banda inclinada, denominada así por el Departamento de Mantenimiento, se debe considerar el correcto uso de las estaciones de limpieza que se crearon y de esta forma, tener las herramientas necesarias para limpiar, las cuales estén en orden y no provocar lo contrario y que cause accidentes o lesiones en los colaboradores, de igual manera, no dejar artículos que estorben como cajas que podrían ocasionar caídas peligrosas, para esto último hay cajones en los que se agregan los insumos que se requieran.

Limpiar (Seiso) “Limpiar el área de trabajo y los equipos, prevenir la suciedad y el desorden”

Esto es lo más importante en el área, dado que, en la actualidad, por el derrame de producto, se genera mucha suciedad y también humedad, ya que el producto es higroscópico y por ende, el tema de la limpieza es vital; sin embargo, la eficiencia no la obtiene quien más limpia, sino quien más evita que se ensucie el área, eso es a lo que se debe llegar.

Estandarizar (Seiketsu) “Formular normas para la consolidación de las primeras tres “S”

Se debe establecer responsables por equipo y por estación de limpieza para cumplir las tres “S” iniciales, de este modo se practica la estandarización de tareas para mantener la clasificación, el orden y el aseo.

Disciplinar (Shitsuke) “Respetar las normas establecidas”

Se planificará por último y para generar un hábito en todas las “S” anteriores, una auditoría de revisión de forma mensual y con sus resultados se determinará los planes de acción con responsables, además se considerará a las personas más esforzadas para cumplir el programa, es decir, los sobresalientes se premiarán y con ello motivar al resto a trabajar en equipo y mejorar cada día más.

Programa de mantenimiento para la automatización industrial y las mejoras en la previsualización del pesaje

El objetivo con un plan de mantenimiento a los equipos, en primera instancia, es poder asegurar su correcto funcionamiento y lograr a nivel general, un Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el cual la maquinaria esté en su máxima disponibilidad, eficiencia y calidad posible, el famoso OEE, indicador de los equipos y departamentos en cuanto a un índice de productividad.

Ahora, para poder establecer el plan de mantenimiento, se debe conocer los tipos de mantenimiento existentes, en lo que se desarrolle la mayor inferencia para determinar los tipos de correcciones y prevenciones a considerar, a continuación, se detallan desde lo más básico hasta lo más complejo:

Mantenimiento autónomo

Este se basa en que el operario del equipo con conocimiento empírico pueda saber o al menos visualizar, una falla mecánica mínima y poder corregirla con ajustes de tornillería, una reconfiguración o lubricación del equipo, para mitigar una falla que detenga constantemente el proceso.

Mantenimiento correctivo

Se define cuándo la falla en el equipo es importante y se debe corregir de inmediato por un experto, por ende, este tipo de mantenimiento se da cuando el equipo presenta un daño o desgaste importante de algún empaque o repuesto en general; sin embargo, el autónomo debe ir de la mano con este para evitar correcciones y generar prevenciones de los equipos.

Mantenimiento preventivo

Es el más usual y recomendado, se realiza por expertos y se basa en visualizar los equipos, su funcionamiento y evitar que se produzcan fallas mecánicas importantes, con lubricación, ajustes del equipo, tornillería y cambio de empaques o repuestos, dependiendo del desgaste de la maquinaria.

Mantenimiento predictivo

Es el más complicado, debido a que se enfoca en un criterio experto, solo con escuchar o ver el funcionamiento, realizar predicciones de futuras fallas y recurrir a comprar repuestos antes de que se presenten los daños, por otro lado, va de la mano con el preventivo dado al que se realizan previsualizaciones sobre posibles fallas o daños.

El detalle descriptivo brindado por la empresa ayuda a generar un criterio de cada tipo de mantenimiento, se procede a programar desde el largo plazo hasta el corto plazo.

Mantenimiento anual

Se realizará una revisión exhaustiva de cada componente, se ajustará cableado, muñoneras, tornillería y se cambiarán todas las partes que presenten daños y desgaste importante, el equipo quedará en óptimas condiciones para una eficiencia alta del mismo.

Mantenimiento semestral

Este se realizará en caso de vacaciones o lapsos cuando el equipo esté en desuso, principalmente es una revisión general de los equipos, si es constante alguna falla en él.

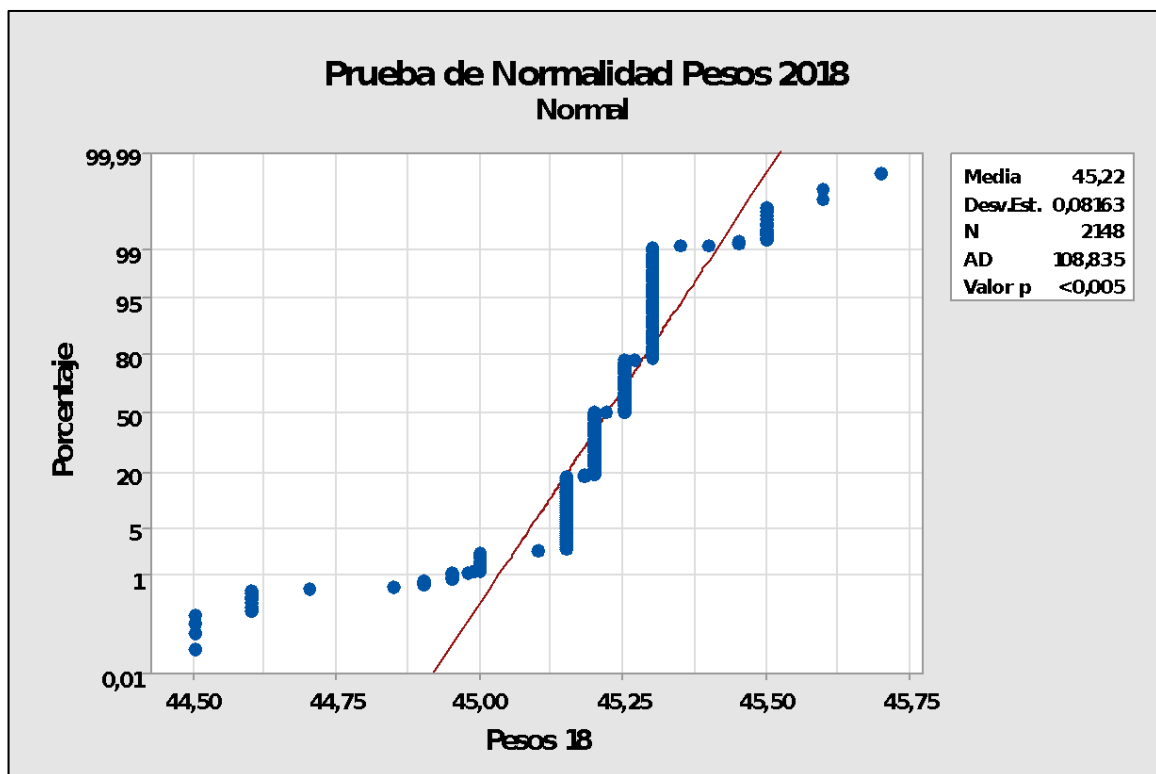
Mantenimiento mensual

Se procede con mantenimientos preventivos a los equipos cada mes para su óptimo funcionamiento y evitar las fallas por desgaste por falta de lubricación o ajuste básico.

Mantenimiento diario

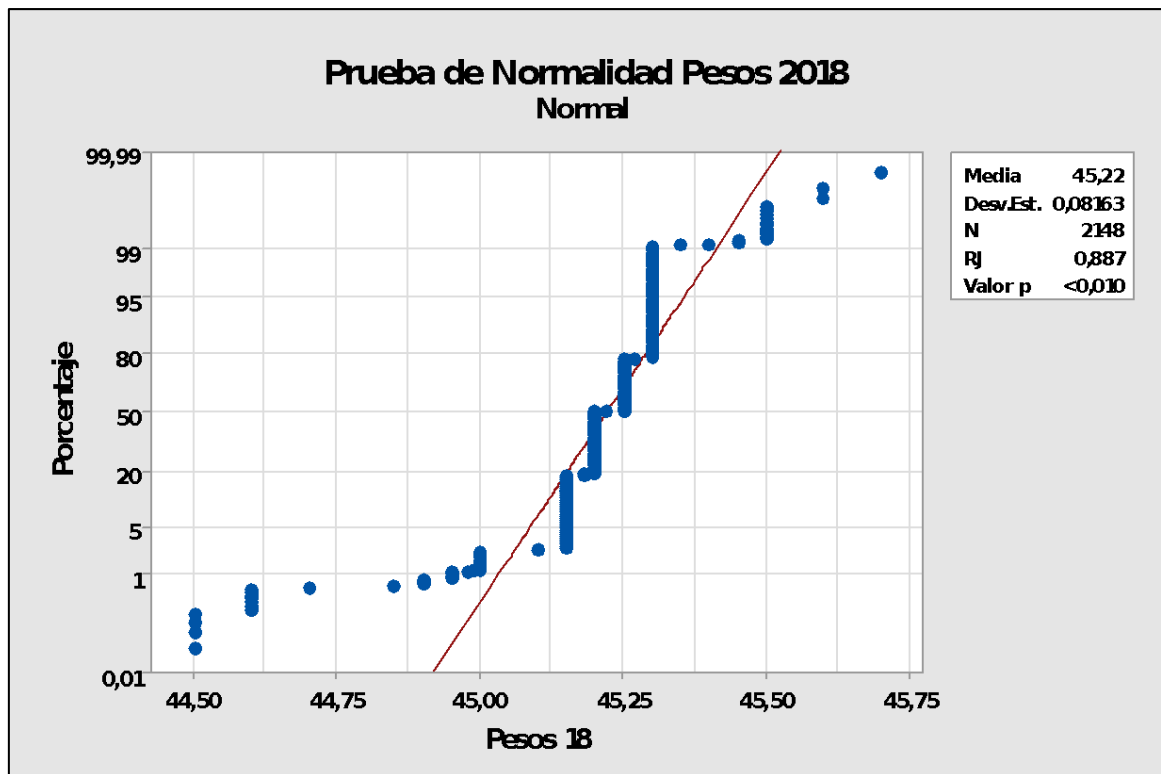
Finalmente, el programa de mantenimiento se debe cumplir desde el personal operador hasta el técnico experto, por ello, diariamente el colaborador debe velar por darle mantenimientos autónomos al equipo, al menos de manera básica, por otro lado, se procede con la realización de mantenimientos correctivos en caso de fallas mecánicas al equipo.

Gráficas e interpretación del muestreo estadístico



Gráfica 5. Probabilidad Anderson Darling de pesos 2018.

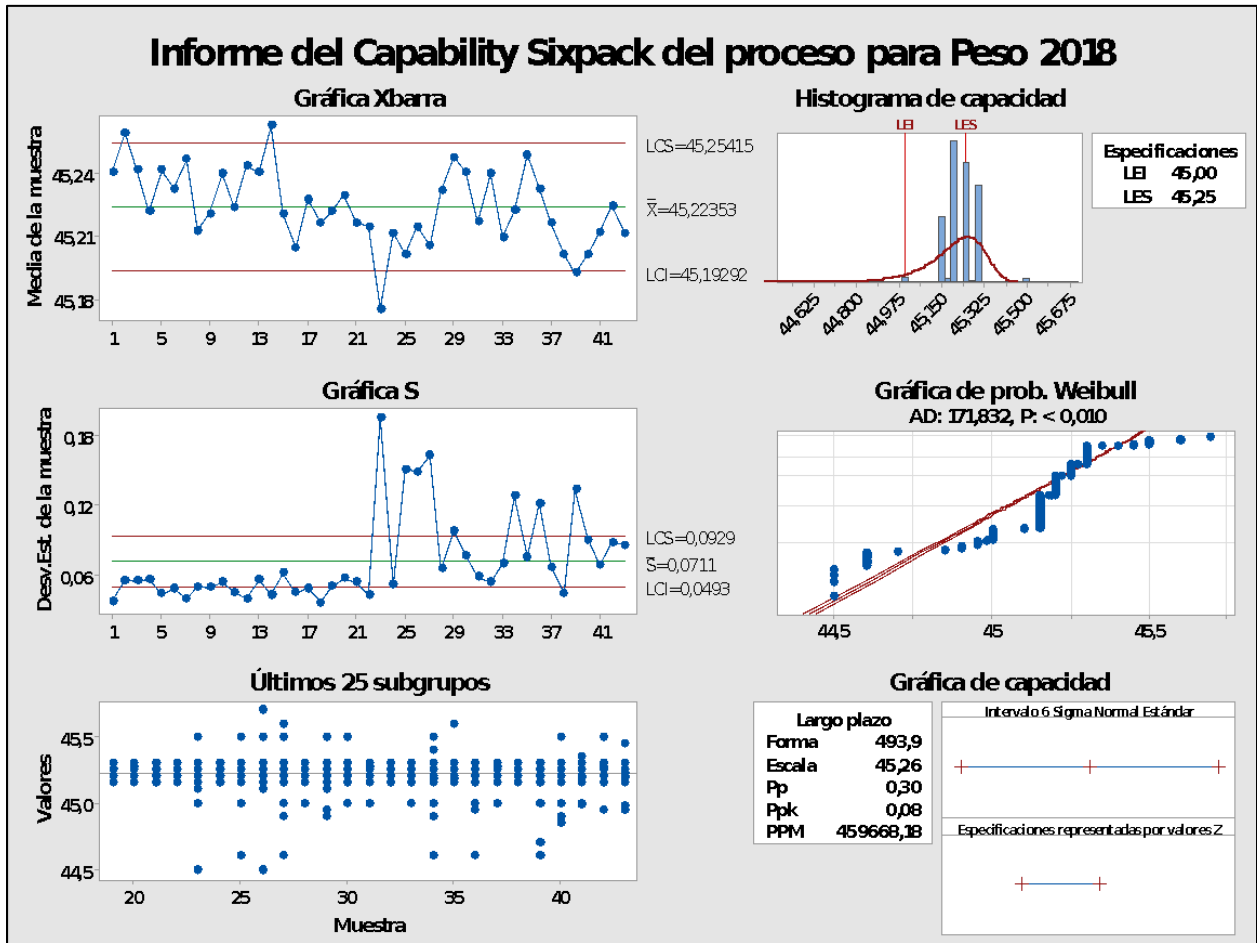
Fuente: Elaboración propia, 2019



Gráfica 6. Probabilidad Ryan Joiner de pesos 2018.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se aprecia en los resultados de estas gráficas de normalidad de Anderson Darling y Ryan Joiner, que los datos no son normales, ya que, el valor de p es menor que el nivel de significancia de 0.05 y no se forma una línea aproximadamente recta a lo largo de la media.

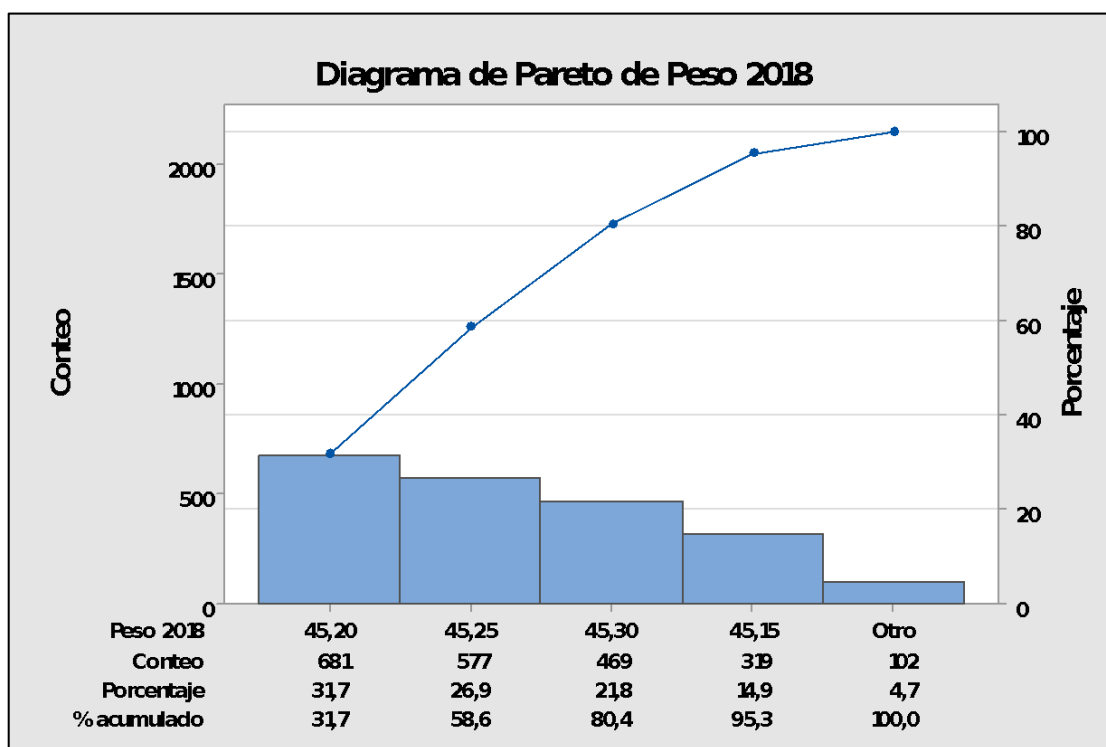


Gráfica 7. Informe de capacidad seis en uno. Pesos 2018.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Las gráficas X Barra y S, en las cuales se visualiza que el proceso no se encuentra estable, debido a que algunos de los puntos se encuentran fuera de los límites de control, esto evidencia un proceso fuera de control para el lapso en que fue estudiado. La gráfica de los 25 subgrupos demuestra que los datos no se encuentran distribuidos simétricamente alrededor de la media, sino aleatoriamente.

Con base en los resultados del análisis de capacidad, se observa que los pesos contienen valores atípicos, esto demuestra que exceden lo requerido, obteniendo datos incluso fuera del límite superior establecido, lo que significa un riesgo de pérdidas financieras, dado que se está generando una pérdida de producto. El valor de Ppk obtenido de 0.08 determina que el proceso se encuentra fuera de control para los límites establecidos (Gráfica de informe de capacidad del proceso y grafica de capacidad).

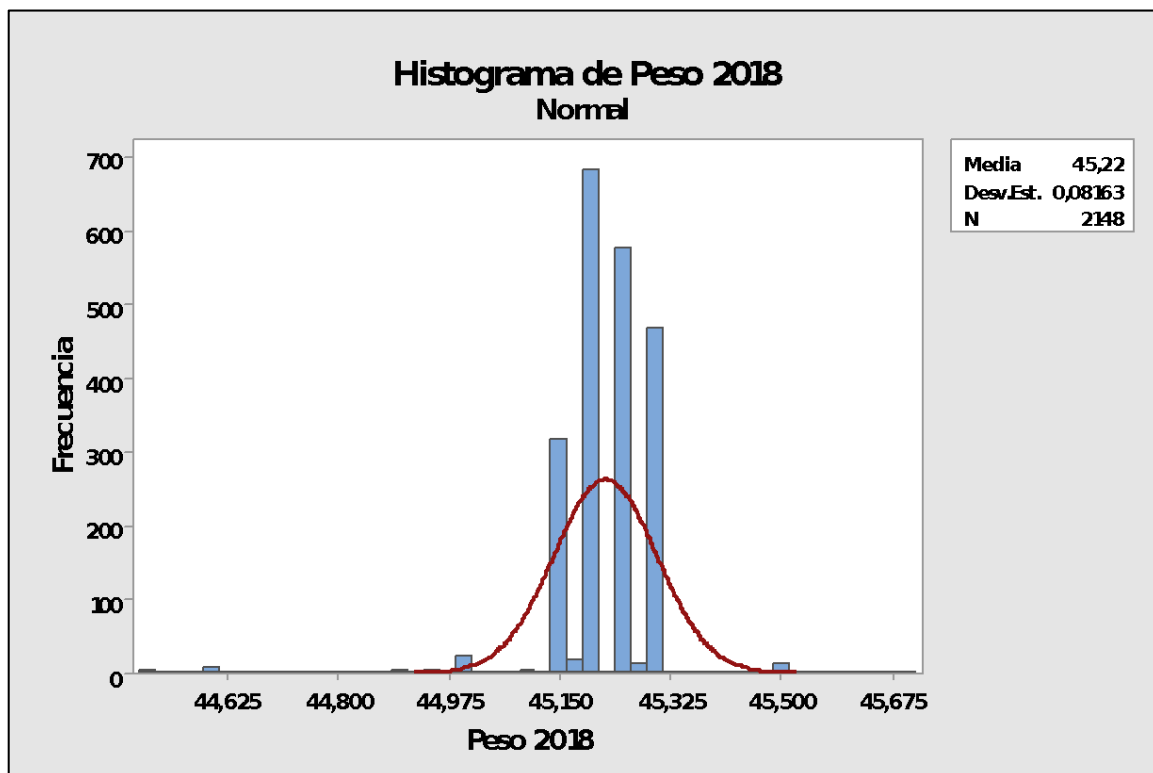


Gráfica 8. Diagrama de Pareto: pesos 2018.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Con 681 muestras, se logra exponer que 31.7% de los productos lleva como peso 45.20 kg, el cual es el de mayor problema, seguido por el que posee un peso

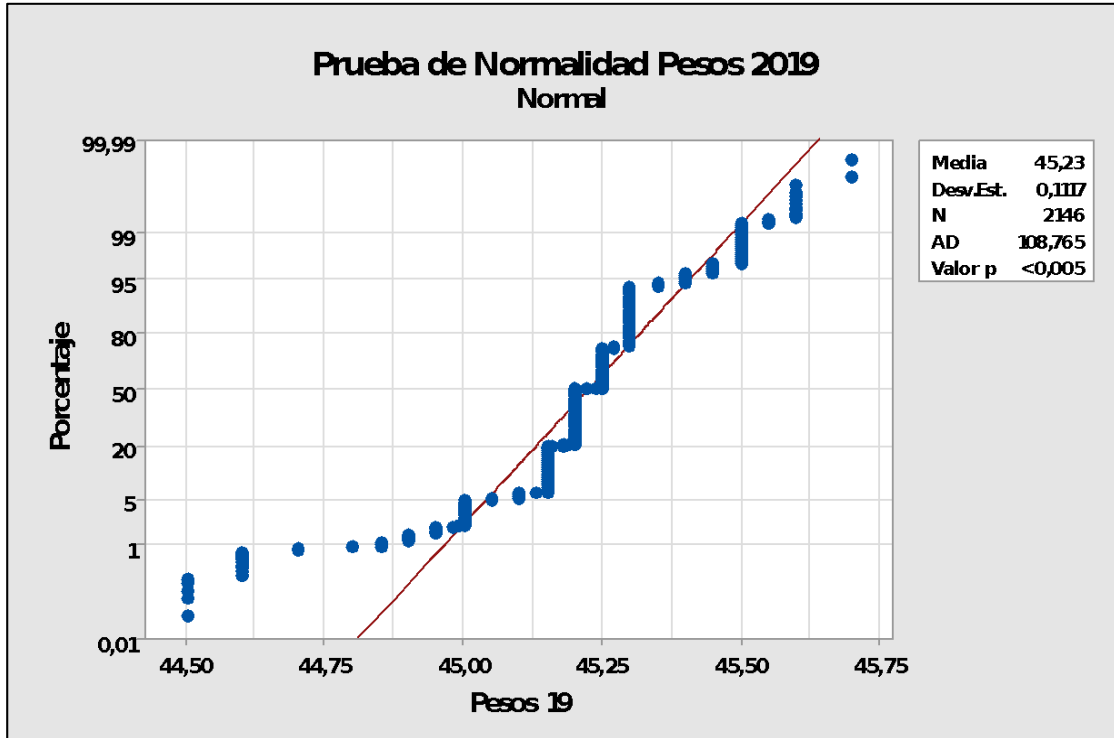
de 45.25 kg, representado por 58.6 % acumulado, dado así que más de 80% de los pesos se encuentran en un rango de 45.20 a 45.30 kg por saco.



Gráfica 9. Histograma de pesos 2018.

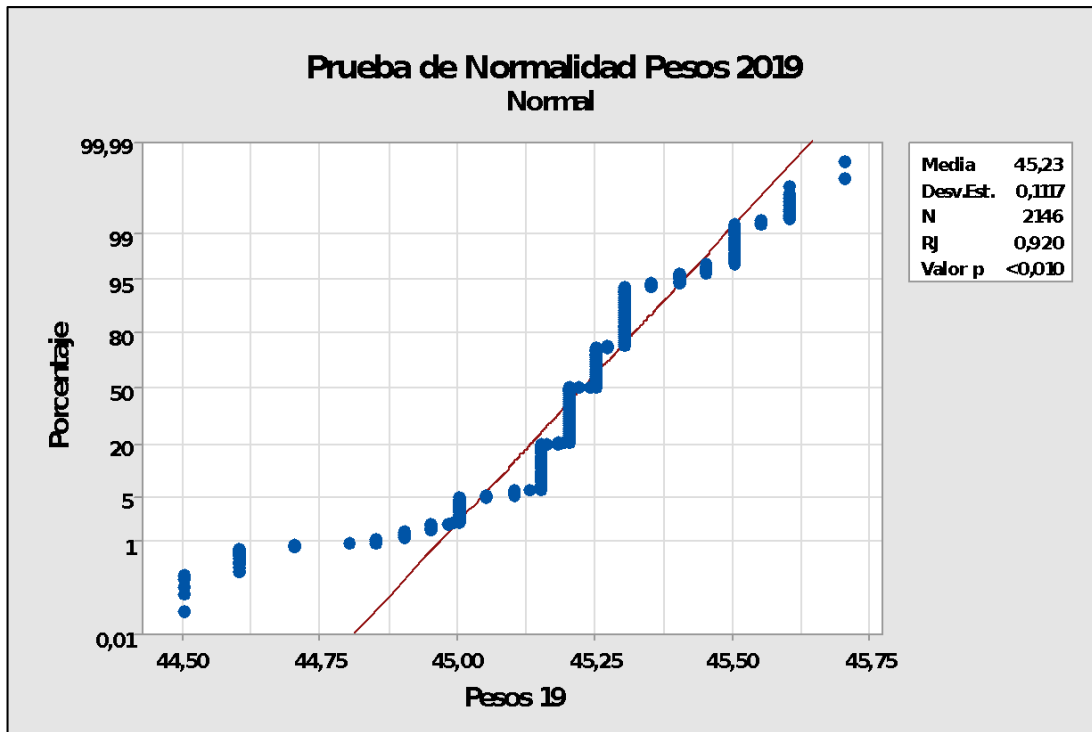
Fuente: Elaboración propia, 2019

Se interpreta con una muestra de 2148 datos, que la mayor cantidad de datos se encuentran entre 45.18 y 45.21 kg, además, presentan diversos valores atípicos, tanto a la izquierda como a la derecha, también se demuestra un ajuste adecuado, ya que la mayor cantidad de datos están en el medio.



Gráfica 10. Probabilidad Anderson Darling de peso 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2019

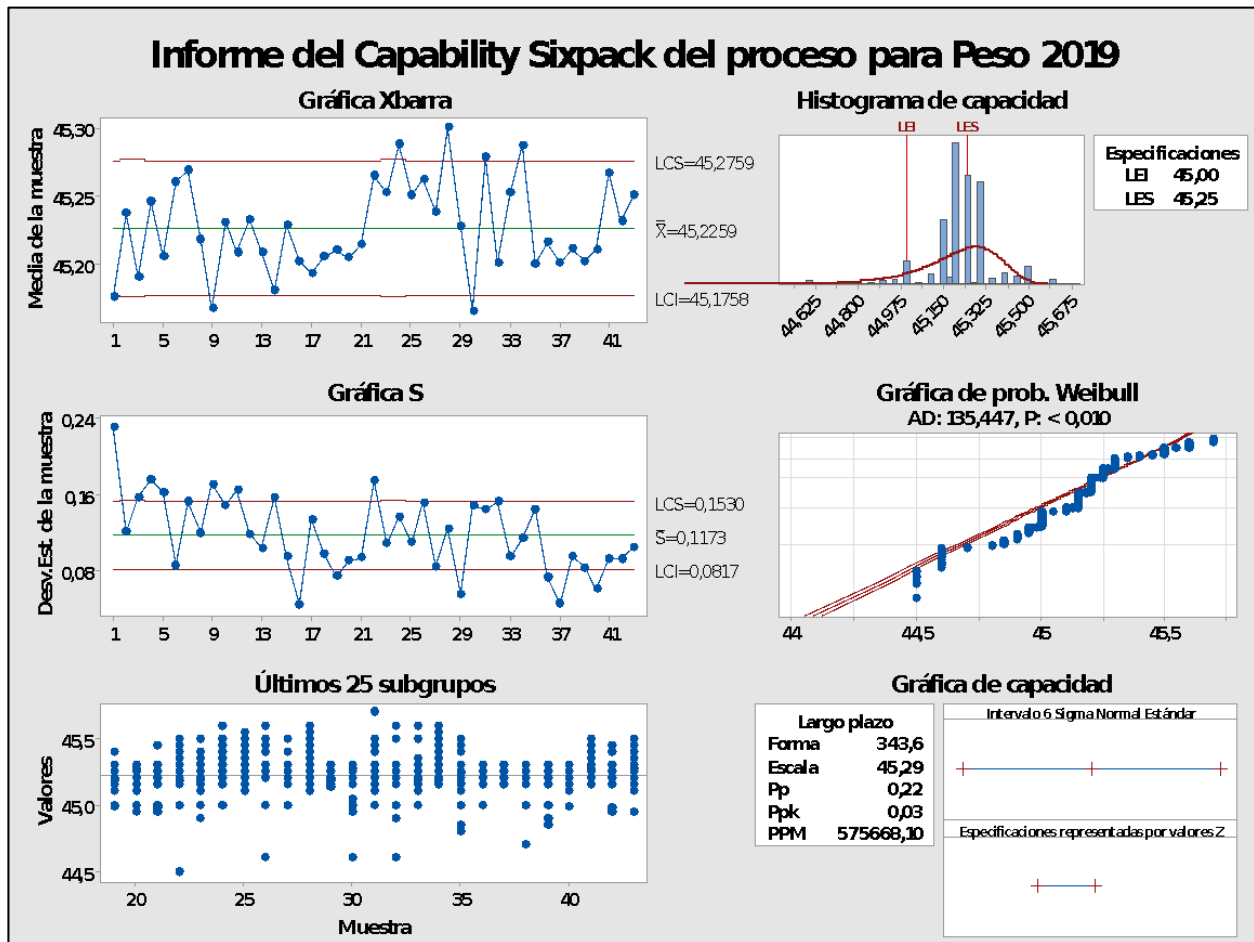


Gráfica 11. Probabilidad Ryan Joiner de peso 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Con base en las gráficas de normalidad Anderson Darling y Ryan Joiner, se presentan 2146 muestras con una desviación estándar de 0.1117 y un valor de p

menor al nivel de significancia, por lo tanto, se determina que los datos no son normales y no forman una línea recta a lo largo de la media.

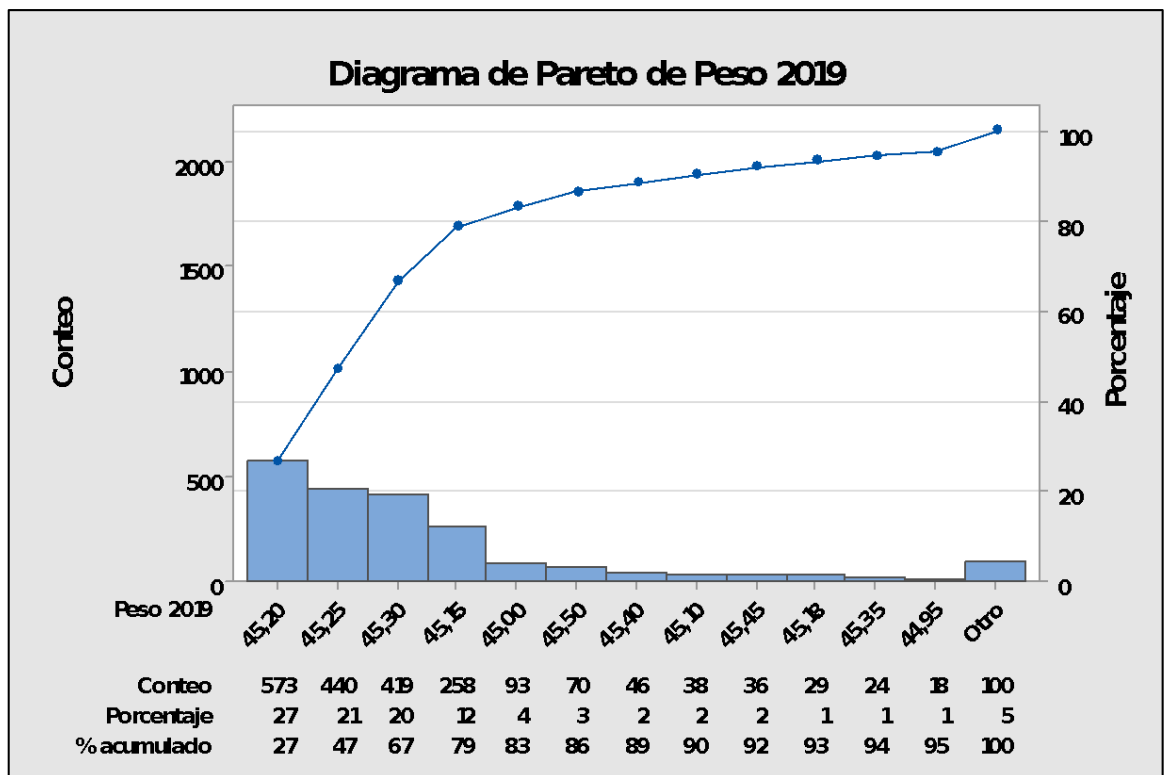


Gráfica 12. Informe de capacidad del proceso de pesaje 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Las gráficas X Barra y S señalan que el proceso no se encuentra estable, ya que algunos de los puntos están fuera de los límites de control, esto concreta que es un proceso con deficiencias en cuanto a controles de pesaje. La gráfica de los 25 subgrupos expone que los datos están distribuidos simétricamente alrededor de la media y aleatoriamente.

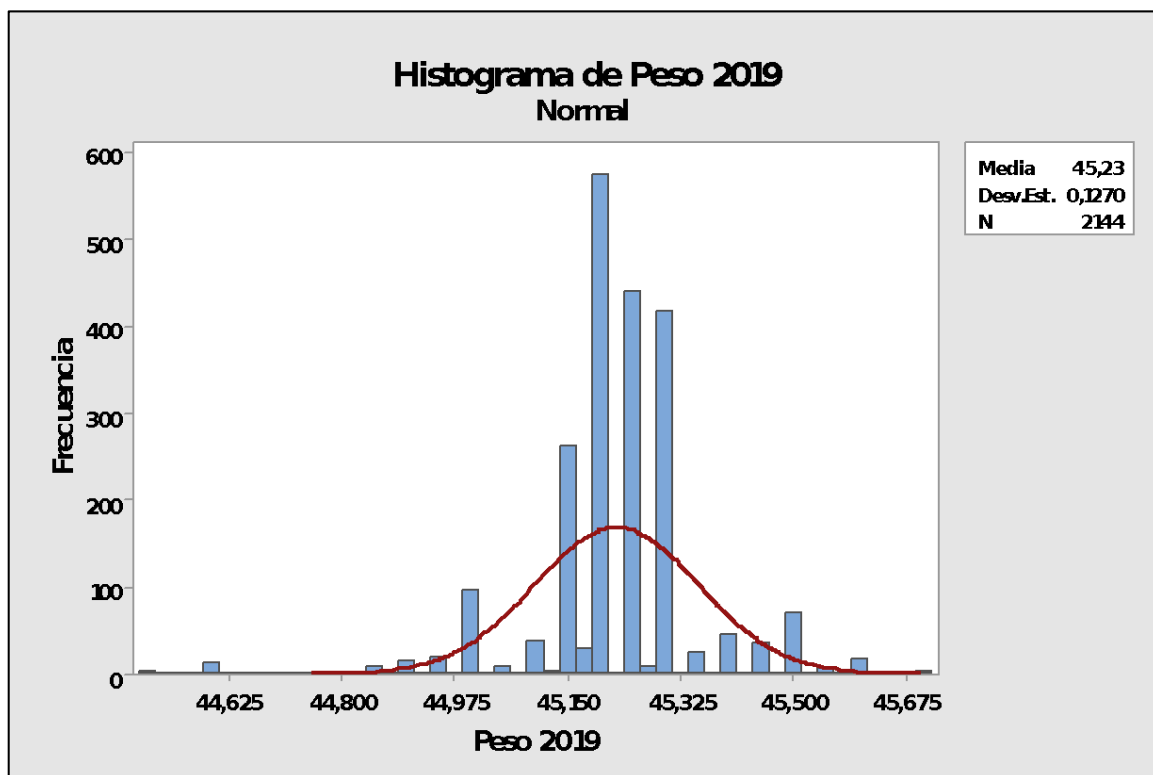
Conforme a los resultados del análisis de capacidad, se nota que los pesos tienen valores atípicos, dado que se encuentran algunos datos muy lejos de la mayoría y se exceden del pesaje solicitado, obteniéndose resultados incluso fuera de los límites establecidos, esto provoca riesgos de pérdidas financieras, debido a que se produce porcentaje importante de pérdida de producto al excederse. Como el Ppk es menor que 1.33, se demuestra que la capacidad general del proceso no cumple con los requisitos, mostrando así que esta fuera de control (Gráfica de informe de capacidad del proceso y gráfica de capacidad).



Gráfica 13. Diagrama de Pareto para pesos 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Con 573 muestras, se logra exponer que 27% de los productos lleva como peso 45.20 kg, el cual es de mayor problema, seguido por productos con un peso de 45.25 kg, representado por 21%, dado así que más de 80% de los pesos va en un rango de 45.15 a 45.30 kg por saco. Dónde hay más de 100 muestras que presentan menos de los 44.95 kg.



Gráfica 14 Histograma de pesaje 2019.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se sintetiza que, con una muestra de 2144, la mayor cantidad de datos se encuentra entre 45.18 y 45.21 kg, además, presenta diversos valores atípicos, tanto a la izquierda como a la derecha, también se observa que presenta un ajuste adecuado, ya que la mayor cantidad de datos está en el medio.

Análisis de encuestas

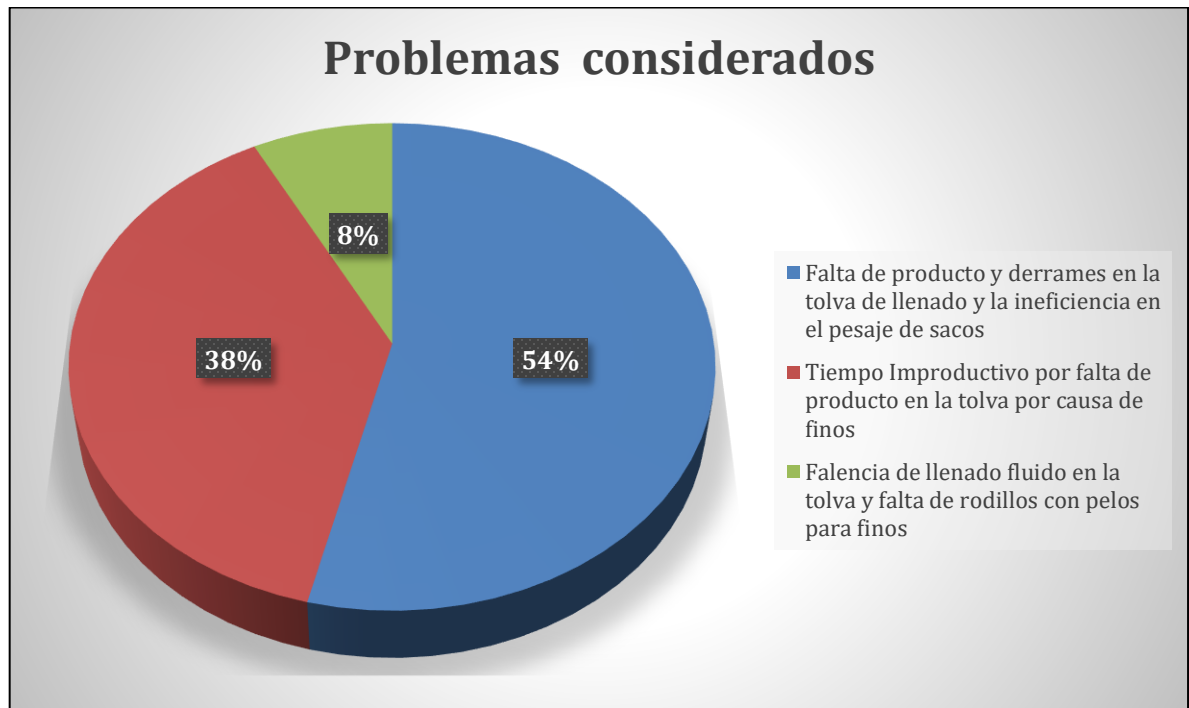
Se aplicaron encuestas al personal de Yara Costa Rica para concretizar la problemática que se presenta en la línea 2 de monoproducción, en total, se realizaron trece, a través de las cuales se analizan los criterios: operativo, administrativo y experto, para lograr la triangulación de la información y establecer los indicios de fallas y las opiniones acerca de los equipos y cómo solucionan o controlan estas fallencias en la maquinaria o supervisión operaria.

A continuación, se presenta el análisis estadístico de las respuestas dadas a la herramienta aplicada, en la que se define el pensamiento colectivo de la empresa, iniciando con la propuesta y objetivo:

Propuesta planteada: propuesta para la implementación de un sistema de automatización industrial para mejorar el control de pesaje y llenado la línea 2.

Objetivo: con el proyecto se busca sugerir una automatización industrial mediante el uso de controles lógicos programables, como sensores de nivel en la llenadora que adviertan al operario, la cantidad máxima y así no se desborde el producto ni se pierda tiempo nuevamente en llenar la tolva, además de lograr un control de calidad en tiempo real con el fin de evitar el desperdicio y los problemas en el pesaje.

1. ¿Cuáles problemas considera usted que se presentan en la línea de producción 2 de monoproducto, que afectan la productividad?

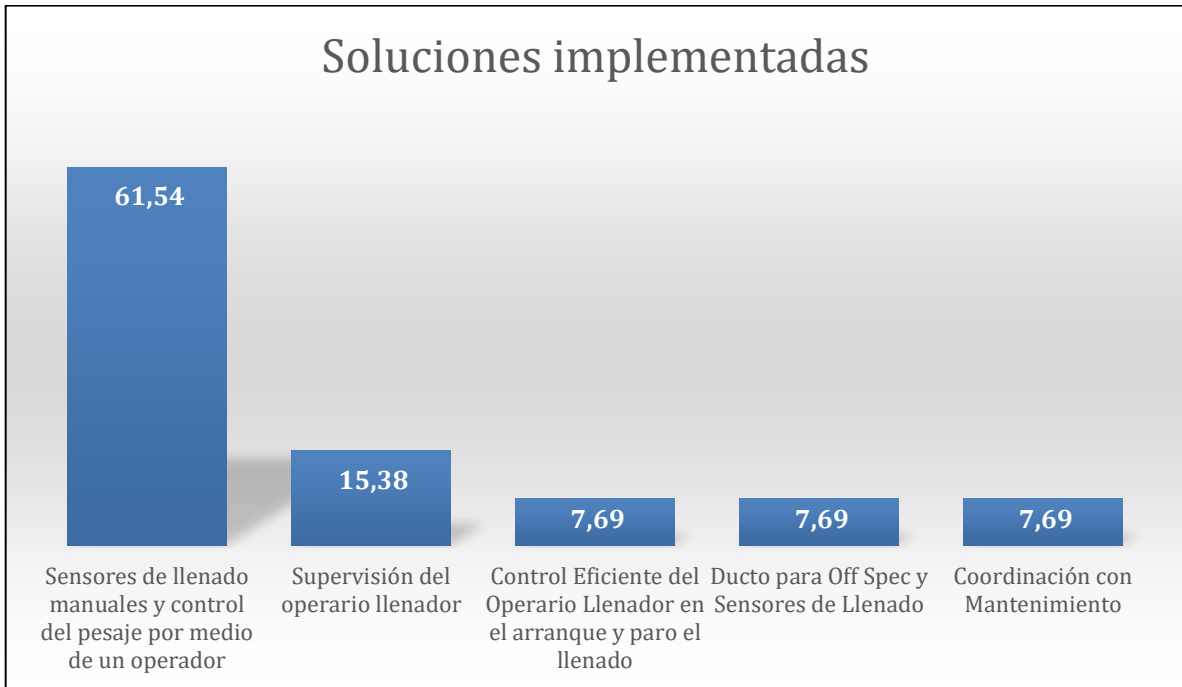


Gráfica 15. Problemas considerados en la línea de producción 2 monoproducto.

Fuente: Elaboración propia, mediante recopilación de información

Interpretación: se deduce que, de la totalidad de respuestas, el 54% concreta que el mayor problema en la línea de producción 2 de monoproducto es la falta de producto y los derrames en la tolva, además de no contar con un control adecuado en el pesaje de los sacos.

2. ¿Cuáles soluciones han implementado para resolver los problemas que afectan a la línea de producción?

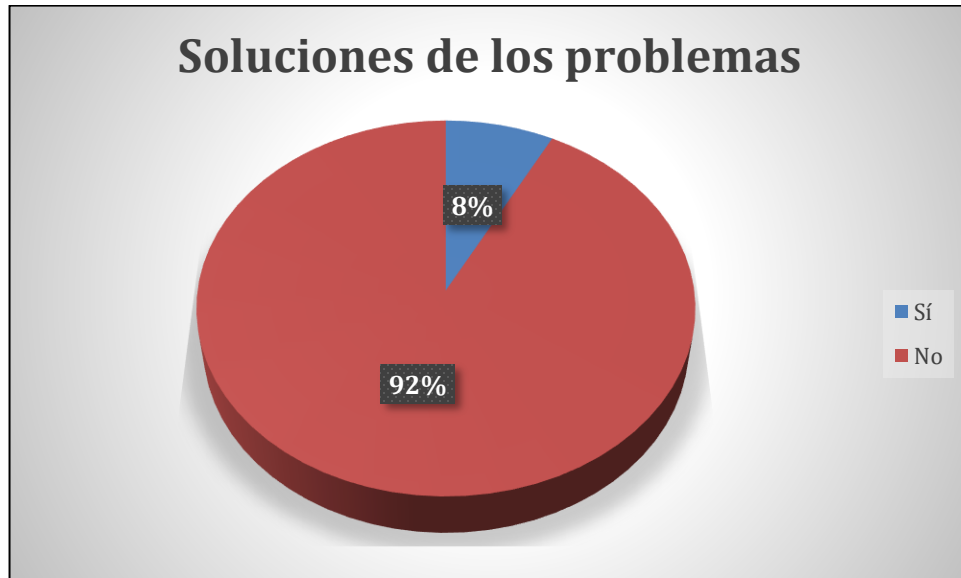


Gráfica 16. Soluciones implementadas para contrarrestar problemas de la línea de producción 2.

Fuente: Elaboración propia mediante recopilación de información

Interpretación: las respuestas recopiladas en las encuestas definen que la mejor solución y la de mayor relevancia es la utilización de sensores manuales, con botoneras de arranque y paro, además, mejorar el control de pesaje con un operador dedicado.

2.1 ¿Se han solucionado sí o no?

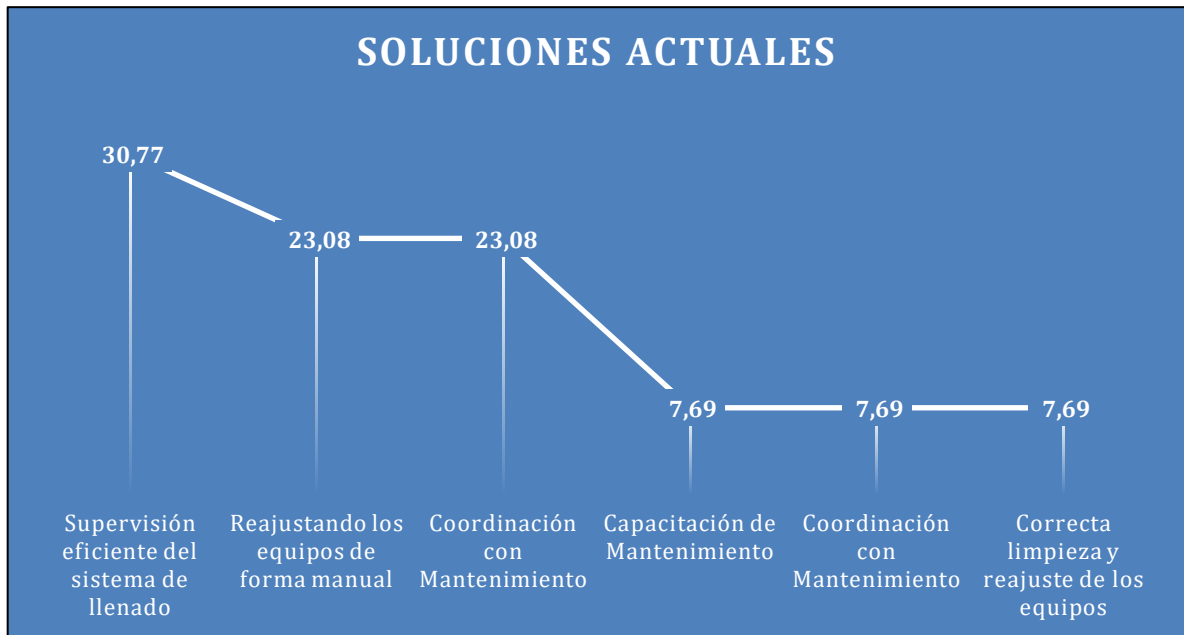


Gráfica 17. Solución o no de los problemas en la línea.

Fuente: Elaboración propia mediante recopilación de información.

Interpretación: la mayoría responde que los problemas persisten y una persona dice que se han controlado; sin embargo, el pesaje de sacos es ineficiente.

3. ¿Cómo se solucionan en este momento los problemas presentes en la línea de producción?

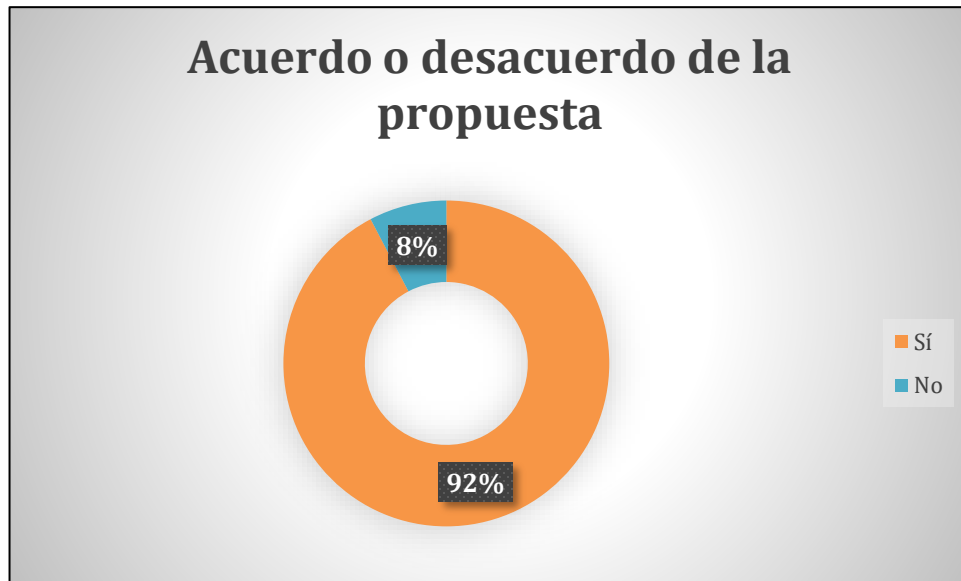


Gráfica 18. Soluciones actuales realizadas para corregir.

Fuente: Elaboración propia mediante recopilación de información

Interpretación: de las respuestas del personal se infiere que la solución actual brindada a los problemas es mejorar la supervisión de los equipos, seguidamente de reajustarlos y coordinar con mantenimiento.

4. ¿Les parece que la propuesta planteada pueda reducir los problemas presentes en la línea de producción?

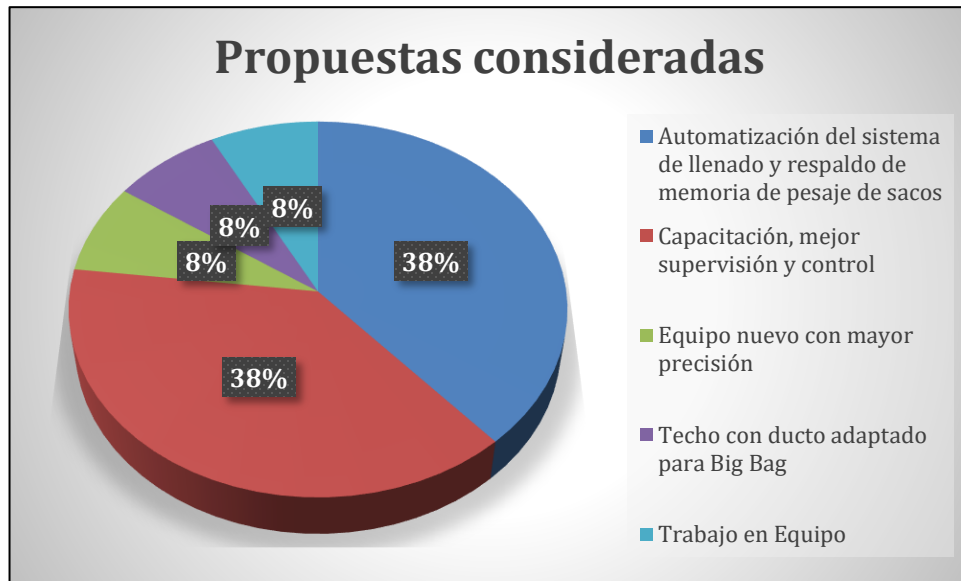


Gráfica 19. Acuerdo o desacuerdo de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia mediante recopilación de información

Interpretación: casi todas las personas están de acuerdo con que la propuesta beneficiaría y ayudaría a optimizar el proceso; sin embargo, alguien dudoso, dijo que no sabía si mejoraría.

5. ¿Cuáles propuestas considera usted que ayuden a resolver los problemas en la línea de producción?



Gráfica 20. Propuestas consideradas por el personal.

Fuente: Elaboración propia mediante recopilación de información

Interpretación: el personal de Yara Costa se divide en dos propuestas de bastante importancia, para contrarrestar los problemas en la línea de producción 2 y las mismas se basan en la automatización del sistema de llenado, además de un respaldo de memoria del pesaje de los sacos que genera la llenadora para un control óptimo, por otro lado, establecer capacitación, supervisión y control de los equipos, por medio de un técnico experto.

Capítulo V:

**Soluciones al problema
planteado**

Análisis económico

El producto fuera de especificación (*off spec*) generado en el llenado de la tolva, desde un análisis más profundo, se da por productos muy polvosos, es decir, la producción de finos en el fertilizante por apelmazamiento, además de esto, es por el error en el factor humano que incide en la pérdida o desperdicio del producto como tal.

La tonelada métrica de *off spec* está en promedio a un valor de \$100 y lo que se pierde en el proceso de llenado de la tolva por causa de los derrames de producto es un rango de 30 a 45 kg por día, lo que se establece como un mínimo por finos y un máximo, incluyendo descuido por error en factor humano, desde otra perspectiva, se determina que el rango mínimo sería semanal de 150 kg; por mes, 649,5 kg y esto en tonelaje es un valor de 0.6495 tm, si se obtiene el desperdicio resultante, el mismo sería $0,6495 \text{ tm} * \$100$ que presenta como resultado \$64,95 * 12, es un desperdicio anual de \$779.4, en cinco años es una pérdida de \$3897 y estos números son obtenidos de acuerdo con el rango mínimo de desperdicio solo en la tolva de llenado de la línea 2, que se explica a continuación en la siguiente tabla:

Valor promedio de la tonelada métrica (tm)	
de <i>off spec</i>	
	\$100
Rango mínimo de desperdicio	30 kg por día
Rango mínimo de desperdicio semanal	(30 kg * 5 días) = 150 kg
Rango mínimo de desperdicio mensual	(150 kg * 4.33 semanas) = 649.5 kg
Rango mínimo de desperdicio anual	(649.5 kg * 12 meses) = 7794 kg
Pérdida anual con el rango mínimo (\$)	(7.794 tm * \$100) = \$779.4 por año
Pérdida en el horizonte de los cinco años	(\$779.4 * 5 años) = \$3897

Tabla 8. Datos del rango mínimo de desperdicio.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Por otro lado, estableciendo los datos numéricos en un rango máximo de desperdicio, sería de 45 kg diario, semanalmente es 225 kg, este mismo resultado en forma mensual reflejaría 974,25 kg, realizando la conversión, mensualmente es congruente con 0,97425 tm, este valor máximo representa casi una tonelada por mes, el valor monetario del *off spec* es de \$100 y por ende, el desperdicio generado de un mes sería de 0,97425 tm * \$100, en el que se obtiene \$97, 425, este valor al multiplicarlo por 12 se encuentra el resultado anual que sería de \$1169,1, esta

información final del *off spec* se desea invertir en un proyecto a un plazo de cinco años, por lo tanto, el desperdicio máximo reflejaría un monto final de \$5845,5 considerándose relativamente alto, dado que el presupuesto para el proyecto que la empresa fija, tiene un valor máximo de \$4200, por diferencia habría utilidad de \$1645,5 y con el rango mínimo es una inversión de \$3000, también se obtendría \$897 al cumplir el plazo de los cinco años, por lo que el proyecto demuestra a *grosso modo*, una recuperación de capital importante.

Valor promedio de la tonelada métrica (tm)	
de <i>off spec</i>	
	\$100
Rango máximo de desperdicio diario	45 kg por día
Rango máximo de desperdicio semanal	$(45 \text{ kg} * 5 \text{ días}) = 225 \text{ kg}$
Rango máximo de desperdicio mensual	$(225 \text{ kg} * 4.33 \text{ semanas}) = 974.25 \text{ kg}$
Rango máximo de desperdicio anual	$(974.25 \text{ kg} * 12 \text{ meses}) = 11691 \text{ kg}$
Pérdida anual con el rango máximo (\$)	$(11.691 \text{ tm} * \$100) = \1169.1 por año
Pérdida en el horizonte de los cinco años	$(\$1170 * 5 \text{ años}) = \5845.5

Tabla 9. Datos del rango máximo de desperdicio.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Porcentaje de la merma

Se debe mencionar primero y para determinar un enfoque porcentual de la merma la producción y con base en esta, obtener un índice, un lote es de 1050 sacos y por día se cubren normalmente cinco lotes, es decir, 5250 sacos, el material de empaque que se produce es a 45 kg y por ende, serían 236 250 kg, estableciendo conversión son 236,25 tm el tonelaje de producción por jornada laboral, el total diario mínimo de *off spec* en solo la tolva de llenado es de 30 kg y el máximo de 45 kg, por lo que se define que porcentualmente la merma mínima generada es de 0,013% por día, del mismo modo el máximo sería de 0,019% por día.

Lote normal de producción (sacos 45 kg)	1050 sacos 45 kg
Total de lotes diarios producidos normalmente	5 lotes * 1050 sacos = 5250 sacos 45 kg
Total de kilogramos producidos por día	5250 sacos * 45 kg = 236 250 kg
Porcentaje con rango mínimo (kg)	30 kg / 236 250 kg * 100 = 0.013%
Porcentaje con rango máximo (kg)	45 kg / 236 250 kg * 100 = 0.019%

Tabla 10. Porcentaje de la merma.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Clasificación de la merma

Se manejan dos clasificaciones de la merma en Yara, que se detallan a continuación:

Off spec: es un tipo de producto que solo presenta daños como humedad, finos o apelmazamiento.

Barredura: es el fertilizante contaminado con basura o que presenta graves daños (reaccionado), por lo general, su valor es la mitad del *off spec*, hasta unas diez veces menor a un producto *premium*.

Valor en dólares de la merma

El *off spec* tiene un valor aproximado de \$100 tm y la barredura de \$50 tm; sin embargo, el precio baja si el producto presenta daños muy evidentes; por otro lado, para ser un producto no conforme con múltiples conflictos, se logra negociar ofertas para la obtención de utilidad y no solo perder por completo el precio en estos fertilizantes reaccionados

Cotización de la nueva instalación

Se tomará recurso humano de la misma planta para la instalación del equipo que se implementará en la línea de monoproducto 2 en Yara Costa Rica, con el fin

de reducir los costos por contratos de mano de obra externa. Por lo que se pondrá en marcha la instalación con el electricista y electromecánico del Departamento de Mantenimiento, los cuales son trabajadores calificados para desarrollar dicha labor. Se toma como referencia el salario mínimo correspondiente de la tabla del Ministerio de Trabajo para un técnico calificado en el área, por lo que se procede a calcular el costo de mano de obra que esta instalación requiere.

Cabe mencionar que la implementación del equipo se llevará en una jornada extraordinaria, durante un tiempo máximo de dos días, con el fin de no alterar las labores en horario normal, por lo que se realizaría el día sábado en un periodo de diez horas, que equivalen a 1,5 horas por tiempo efectuado, es decir, $(10 \text{ h} * 1.5 \text{ h} = 15 \text{ h})$, también será necesario terminar la labor el día domingo, por lo que se debe pagar doble, es decir $(10 \text{ h} * 2 = 20 \text{ h})$. Para ello, se detalla a continuación la cotización por mano de obra para la instalación de dicho equipo:

Mano de obra							
Instalacion de equipo							
Dos días laborables							
YARA COSTA RICA							
Seguro CCSS Poliza INS							
Cantidad	Puesto	Salario por hora	Jornada Extraordinaria	Salario Bruto	10,34%	8,97%	Total
1	Electromecanico	₡ 2 500,00	35	₡ 87 500,00	₡ 9 047,50	₡ 7 848,75	₡ 104 396,25
1	Soldador	₡ 2 500,00	35	₡ 87 500,00	₡ 9 047,50	₡ 7 848,75	₡ 104 396,25
						Dos días	₡ 208 792,50
Mano de obra							
Instalacion de equipo							
Dos días laborables							
PROYECTOS Y MONTAJES							
INDUSTRIALES MONTES DE ORO S.A							
Cantidad	Puesto	Salario por hora	Jornada Extraordinaria	Salario Bruto			Total
1	Electromecanico	₡ 2 000,00	35	₡ 70 000,00	₡ -	₡ -	₡ 70 000,00
1	Soldador	₡ 2 000,00	35	₡ 70 000,00	₡ -	₡ -	₡ 70 000,00
						Dos días	₡ 140 000,00

Tabla 11. Cotización por mano de obra de técnicos.

Fuente: Elaboración propia, 2019

Comparativo de cotizaciones de instalación de sensores y mano de obra de técnicos

Se consideraron tres tipos de cotizaciones para el proyecto de investigación, las cuales se diferencian en cuanto a montaje y/o experiencia, además se toma en cuenta el costo de los materiales, en este caso, los sensores junto con la mano de obra técnica y se detallan de la siguiente forma:

Cotización 1: con esta es importante instalar los sensores cotizados por la empresa RMR Maquinaria y Aditamentos S.A., lo cual se hará por medio del personal técnico propio de Yara.

Descripción	Monto
Sensores	\$1 564,56
Mano de obra	\$366,30
Total	\$1 930,86

Tabla 12. Cotización de Personal Yara y Sensores.

Fuente: propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

Cotización 2: se considera la contratación de mano de obra externa y la cotización de sensores realizada por la empresa RMR Maquinaria y Aditamentos S.A., para medir cuál oferta se adapta a la necesidad de la empresa.

Descripción	Monto
Sensores	\$1 564,56
Mano de obra	\$245,61
Total	\$1 810,17

Tabla 13, Cotización de Mano de Obra Externa y Sensores,

Fuente: propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

Cotización 3: Finalmente, esta se realizó con los sensores cotizados por la empresa RMR Maquinaria y Aditamentos S.A. junto con la instalación y

automatización del control de llenado de la tolva, que incluye todos los materiales requeridos, la mano de obra, las cargas sociales y la póliza RT, la póliza de responsabilidad civil, los transportes, las herramientas y los equipos.

Descripción	Monto
Sensores	\$1 564,56
Mano de obra	\$1 672,40
Total	\$3 236,96

Tabla 14. Cotización de Inelcori S.A y Sensores.

Fuente: propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

Por esta razón se seleccionó la tercera cotización, porque es la más completa y que incluye todos los requerimientos que se adaptan a la necesidad y presupuesto de la empresa.

Costo de mano de obra de puesta en marcha de la automatización

Profundizando en los costos más específicos de la supervisión, los gastos administrativos y la poca intervención de la mano de obra local en la empresa, resalta que el costo es únicamente de \$400, según datos proporcionados por Yara Costa Rica SRL, en el cual, el proyecto refleja una baja inversión y una recuperación provechosa.

Análisis financiero

Primero se debe hablar de los presupuestos generados por este proyecto, dado que el mínimo ronda los \$3000 y el máximo los \$4200 en caso de que se encuentre algún desperfecto de eso, en este punto importante se mencionará las ideologías importantes, como lo es el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y los flujos de efectivo.

Costos del proyecto

Después de cotizar, se obtiene la información en la que se describen los costos del proyecto, abarcando datos de primera mano y desglosado en la siguiente tabla:

Costos del proyecto	
Descripción	Monto
Sensores de nivel	\$1,564.56
Colocación de previstas	\$188.33
Control y automatización	\$1,672.40
Administración y gestión	\$400
Cableado y monitoreo	\$200.00
Costos totales	\$4,025.29

Tabla 13. Desglose de costos del proyecto.

Fuente: Elaboración propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

Esto implica según las cotizaciones y costos promedios de la puesta en marcha e implementación de la automatización, que el proyecto tiene una inversión baja en la cual, su recuperación con respecto a las descripciones anteriores del desperdicio que se genera de producto, clarifica que es completamente viable.

Ahorros generados por Yara Costa Rica SRL			
Año	Mano de obra	Desperdicio por automatización propuesta (rango mínimo)	Desperdicio total (rango máximo)
1	\$4,572.48	\$3,897.00	\$5,845.50
2	\$4,663.93	\$3,974.94	\$5,962.41
3	\$4,757.21	\$4,054.44	\$6,081.66
4	\$4,852.35	\$4,135.53	\$6,203.29
5	\$4,949.40	\$4,218.24	\$6,327.36

Tabla 14. Ahorro generado.

Fuente: Elaboración propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

En la tabla se concreta que el desperdicio generado anual por la falta de la automatización en realidad es muy similar al costo de mano de obra en esa línea de producción y visto a cinco años se asemeja al mismo, por lo que generar este ahorro, implica disminuir al menos un 5% el costo por mano de obra.

Flujo de recuperación de inversión						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión total	\$4,025.29					
Ahorro generado	0	\$3,897.00	\$3,974.94	\$4,054.44	\$4,135.53	\$4,218.24
Factura electrónica	0	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
Costo por mantenimiento	0	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00
Costos por materiales y previstas	0	\$3,425.29	\$3,493.80	\$3,563.67	\$3,634.95	\$3,707.64
Otros gastos (administración y gestión)	0	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Costos totales	0	\$10,822.29	\$10,968.74	\$11,118.11	\$11,270.48	\$11,425.88
Utilidades netas	0	\$12,635.00	\$12,887.70	\$13,145.45	\$13,408.36	\$13,676.53
Flujo de recuperación de inversión	(\$4,025.29)	\$1,812.71	\$1,918.96	\$2,027.34	\$2,137.89	\$2,250.65
Periodo de recuperación: 4 meses y medio						

Tabla 15. Flujo de recuperación de inversión.

Fuente: Elaboración propia y recopilación de información de Yara Costa Rica SRL. (2019)

Se puede inferir de la tabla anterior que el proyecto al ser de baja inversión y al generarse tanto desperdicio de producto, *off spec* y barredura que puede evitarse, se generaría un ahorro clave que se cuantificaría en lapsos mensuales, concretando que la recuperación de la inversión es únicamente de cuatro meses y medio, dado que ese producto se rescataría y generaría una proporción de utilidad importante.

Valor Actual Neto del Proyecto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Primero se debe obtener los flujos a través del tiempo para calcular el Valor Actual Neto (VAN), es decir, una cifra por periodo del proyecto, concretamente se trabaja a cinco años, el porcentaje de descuento asignado es del 3% y esto debido a que el desperdicio es importante y la recuperación rápida, por lo que es un interés bajo. A continuación, la tabla con los flujos:

Periodo	Flujos
0	(\$4,025.29)
1	\$1,812.71
2	\$1,918.96
3	\$2,027.34
4	\$2,137.89
5	\$2,250.65

Tabla 16. Tabla de flujos.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Aplicando la fórmula, se describe numéricamente de la siguiente forma:

$$VAN = -4025.29 + \frac{1812.71}{(1 + 0.03)} + \frac{1918.96}{(1 + 0.03)^2} + \frac{2027.34}{(1 + 0.03)^3} + \frac{2137.89}{(1 + 0.03)^4} + \frac{2250.65}{(1 + 0.03)^5}$$

VAN= \$1,061.75

Realizando inferencia en el resultado del Valor Actual Neto (VAN), se cuantifica y concreta que la inversión es conveniente de aplicar, debido a que es una cifra monetaria positiva, por otro lado, los flujos demuestran una cantidad favorable en cuanto a utilidad.

Tasa Interna de Retorno de Proyecto (TIR)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Generando inferencia de los resultados anteriores, se debe definir que la inversión es más que favorable, por ello, conocer si la tasa interna de retorno es aceptable es un punto claro en el que se demuestra la factibilidad económica en el proyecto. Para encontrar este dato vital, es necesario el conocimiento del VAN. Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) se debe igualar, en

primera instancia, el Valor Actual Neto a cero, después despejar la incógnita, esta es la “r”. A continuación, la representación numérica:

$$VAN = -4025.29 + \frac{1812.71}{(1+r)} + \frac{1918.96}{(1+r)^2} + \frac{2027.34}{(1+r)^3} + \frac{2137.89}{(1+r)^4} + \frac{2250.65}{(1+r)^5} = \$0$$

Ahora, despejando la ecuación y obteniendo el valor de la incógnita, se define el valor de la TIR:

$$TIR = 39\%$$

El análisis de esta medida porcentual establece que la inversión es recuperable en un lapso menor al propuesto, por lo que es un proyecto económicamente rentable y que generará una recuperación y utilidad casi inmediata, debido al desperdicio.

Propuestas

Además de la mejora a la maquinaria actual, se sugieren dos propuestas en las que se contempla generar una inversión más alta; sin embargo, se obtendrá equipo nuevo con el cual se beneficia mayormente la empresa en cuanto a utilidades, se procederá a generar una descripción detallada de cada una de las propuestas a continuación:

Propuesta 1 Mejora del Equipo Actual

En esta primera propuesta que es la mejora del equipo se cuenta con una garantía de 5 años en los sensores e instalación, eso es lo ofertado por el proveedor cotizado, por otro lado, el tiempo de implementación es sumamente bajo, dado que es de un par de días, el proveedor y los técnicos aseguran que la instalación es de un día y otro día de prueba y ajuste del sistema optimizado.

Esta propuesta no es aplicable más que para las tolvas y llenadoras, dado que es un sistema de límite máximo y mínimo con automatización, además de conllevar un cable especial RS32 para respaldar la memoria de la llenadora y verificar el pesaje en tiempo real, en este momento hay 10 colaboradores en producción, con el llenado y pesaje automático se ahorraría un operario, por lo que quedarían 9 personas laborando, el monto total de ahorro considerando el desperdicio del derrame de la tolva, las pérdidas de producto por el mal pesaje y el salario del colaborador es de \$14 740 dólares por año aproximadamente, según información proporcionada por la empresa.

Las marcas escogidas para los sensores son las marcas más reconocidas y rentables del mercado, esto según criterio de técnicos expertos de la empresa, las que se manejaron para cotización fueron tres: Siemens, Schneider y 48 Components, de estas se escogió para los sensores la última al ser la más rentable e igualar en utilidad a las otras, para el sistema logo, se

utilizó Siemens, se mejora este equipo debido a que es uno de los principales precursores de desperdicio de producto y los beneficios son:

- Disminución considerable del desperdicio.
- Reducir y evitar reprocesos.
- Mejorar el control de pesaje.
- Visualizar el control de pesaje en tiempo real.
- Proveer mejor rentabilidad con respecto al off spec.
- Entre otros...

A continuación, se presentará la información más específica que contiene el análisis relevante a modo de informe, por medio de una tabla resumen:

Resumen de Propuesta 1 Mejora del Equipo Actual	
Garantía	5 años
Tiempo de Implementación	2 días
Ahorro Total aproximado	\$14 740
Flujo de Recuperación	4 meses y medio
Valor Actual Neto	\$1,061.75
Tasa Interna de Retorno	39%
Inversión Total	\$4,025.29

Tabla 17. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Propuesta 2 Tolva móvil nueva

En esta segunda propuesta que es el uso de un equipo nuevo, se cuenta con una garantía de 10 años en la tolva móvil nueva, según Grupo Víctor, además de 5 años en los sensores e instalación, eso es lo ofertado por el proveedor cotizado, por otro lado, el tiempo de implementación es de 3 días, el proveedor y los técnicos aseguran que la instalación es de dos días y otro día de prueba y ajuste del sistema optimizado.

Esta propuesta es aplicable para las 3 líneas de producción al ser una tolva móvil, además de conllevar un cable especial RS32 para respaldar la memoria de la llenadora y verificar el pesaje en tiempo real.

Es importante mencionar que, con el llenado y pesaje automático, sumado a un equipo móvil se ahorraría dos operarios, por lo que quedarían 8 personas laborando, el monto total de ahorro considerando el desperdicio del derrame de la tolva, las pérdidas de producto por el mal pesaje y el salario de los dos colaboradores menos es de \$17 040 dólares por año aproximadamente, según información proporcionada por la empresa.

Es de vital relevancia mencionar que, en una proporción bastante positiva los beneficios son:

- Porcentaje mínimo o nulo de desperdicio.
- Alarga la vida útil de la línea al incluir un equipo nuevo.

- Se maneja un mejor control de obsolescencia en los equipos.
- El control de pesaje es menos afectado al contener y dispensar producto de una tolva nueva.
- Recuperar y evitar fertilizante adherido en las tolvas de llenado.
- Mejor rentabilidad económica con el respecto al off spec.

Para un mejor análisis de la opción que se oferta por medio de esta propuesta, se tabula un informe de los datos más relevantes. A continuación, una tabla resumen:

Resumen de Propuesta 2 Tolva Móvil Nueva	
Garantía	10 años en tolva y 5 años Sensores
Tiempo de Implementación	3 días
Ahorro Total aproximado	\$17 040
Flujo de Recuperación	2 años y medio
Valor Actual Neto	\$887.17
Tasa Interna de Retorno	20%
Inversión Total	\$17,144.07

Tabla 18. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Se oferta esta propuesta para evitar más derrames y que el producto se maneje de una manera más factible que se enfoca en la utilización de los sensores, pero en una tolva nueva y móvil, esto generaría una mejor flexibilidad en cuanto a la producción y se anula el desperdicio, fomentando un mayor ahorro.

Propuesta 2 (Tolva móvil nueva)	
Descripción	Monto
Tolva móvil nueva en acero inoxidable	\$13,118.78
Sensores de nivel	\$1,564.56
Colocación de previstas	\$188.33
Control y automatización	\$1,672.40
Administración y gestión	\$400
Cableado y monitoreo	\$200.00
Costos totales	\$17,144.07

Tabla 19. Costos de propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Después de establecidos todos los costos, incluyendo el de la nueva tolva, producirán mayor cantidad de utilidades y el desperdicio pasará a ser un ahorro que se sumaría a la utilidad. A continuación, el análisis del dinero en el tiempo mediante la tabla de flujos de inversión:

Flujo de recuperación de inversión propuesta 2 (Tolva móvil nueva)						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión total	\$17,144.07					
Ahorro generado	0	\$7,794.19	\$11,691.38	\$15,588.57	\$19,485.76	\$23,382.95
Tolva móvil nueva	0	\$17,144.07	\$17,144.07	\$17,144.07	\$17,144.07	\$17,144.07
Factura electrónica	0	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
Costo por mantenimiento	0	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00
Costos por materiales y previstas	0	\$3,425.29	\$3,493.80	\$3,563.67	\$3,634.95	\$3,707.64
Otros gastos (administración y gestión)	0	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Costos totales	0	\$31,863.55	\$35,429.25	\$24,207.74	\$24,279.02	\$24,351.71
Utilidades netas	0	\$28,194.19	\$32,255.26	\$36,233.68	\$40,210.43	\$44,187.16
Flujo de recuperación de inversión	(\$17,144.07)	(\$3,669.36)	(\$3,173.98)	\$12,025.93	\$15,931.42	\$19,835.44
Periodo de recuperación: 2 años y 6 meses						

Tabla 20. Flujos de inversión propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Para concretar el análisis económico y verificar si la propuesta es viable o no se calcula tanto el Valor Actual Neto como (VAN), así como la Tasa Interna de Retorno (TIR), según el cálculo generado se tabulan a continuación los resultados:

Periodo	Flujos (Propuesta 2)
0	(\$17,144.07)
1	(\$3,669.36)
2	(\$3,173.98)
3	\$12,025.93
4	\$15,931.42
5	\$19,835.44

Tabla 21. Flujos de inversión propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

VAN (Propuesta 2)	\$887.17
TIR (Propuesta 2)	20%

Tabla 22. Resultados VAN y TIR propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Con los resultados se evidencia que existe una viabilidad económica en esta propuesta, por lo que se establece un margen positivo financieramente que genera utilidad para la empresa.

Propuesta 3 Sistema de llenado nuevo

En esta tercera propuesta es una instalación de un equipo nuevo de llenado, se cuenta con una garantía de 15 años en el equipo nuevo, este contempla la llenadora automática con sistema reprogramable y respaldo USB del historial de pesaje en tiempo real, esto ofertado por Grupo Víctor, por otro lado, 5 años en los sensores e instalación, eso es lo ofertado por el proveedor cotizado, además es importante recalcar que, el tiempo de implementación es de 5 días, el proveedor y los técnicos aseguran que la instalación es de cuatro días y otro día de prueba y ajuste del sistema optimizado.

Esta propuesta es aplicable para las 3 líneas de producción al ser un sistema nuevo de llenado, además de conllevar un respaldo USB de la memoria de la llenadora y verificar el pesaje en tiempo real.

Lo más importante para la empresa es el impacto de mejora económica en cuanto a la disminución de personal, por lo que quedarían 7 personas laborando, esto debido a que el sistema es automático, por lo que la acción del llenador, pesador y tovero sería nula, además, el monto total de ahorro considerando el desperdicio del derrame de la tolva, las pérdidas de producto por el mal pesaje y el salario de los 3 colaboradores que se restarían del proceso, es de \$20 002 dólares por año aproximadamente, según información proporcionada por la empresa.

Entre las relevancias principales, se encuentran los beneficios, por lo que se describen a mayor detalle:

- Reducción exponencial de desperdicio (prácticamente nulo)
- Duración prolongada de vida útil en los equipos.
- Erradicación de la obsolescencia en los equipos de llenado.
- No se presentará la incidencia humana, por lo que el equipo será más preciso y autoajutable.
- Incremento importante de utilidades y productividad.
- Menor personal, mayor control, implementación y automatización del resto de los equipos en las líneas de producción.

La atención más visible de la empresa es en el informe de datos sensibles, por lo que se detalla la información vital tabulada, a continuación, una tabla resumen:

Resumen de Propuesta 3 Sistema Nuevo de Llenado	
Garantía	15 años equipo nuevo de llenado y 5 años Sensores
Tiempo de Implementación	5 días
Ahorro Total aproximado	\$20 002
Flujo de Recuperación	3 años
Valor Actual Neto	(\$24,324.50)

Tasa Interna de Retorno	5%
Inversión Total	\$26,850.78

Tabla 23. Tabla de Resumen de Datos de Propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Se contempla en tercera propuesta, un sistema nuevo de llenado, que incluye su automatización, por lo que la reducción de personal es un hecho, la inversión es casi el doble a la propuesta 1; sin embargo, su beneficio y vida útil, además de menores costos en mano de obra, son ganancia para la planta de fertilizantes. A continuación, los costos:

Propuesta 3 (Sistema de llenado nuevo)	
Descripción	Monto
Tolva móvil nueva en acero inoxidable	\$13,118.78
Llenadora nueva	\$13,132.00
Administración y gestión	\$400
Cableado y monitoreo	\$200.00
Costos totales	\$26,850.78

Tabla 24. Costos propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

La inversión es elevada, pero se enfoca en la programación del pesaje y su autocorrección, además de un control en tiempo real del peso en los sacos, por otro lado, se erradica la falla del derrame de producto, evitando el desperdicio de fertilizante a un nivel diminuto, se tabula el análisis de los flujos:

Flujo de recuperación de inversión propuesta 3 (Sistema nuevo de llenado)						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión total	\$26,850.78					
Ahorro generado	0	\$7,794.19	\$11,691.38	\$15,588.57	\$19,485.76	\$23,382.95
Sistema nuevo de llenado	0	\$26,850.78	\$26,850.78	\$26,850.78	\$26,850.78	\$26,850.78
Factura electrónica	0	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
Costo por mantenimiento	0	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00
Otros gastos (administración y gestión)	0	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00	\$400.00
Costos totales	0	\$38,144.97	\$41,642.16	\$30,350.78	\$30,350.78	\$30,350.78
Utilidades netas	0	\$33,194.19	\$37,091.38	\$40,988.57	\$44,885.76	\$48,782.95
Flujo de recuperación de inversión	(\$26,850.78)	(\$4,950.78)	(\$4,550.78)	\$10,637.79	\$14,534.98	\$18,432.17
Periodo de recuperación: 3 años						

Tabla 25. Flujos de propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Aunque el periodo de recuperación es mayor, las utilidades aumentan considerablemente, demostrando que es una propuesta aceptable; sin embargo, se analiza el VAN y la TIR de esta propuesta a continuación:

Periodo	Flujos (Propuesta 3)
0	(\$26,850.78)
1	(\$4,950.78)
2	(\$4,550.78)
3	\$10,637.79
4	\$14,534.98
5	\$18,432.17

Tabla 26 Flujos propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

VAN (Propuesta 3)	(\$24,324.50)
TIR (Propuesta 3)	5%

Tabla 27. Resultados VAN y TIR Propuesta 3.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Se infiere con los resultados que, según el VAN, la propuesta es riesgosa al ser una inversión bastante elevada, pero la TIR muestra que la recuperación sí es factible con el paso del tiempo.

Criterios de decisión	Propuesta 1 Mejora del equipo actual	Propuesta 2 Tolva móvil nueva	Propuesta 3 Sistema de llenado nuevo
Costo total	\$4,025.29	\$17,144.07	\$26,850.78
Periodo de recuperación	4 meses y medio	2 años y 6 meses	3 años
VAN	\$1,061.75	\$887.17	(\$24,324.50)
TIR	39%	20%	5%

Tabla 28. Comparación de costos y resultados VAN y TIR.

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Según aclara la tabla comparativa anterior, lo más conveniente para la empresa es mejorar el equipo, debido a que invierte menos y se recupera más rápido; sin embargo, el equipo cuenta con un periodo de obsolescencia que si este indica fallas, la inversión podría ser aún mayor que las propuestas juntas, además, el problema no estará del todo resuelto, debido a que darle seguimiento y generar prueba y error hasta que se complete el proceso idóneo, mientras que con equipo nuevo es inicialmente un ahorro en mantenimiento y disminución radical en cuanto a desperdicio.

Desde otra perspectiva, si se tuviese que elegir entre las dos propuestas, los resultados reflejan que la óptima es la propuesta uno, debido a que el VAN es positivo y la TIR mantiene un porcentaje similar al de la mejora

del equipo, pero también se puede considerar, cambiar el equipo gradualmente.

Aspectos	Propuesta 1 Mejora del Equipo Actual	Propuesta 2 Tolva móvil nueva	Propuesta 3 Sistema de llenado nuevo
Garantía	5 años	10 años	15 años
Tiempo Implementación	2 días	3 días	5 días
Equipo aplicable	Aplicable solo a las tolvas y llenadoras	Aplicable a las 3 líneas de producción	Aplicable a las 3 líneas de producción
Operarios Laborarían	9	8	7
Beneficios	Disminución. considerable del desperdicio. Evita reprocesos. Mejor control de pesaje. Mejor rentabilidad con	Disminución. considerable del desperdicio evitando derrames. Facilidad de manejo. Flexibilidad de producción.	Disminución del desperdicio. Evita reprocesos. Control de pesaje en tiempo real. Ahorro en personal,

	<p>respecto al off spec</p> <p>Ahorro.</p>	<p>Evita reprocesos.</p> <p>Mejor control de pesaje.</p> <p>Ahorro en personal y desperdicios.</p> <p>Alarga la vida útil de la línea.</p> <p>Mejor rentabilidad con respecto al off spec.</p> <p>Recuperar y evitar fertilizante adherido en las tolvas de llenado.</p>	<p>mantenimiento y desperdicios</p> <p>Mayor vida útil.</p> <p>Duración prolongada de vida útil en los equipos.</p> <p>Erradicación de la obsolescencia en los equipos de llenado.</p> <p>Equipo más preciso y autoajutable.</p>
Desventajas	<p>1 operario corre peligro de perder el trabajo.</p>	<p>2 operarios corren peligro de perder el trabajo</p>	<p>3 operarios corren peligro de perder el trabajo.</p>

	Obsolescencia del equipo.		Propuesta riesgosa al ser inversión tan alta.
Marcas del equipo	Sensores Siemens Sistema logo 48 Components	Sensores: 48 Components Sistema logo: Siemens	Sensores: 48 Components Sistema logo: Siemens
Ahorro por año	\$14 740	\$17 040	\$20 002
Flujo de Recuperación	4 meses y medio	2 años y seis meses	3 años
Valor Actual Neto	\$1,061.75	\$887.17	\$24,324.50
Tasa Interna de Recuperación	39%	20%	5%
Inversión Total	\$4,025.29	\$17,144.07	\$26,850.78

Tabla 26. Tabla Comparativa de las propuestas.

Fuente: Elaboración Propia 2019

Justificación de la selección de la propuesta número uno en comparación con la propuesta número dos y tres

Como parte del desarrollo de las propuestas antes mencionadas y de los estudios realizados, con el fin de sustentar cuál de las tres propuestas se considera la más apropiada para que la empresa pueda implementar, se determinó que la propuesta número uno es la que se adapta al presupuesto que plantea la empresa, donde la inversión se encuentra entre el rango mínimo de \$3200 a \$4200 máximo.

Por lo tanto, cabe mencionar que la propuesta número uno presenta un periodo de recuperación más corto de tan solo 4 meses y medio, mientras que la propuesta número dos tiene un periodo de recuperación de dos años y seis meses y la propuesta número tres un periodo de recuperación de tres años. Como parte de la automatización industrial que se desea aplicar como mejora al equipo existente se tienen grandes ventajas dentro de las cuales se mencionan las siguientes:

- Los costos operativos disminuyen de forma notoria. Esto debido a que el proceso de la línea de monoproducto número dos requiere de menor personal que realice tareas mecánicas y a su vez, otro tipo de gastos relacionados con el stock y suministros se reducen, ya que se optimizan los recursos energéticos.

- Se eliminan errores humanos durante el proceso. Como las tareas se automatizan y se programan para determinados patrones, los fallos provenientes del personal como el pesaje, mal llenado de los sacos desaparecen, dando más eficiencia y fiabilidad a los resultados.
- Los colaboradores se centran en lo importante. Con más tiempo “libre”, el personal de la empresa puede explotar sus capacidades intelectuales, así aportar conocimiento para buscar nuevas estrategias de mejora y crecimiento, lo que hará que la empresa sea más competente en el mercado, aquí es fundamental poner en práctica las capacitaciones y charlas de cinco minutos.
- El tráfico de datos que se obtiene de la memoria de la llenadora al extraerse esa información con el cable USB ayuda a disponer de mejores análisis estadísticos que beneficiarán la comprensión e interpretación de la realidad con respecto a la oferta y demanda en la calidad del fertilizante en este caso los sacos de 45 kg.
- El control del proceso aumentara debido a la implementación de los sensores de nivel máximo y mínimo, ya que se podrá detectar de una forma más eficiente cuando la tolva quede vacía y así se evitará el derrame de producto en el suelo, lo cual reducirá accidentes laborales.
- Sin embargo, cabe mencionar que la automatización también conlleva algunas desventajas para el departamento de las que podemos mencionar las siguientes:

- Incertidumbre laboral. Es una preocupación para el personal si la automatización eliminará ciertos trabajos. El automatizar procesos aporta la capacidad de crear nuevos puestos, ya que los colaboradores pueden abordar proyectos que antes no se realizaban por falta de tiempo.
- Alta inversión inicial. Hay que realizar un primer esfuerzo económico. Si la implementación se desarrolla correctamente, se amortizará la inversión inicial, por ello se realizaron los análisis del VAN y la TIR del proyecto y la gestión de presupuesto del que se dispone, dando como resultado un valor más alto de la TIR de 39% para la propuesta número uno, en comparación de la propuesta dos de 20% y la propuesta número tres de 5% dando un valor negativo del VAN.
- Gestión de cambios. Contar con la implementación de los sensores, cable US brindará mayor eficiencia a la tolva de llenado, ya que se integran procesos de control de calidad, que suponen cierto grado de esfuerzo y tiempo. Esto implica extraer la información de los pesos y visualizar cuando hay pesos incorrectos y así corregir de forma inmediata, para que su utilidad y beneficios no se queden estancados y evolucionen en cuanto a funcionalidades en base a las necesidades de la compañía, el personal encargado utilizara esos datos para realizar gráficas estadísticas con las que se tenga mayor control del proceso y mejorarlo constantemente.

- Finalmente, cabe mencionar que la propuesta dos y tres también son buenas, sin embargo, al tener que contar con mayor inversión tienden a pensarse un poco más en vista de que la empresa no cuenta con esa cantidad presupuestada. La propuesta número uno tiene una implementación más rápida y una garantía de 5 años por lo que a ese plazo se podría ir generando ahorro si se quisiera poner en práctica las propuestas dos y tres y así disponer de una vida útil mayor en la línea de monoproducto número dos, las cuales las dos últimas propuestas tienen el beneficio de que son aplicables para las tres líneas de producción.

Conclusiones

Se evidencia, en resumen, a los diferentes análisis que se desarrollaron en el Departamento de Producción, específicamente en la línea 2 de monoproducto, un inadecuado control del pesaje, lo que provoca pérdidas de materia primas, que genera un costo económico para la empresa, como también influye en la calidad del producto terminado para entrega final del cliente.

Asimismo, y de acuerdo con el diagrama de Pareto realizado, con el fin de conocer las oportunidades de mejora del departamento en estudio, se obtuvo un acumulado de 67% para el uso de un control de pesaje en tiempo en real, seguido de 84% para la automatización de la línea 2 de monoproducto, lo que conlleva a disponer de un personal capacitado para mejorar la productividad de la línea.

Ante estos resultados, se realizó un plan de acción del diagrama Ishikawa para determinar las posibles soluciones a los problemas planteados en la línea 2 de monoproducto, en el que se concluye que la principal causa es el derrame de producto, a pesar de que el operario está verificando la llenadora de la línea y pesando los sacos, se demuestra que, para un rango máximo de 45 kg, se genera pérdidas anuales de \$1169,1.

En concordancia, diversas causas influyen en el control de pesaje, por lo tanto, con un muestreo estadístico, se concluye que 80% de los pesos tiene un rango de 45.15 a 45.30 kg, lo cual es un problema para la empresa, ya que hay sacos que llevan menos producto y otros exceden el máximo e influye en la economía de la empresa.

Finalmente y de acuerdo con diferentes análisis estadísticos que se desarrollaron en el Departamento de Producción, específicamente en la línea 2 de monoproducción se concluye que la llenadora afecta significativamente en el peso del producto final, como resultado de que existe carencia de procesos automatizados, por lo que al realizar las operaciones de forma manual, se aumenta la deficiencia y los errores operativos que generan inconvenientes, entre ellos: la variabilidad en los pesos de sacos de fertilizantes y el desperdicio de materias primas.

Para concluir, con los resultados obtenidos en los diferentes análisis y mediciones establecidas se considera que se debe prescindir de capacitaciones para el personal, con el fin de disminuir la incidencia humana en los procesos de pesaje y llenado de la tolva, por lo que se plantean tres propuestas para la automatización de este proceso, entre las cuales se hace la selección de la empresa de Proyectos y Montajes Industriales Montes de Oro S.A, que garantiza un menor costo en la instalación previa del sensor y de esta forma, lograr una reducción de 100% en el desperdicio y la variabilidad de los procesos.

Recomendaciones

Como parte fundamental del proyecto se procede a mencionar posibles recomendaciones, mediante las cuales la empresa podrá basarse y poner en práctica el proyecto realizado.

Se sugiere contar con un sistema que provea una solución para la reducción del derrame en la llenadora de la línea 2 y el control de pesaje. De esta manera, se recomienda que lleven el sistema de automatización a la práctica, ya que el proyecto desde el punto de vista operativo y económico es viable.

Por otro lado, se propone mejorar los estándares del proceso de operación y las responsabilidades que implica, ya que la mayoría de las tareas se realizan en cuanto a la experiencia del operario y las mejoras se deben enfocar en la capacitación de los operarios de este modo mejorar la eficiencia en cada proceso. Posteriormente, como parte del valor agregado el elaborar planes correctivos como la metodología de las 5 S, en cuanto al orden, la limpieza y el hábito de mantener los equipos en condiciones óptimas, con el fin de reducir los accidentes en el Departamento de Producción, como también los diagramas de control estadísticos que reflejan las deficiencias del departamento y así, centrarse en las oportunidades de mejora de la empresa.

Es importante para el funcionamiento de los equipos y brindar seguimiento para verificar que todo esté en orden, ya que el Departamento de Producción es el área más importante de la empresa, por esta razón es esencial cumplir con los indicadores de la planta.

Como parte del estudio realizado, se debe considerar a futuro la compra de máquinas de producción con un sistema automatizado, como la banda transportadora para la otra línea de producción que tiene un sistema obsoleto, que permita mejorar la eficiencia y velocidad de la línea de producción.

Por consiguiente, se debe poner en práctica la elaboración de controles estadísticos para el proceso, tales como gráficas de control, con el fin de identificar, controlar y mejorar las variables de mayor peso que presenta el Departamento de Producción, con la ayuda de nuevos procedimientos que logren un proceso automatizado. Es recomendable crear el hábito en los operarios respecto al tema del mantenimiento de los equipos y así concientizar al departamento para reducir el deterioro de los equipos y disminuir los costos de operación por mantenimiento.

Finalmente, para el logro de un mayor desempeño en los operarios del departamento, se puede dar seguimiento a la pizarra de trabajo, en la que se expongan las competencias del equipo y así contribuir al cumplimiento de los objetivos.

Referencias bibliográficas

- Alejandro, N. H. (2009). *Implementación de un sistema de pesaje para trigo en un proceso de producción de harina en la empresa Molino Electro Moderno S.A.* Quito, Ecuador. Recuperado el 15 de noviembre de 2018, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1122>
- Ángelo, S. B. (2018). *Población y muestra*. Recuperado el 15 de noviembre de 2018, de [https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLA CI%C3%93N%20Y%20MUESTRA%20\(Lic%20DAngelo\).pdf](https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLA CI%C3%93N%20Y%20MUESTRA%20(Lic%20DAngelo).pdf)
- Castrillo, B. (12 de octubre de 2018). Yara Costa Rica. (G. Chavarría, & A. Ríos, Entrevistadores)
- Cavero, J. G. (2015). *Control de pesaje y mezcla industrial de 3 componentes mediante un autómatas*. Valencia, España. Recuperado el 16 de noviembre de 2018, de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55037/73657152C_TFG_14413625282278905920591107582012.pdf?sequence=2
- Crespo, W. (9 de febrero de 2011). *Automatización Industrial*. Obtenido de <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacio nindustrial/>
- Dani-Skog, R. (12 de noviembre de 2012). *Introducción a la Programación de Controladores Lógicos*.
- Española, Real Academia de la Lengua. (s.f.). *Sensor*. Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <http://dle.rae.es/?id=XaY03jU>
- Ferrado, G. (2018). Estadística. *Estadística*. Recuperado el 15 de noviembre de 2018, de <http://www.estadistica.mat.uson.mx/Material/queesunaencuesta.pdf>
- Investea. (10 de diciembre de 2011). Revista de didáctica ambiental. *Revista de didáctica ambiental*. Recuperado el 17 de noviembre de 2018, de Revista de didáctica ambiental
- Manene, L. M. (2018). Definición diagrama de flujo. *Diagrama de flujo*. Recuperado el 15 de noviembre de 2018, de <http://www.luismiguelmanene.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>
- Melchor, A. (24 de junio de 2015). *Gestiopolis*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de <https://www.gestiopolis.com/analisis-foda-y-diagramas-de-afinidad-y-de-pareto/>
- N.N. (24 de noviembre de 2018). *Facebook*. Obtenido de Yara Costa Rica: <https://www.facebook.com/yaracri/photos/a.142847356432950/211073632943655/?type=3&theater>

- Riesco, J. M. (2018). *Conceptos básicos de estadística*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de http://www.jorgegalbiati.cl/ejercicios_4/ConceptosBasicos.pdf
- Rodríguez, P. (s.f.). *Diseño de Interfase Hombre-Máquina (HMI)*. Valdivia: Instituto de Electricidad y Electrónica – Universidad Austral de Chile.
- Aiteco Consultores. (2018). Gráficos de control. *Gráficos de control*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de <https://www.aiteco.com/graficos-de-control/>
- Sampieri (1998) Metodología de la investigación. Recuperado el 8 de febrero de 2020, de <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/7841/5/362.829%202-B467f-CAPITULO%20IV.pdf>
- Ballesteros, F. (1992). La observación. Recuperado el 8 de febrero de 2020, de http://eoepsabi.educa.aragon.es/descargas/G_Recursos_orientacion/g_1_atencion_diversidad/g_1_2.recursos_varios/1.7.La_observacion.pdf
- Cadenas. (1974). Población y muestras. Recuperado el 8 de febrero de 2020, de <https://sites.google.com/site/estadisticadescriptivaenedu/home/unidad-1/poblaci-1>
- Del Carpio, A. (s.f.). Las variables en la investigación. Recuperado el 08 de febrero de 2020, de www.urp.edu.pe/pdf/clase_variablesdeinvestigacion.pdf

Anexos

Anexo 2. Formato para las Encuestas

Encuesta

Yara Costa Rica

Fecha: _____

Departamento: _____

Puesto desempeñado: _____

Propuesta planteada: "Propuesta para la implementación de un sistema de automatización industrial para el control de pesaje en la llenadora de la línea #2.

Objetivo: Con el proyecto se busca sugerir una automatización industrial mediante el uso de controles lógicos programables, como el uso de sensores de nivel en la llenadora, los cuales adviertan al operario la cantidad máxima y así no se desborde el producto y se pierda tiempo nuevamente en llenar la tolva, además de lograr un control de calidad en tiempo real con el fin de evitar desperdicio y problemas en el pesaje.

1. **¿Cuáles problemas considera usted que se presentan en la línea de producción #2 de Monoproducto, que afectan la productividad?**

2. **¿Cuáles soluciones han implementado para resolver los problemas que afectan a la línea de producción? ¿Se han solucionado Sí o No?**

3. **¿Cómo se soluciona en este momento los problemas presentes en la línea de producción?**

4. **¿Les parece que la propuesta planteada pueda reducir los problemas presentes en la línea de producción?**

5. **¿Cuáles propuestas considera usted que ayude a resolver los problemas en la línea de producción?**

Anexo 3. Cotización de Proyectos y Montajes Industriales

Montes de Oro S.A

Factura Electrónica N° 00100001010000000062		Fecha de Emisión: 12/08/2019 11:02 p.m															
Ver. 4.3																	
Clave Numérica 50612081900310173359800100001010000000062163060531																	
		PROYECTOS Y MONTAJES INDUSTRIALES MONTES DE ORO S.A PROYECTOS Y MONTAJES INDUSTRIALES MONTES DE ORO S.A Ident. Jurídica: 3-101-733598															
		Teléfono: +(506) 8534-3742 Fax: +(506) 0 Correo: christopher2991@hotmail.com Dirección: Puntarenas Montes de Oro Miramar 600 Sur, 75 Norte y 25 Oeste de Gasolinera Serv.															
Receptor: Yara Costa Rica																	
Ident. Jurídica: 3-102-005500 Teléfono: +(0) 0 Correo: proveedorescr@yara.com Destinatario: milena.valerio@yara.com Dirección:		Condición de Venta: Contado Orden de Compra: 4500291138 Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario															
Líneas de Detalle																	
Código	Cantidad	Unidad Medida	Descripción del Producto/Servicio	Precio Unitario	Descuento	Naturaleza del Descuento.	SubTotal	Monto Impuestos									
	1.00	Unid	Instalación prevista para sensores LO4 L	95,000.00	0.00		95,000.00	12,350.00									
Notas: OC 4500291138						<table border="1"> <tr> <td>Subtotal Neto:</td> <td>¢</td> <td>95,000.00</td> </tr> <tr> <td>Total Impuesto</td> <td>¢</td> <td>12,350.00</td> </tr> <tr> <td>Total Factura:</td> <td>¢</td> <td>107,350.00</td> </tr> </table>			Subtotal Neto:	¢	95,000.00	Total Impuesto	¢	12,350.00	Total Factura:	¢	107,350.00
Subtotal Neto:	¢	95,000.00															
Total Impuesto	¢	12,350.00															
Total Factura:	¢	107,350.00															
CIENTO SIETE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA COLONES.																	

Anexo 4. Cotización de Inelicori S.A.

INELECORI S. A.	
COTIZACION	
CLIENTE:	YARA S. DE R. L.
ATENCION:	ING. ANDRES PRENDAS
UBICACIÓN:	PLANTA INDUSTRIAL ESPARZA
DESCRIPCION:	
	Instalar componentes para automatizar llenado de tolva de empaque Instalar sensores de nivel suministrados por YARA en previstas instaladas en tolva Instalar vías y cableado para señales de sensores Instalar actuales componentes del tablero existente en nuevo tablero Instalar LOGO Siemens para control del sistema Instalar maneta de selección manual-automático Todos lo accesorios se instalarán en el panel actual
Alcance del trabajo	
	Todos los materiales requeridos Mano de obra, cargas sociales y póliza RT Póliza de Responsabilidad civil Transportes Herramientas y equipos
Coto del trabajo	
	Costo total \$ 1.480.00 MAS 13% IVA Monto neto a pagar \$ 1.672.40
Forma de pago	
	100% al terminar Tramite de factura contra OC
Tiempo requerido	
	Una semana
Garantía	
	Un año

Anexo 5. Cotización de RMR Maquinaria y Aditamentos S.A

(Sensores de Nivel)



RMR MAQUINARIA Y ADITAMENTOS S.A
CÉDULA JURÍDICA 3-101-243715
CORREO: servicioalcliente@rmrmaqsa.com
TEL: (506) 2223-0849 / 2223-3423/ 2223-5763
WHATSAPP: 8471-1500

COTIZACIÓN NÚMERO: 249-2019

FECHA: 06/06/2019

CLIENTE: YARA COSTA RICA S.A.

SR. ANDRÉS PRENDAS
TEL: 2663-1893 // 8465-0157
CORREO: andres.prendas@yara.com

TIEMPO DE ENTREGA: 12-15 DÍAS HÁBILES.
CONDICIONES DE PAGO: 30 DÍAS.
VIGENCIA : 15 DÍAS.
ENTREGA. SUS INSTALACIONES.

CON GUSTO COTIZAMOS LOS SIGUIENTES SENSORES MARCA 4BCOMPONENTS, FABRICACIÓN U.S.A.

ITEM #	CANT	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	P. UNIT	P.TOTAL
1	1	AUTOSET MODELO ATS6V0A, MARCA 4B COMPONENTS, FABRICACIÓN U.S.A, CON VARILLA DE 3 3/8" DE LARGO.	\$700,65	\$700,65
2	1	AUTOSET MODELO ATS6V0A, MARCA 4B COMPONENTS, FABRICACIÓN U.S.A, CON VARILLA DE 8" DE LARGO.	\$683,91	\$683,91
3	1	BOLSA DE 100 TORNILLOS PARA ELVADOR, ESPECIALES COPN PICOS (TIPO FANGED), TAMAÑO DE 1/4" X 1. 1/2", INCLUYE SU TUERCA DE SEGURIDAD Y ARANDELA.	\$372,22	\$372,22

NOTAS IMPORTANTES:

LA CANTIDAD DE TORNILLOS COTIZADA ES LA MÍNIMA QUE VENDE FÁBRICA.

LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS SON REVISADOS EN FÁBRICA ANTES DE SER DESPACHADOS, POR LO QUE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LOS MISMOS ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE, NO ES APLICABLE LA GARANTÍA POR MAL FUNCIONAMIENTO O INDEBIDA INSTALACIÓN.

SUB TOTAL	\$1.756,78
IMP. VENTAS.	\$228,38
TOTAL	\$1.985,16

