

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS Y MINIMIZACIÓN DE DESPERDICIOS DE
ÁCIDO EN EL AREA DE LLENADO DE BATERIAS BASADO EN UN ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DENTRO
DE LA EMPRESA AUTECO SAS**

INTEGRANTES:

**CARLOS AYOLA CARABALLO
CRISTIAN POSSO CORONADO
OSCAR JUNIOR MEZA VILORIA
PAOLA CHARRY GONZALEZ
ROSNAYRA PUELLO PUELLO**

DOCENTE:

ING. MARIA MERCEDES SUAREZ
Asesor metodológico

ING. JUAN CAMILO MACHADO FERRUCHO
Asesor Disciplinar

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ – ELÍAS BECHARA ZAINÚM
FACULTAD DE INGENIERÍA – ESC. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROYECTO DE GRADO – X SEMESTRE
CARTAGENA, BOLÍVAR
2019**

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de manera especial a Dios por sus innumerables bendiciones, a todas aquellas personas que contribuyeron que este proyecto se hiciera una realidad, tales como los Ing. Juan camilo Machado Ferrucho y María Mercedes Suarez, a la empresa Auteco por permitirnos realizar este proyecto en sus instalaciones, a nuestros padres por siempre ver lo mejor en nosotros y todas las personas que han hecho las cosas posibles.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|--|--|----|
| 1. | TITULO DE PROYECTO..... | 1 |
| 2. | RESUMEN..... | 1 |
| 3. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 3.1. | Descripción del problema | 3 |
| 3.2. | Formulación del problema | 8 |
| 4. | OBJETIVOS..... | 9 |
| 4.1. | Objetivo General..... | 9 |
| 4.2. | Objetivos Específicos | 9 |
| 5. | JUSTIFICACIÓN | 10 |
| 6. | MARCO TEORICO..... | 12 |
| 6.1. | Análisis diagnostico | 12 |
| 6.2. | Caracterización general de la operación y la aplicación de métodos -tiempos. | 13 |
| 6.3. | Análisis estadístico de los desperdicios basado en el análisis de medias y aplicación de prueba de hipótesis. | 14 |
| 6.4. | Aplicación de la automatización como elemento de solución..... | 15 |
| 6.5. | Análisis de viabilidad financiera | 16 |
| 6.6. | Estado del arte / antecedentes | 17 |
| 6.7. | Marco conceptual | 20 |
| 7. | DISEÑO METODOLOGICO | 23 |
| 7.1. | Diseño metodológico | 23 |
| CAPÍTULO I - DIAGNÓSTICO DEL PROCESO OPERATIVO ACTUAL DEL LLENADO DE ÁCIDO DE BATERÍA..... | | 25 |
| 8. | PROCESO DE OPERACIÓN DEL LLENADO DE ÁCIDO BATERÍA..... | 25 |
| 8.1. | Análisis de datos actuales e históricos de la empresa..... | 27 |
| 8.2. | Impacto económico de la situación Problema:..... | 30 |
| CAPITULO II, CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO | | 32 |
| 9. | CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO | 32 |
| 9.1. | Caracterización del proceso de llenado de baterías | 34 |
| 9.2. | Estudio de métodos y tiempos | 35 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO III, PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS | 50 |
| 10. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA | 50 |
| 10.1. Aplicación de análisis de medias | 50 |
| 10.1.1. Prueba de Hipótesis para Media Baterías Bóxer..... | 51 |
| 10.2. Evaluación de equipo automatizado con aporte al proceso | 59 |
| 10.3. Propuesta de mejora para el proceso de llenado de batería..... | 60 |
| 10.4. Análisis de la variación del proceso | 61 |
| CAPITULO IV, ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA | 62 |
| 11. Análisis viabilidad económica | 62 |
| 11.1. Metodología de análisis | 62 |
| 11.2. Situación actual..... | 62 |
| 11.2.1. Criterios de decisión | 65 |
| 11.2.2. Tasa de retorno mínimo (T.R.E.M.A)..... | 65 |
| 11.3. Escenarios | 66 |
| 11.3.1. Escenario Muy Pesimista..... | 66 |
| 11.3.2. Escenario Pesimista | 68 |
| 11.3.3. Escenario Normal | 70 |
| 11.3.4. Escenario optimista..... | 72 |
| 11.3.5. Escenario Muy Optimista | 74 |
| 11.3.6. Resumen de Escenarios | 76 |
| 11.3.7. Resumen de escenario cambiante la variable TREMA | 77 |
| CAPITULO V, CONCLUSIONES | 78 |
| 12. Conclusiones Generales de la Propuesta de mejora..... | 78 |
| CAPÍTULO VI, RECOMENDACIONES | 79 |
| 13. Recomendaciones Propuestas para la empresa Auteco SAS según análisis realizados dentro del proyecto..... | 79 |
| 14. ANEXOS..... | 80 |
| 14.1. Lista de chequeo aplicada al proceso llenado de batería en la empresa Auteco SAS..... | 80 |
| 14.2. Aplicación de herramienta 5 porque..... | 81 |
| 14.3. Cotizaciones de equipos automatizados | 82 |
| 14.4. Tablas Análisis Estadísticos y Herramientas de Ingeniería..... | 85 |
| 14.5. Comparativo de la aplicación de la herramienta de métodos hombre maquina..... | 88 |

| | | |
|--------|--|----|
| 14.6. | Análisis de la situación actual proyectada a 10 años..... | 89 |
| 14.7. | Análisis del escenario pesimista proyectado a 10 años..... | 91 |
| 14.8. | Análisis del escenario normal proyectado a 10 años..... | 92 |
| 14.9. | Análisis del escenario optimista proyectado a 10 años..... | 93 |
| 14.10. | Análisis del escenario Muy optimista proyectado a 10 años..... | 94 |
| 14.11. | Análisis de la sensibilidad proyectado a 10 años..... | 95 |
| 15. | BIBLIOGRAFÍA..... | 96 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Porcentajes de participación del mercado mes de junio 2019. | 3 |
| Tabla 2. Número y tiempo de llenado de baterías según el tipo de motocicleta. | 7 |
| Tabla 3. Casos de optimización de recursos y procesos (Antecedentes). | 17 |
| Tabla 4. Fases para el desarrollo del proyecto. | 23 |
| Tabla 5. Numero de baterías llenas por modelo de motocicletas. | 27 |
| Tabla 6. Número de baterías llenadas por lotes según el modelo de motocicletas ensambladas en un turno de trabajo. | 29 |
| Tabla 7. Costo diario por desperdicio de ácido según modelo de motocicletas. | 30 |
| Tabla 8. Costo mensual por desperdicio de ácido según modelo de motocicletas. | 31 |
| Tabla 9. Listado de actividades proceso de cargue de baterías. | 36 |
| Tabla 10. Tiempos de realización según actividades Proceso de Cargue de Baterías. | 42 |
| Tabla 11. Tamaño de la muestra. | 43 |
| Tabla 12. Resultado tiempo esperado. | 44 |
| Tabla 13. Valoración del ritmo para las actividades desarrolladas dentro del proyecto de investigación. | 45 |
| Tabla 14. Tiempo básico de Actividades realizadas dentro del proceso de llenado de baterías con valoración de ritmo de trabajo | 46 |
| Tabla 15. Denotación de suplementos en las actividades realizadas dentro de proceso de Cargue de Baterías. .. | 47 |
| Tabla 16. Resultado de Aplicación de tiempo estándar. | 48 |
| Tabla 17. Cuadro comparativo de proceso inicial vs el proceso propuesto. | 49 |
| Tabla 18. Datos estadísticos baterías Bóxer. | 52 |
| Tabla 19. Datos estadísticos prueba de Hipótesis medias diferentes baterías pulsar 200 y platino. | 54 |
| Tabla 20. Agrupación de medias según referencia de baterías. | 56 |
| Tabla 21. Cantidad de ácido desperdiciado según referencia de baterías con medias Actualizadas | 57 |
| Tabla 22. Costo de Acido de baterías. | 57 |
| Tabla 23. Costos totales de Desperdicios de Acido por referencia de Baterías. | 58 |
| Tabla 24. Características de equipo cotizado. | 59 |
| Tabla 25. Índice de precios al consumidor (IPC). | 63 |

| | |
|---|----|
| Tabla 26. Calculo obligaciones económicas por trabajador. | 64 |
| Tabla 27. Tablas de análisis de situación actual. | 65 |
| Tabla 28. Escenario muy pesimista. | 67 |
| Tabla 29. Escenario pesimista. | 69 |
| Tabla 30. Escenario normal. | 71 |
| Tabla 31. Escenario Optimista. | 73 |
| Tabla 32. Escenario muy optimista. | 75 |
| Tabla 33. Resumen de escenarios. | 76 |
| Tabla 34. Resumen de escenarios. | 77 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Informe de participación y ventas mes de junio de 2019 | 4 |
| Ilustración 2. Diagrama de Causa-efecto..... | 6 |
| Ilustración 3. Diagrama de flujo y proceso de llenado de ácido de baterías Auteco SAS..... | 25 |
| Ilustración 4. Máquina para el llenado de ácido de baterías Auteco SAS..... | 27 |
| Ilustración 5. Diagrama de Pareto del Llenado de Acido de Baterías Auteco SAS para los meses de marzo a agosto de 2019. | 28 |
| Ilustración 6. Perdidas económicas según referencia ácido de baterías Auteco SAS..... | 31 |
| Ilustración 7. Caracterización del proceso del llenado de baterías. | 34 |
| Ilustración 8. Diagrama de proceso hombre maquina | 37 |
| Ilustración 9. Grafico asignación de medias por modelo de motocicleta. | 51 |
| Ilustración 10. Comparativos de flujogramas del proceso..... | 61 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Determinación de tamaño de muestra | 43 |
| Ecuación 2. Tiempo observado | 44 |
| Ecuación 3. Tiempo básico o normal para la actividad | 46 |
| Ecuación 4. Estadístico Base T | 53 |
| Ecuación 6. Desviación estándar poblacional | 55 |
| Ecuación 7. Fórmula para la aplicación de la tabla T-student | 55 |

1. TITULO DE PROYECTO

Propuesta de mejora para la automatización de procesos y minimización de desperdicios de ácido en el área de llenado de baterías basado en un análisis de viabilidad económica dentro de la empresa Auteco SAS, Cartagena de indias.

2. RESUMEN

El siguiente proyecto consiste en la elaboración de una propuesta de mejora para la automatización de procesos y minimización de desperdicios de ácido en el área de llenado de baterías en de la empresa Auteco SAS, Cartagena de indias. Donde se ejecutaron una serie de pasos y metodologías para obtener la posible solución para la eliminación de dicho desperdicio presentado en el área de llenado de baterías en la empresa, además aportar mejoras a los procesos que se realizan y así generar mayor valor, ventaja competitiva y alcanzar una rentabilidad al proceso. La utilidad de este proyecto radica en la propuesta de mejora y la reducción de desperdicios en el proceso involucrado, las cuales le permita a la empresa el aprovechamiento al máximo del ácido comprado, incluyendo los equipos y materiales que en realidad se necesitan, teniendo en cuenta el espacio físico y la distribución de la bodega.

Por consiguiente, es trascendental hacer diferentes acercamientos prácticos en el contexto a investigar a partir de visitas y asesoría del personal capacitado de dicha área. Principalmente aportando nueva información y métodos de aplicación al momento de realizar el proceso, de modo se aporte un estándar al momento del llenado, donde se establezcan tiempos en cada una de los procedimientos, cantidades, objetivos, que los operarios deban cumplir dentro de su jornada, lo cual hace que en estos momentos en este proceso se desconozca la capacidad máxima de producción, y la rentabilidad dentro de la compañía. La importancia radica fundamentalmente en la reducción de costos que se pueden obtener a corto, mediano o largo plazo con la propuesta brindada, la cual va a hacer recibida por los entes de la empresa, todo esto con el fin de buscar la mejora continua y automatización del proceso en la empresa AUTECO SAS.

Para ello se planteó dar respuesta a ¿Cómo optimizar el proceso y minimizar los desperdicios de ácido en el área de llenado de baterías dentro de la empresa Auteco SAS, Cartagena de indias?, a partir de la cual se procede a diseñar una propuesta de mejora para la automatización y reducción de desperdicios en el proceso antes mencionado donde se inicia con la descripción del paso a paso del proceso productivo y su operación así como la aplicación de herramientas de diagnóstico en la empresa que permitan la identificación de causas generadoras de la condición actual, realizando una revisión del proceso de operación del llenado de ácido batería a través de la solicitud de información directa a la empresa tales como datos históricos de

almacenamiento y generar análisis de los mismos, aplicando estudio de tiempos y herramienta bimanual que permita evidenciar la duración promedio por ciclo de llenado.

Del mismo modo se realizó Investigación sobre equipo automatizado que genere impacto directo de solución a la problemática y a su vez se realizó aplicación de herramientas de ingeniería que permitan el análisis y claridad de las posibles soluciones o comportamientos que generaría la reestructuración del proceso productivo lo que genere la elaboración de una propuesta de mejora en la cual se realizó análisis comparativo que permita la evaluación de la viabilidad que permita que el proceso reduzca los desperdicios de ácido y optimice en general el proceso y permita observar sintetizadamente los resultados de los análisis realizados que evidencie la claridad de la información para la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVES: Costos, toma de decisiones, desperdicios, automatización de procesos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

La empresa Auteco es una ensambladora de motocicletas líder de Colombia y la precursora por más de 70 años de esta industria en el país. Ofrece soluciones de movilidad únicas e innovadoras con el propósito de satisfacer las necesidades de transporte, recreación y trabajo, generando progreso para millones de colombianos. Auteco cuenta con un diversificado portafolio de productos en el que se destacan reconocidas marcas mundiales como Kawasaki, Bajaj, Kymco y KTM, así como marcas propias: Victory y Stärker, siendo esta última la gran bandera en el negocio de la movilidad eléctrica. A esto se le suma una línea de repuestos y accesorios que se caracteriza por facilitarles a los colombianos todas las herramientas necesarias para disfrutar de la experiencia de conducir.

En la siguiente tabla se pueden evidenciar el porcentaje en ventas de las motocicletas Auteco en nuestro país, mostrando participación en el mercado de cada una de sus marcas

(Ver tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de participación del mercado mes de junio 2019.

| Participación del mercado mes de junio 2019 | |
|---|-------|
| STARKER ELECTRIC | 92,9% |
| BAJAJ | 23,0% |
| VICTORY | 4,2% |
| STARKER MOTOCICLETAS | 0,4% |
| KTM | 0,7% |
| KAWASAKI | 0,3% |

Fuente: Elaboración del autor 2018.

Como complemento a la información anteriormente presentada se muestra un gráfico el cual dará una perspectiva más clara de la información en estudio (Ver ilustración 1).

Ilustración 1. Informe de participación y ventas mes de junio de 2019



Fuente: Elaboración del autor 2019.

La empresa cuenta dos plantas de ensamblaje, una en Itagüí, ciudad donde nació la empresa y otra en Cartagena, una de las más modernas de Latinoamérica, que, además, emplea en un 70% a mujeres cabeza de familia. También cuenta con un Centro de Distribución de Repuestos y Accesorios ubicado en Rionegro, que al igual que Cartagena, presenta una alta empleabilidad a mujeres cabeza de familia que corresponde al de los colaboradores. En total, cerca de 1.600 personas trabajan de manera directa para Auteco en estas tres ciudades y en otras, como respaldo a la actividad comercial.

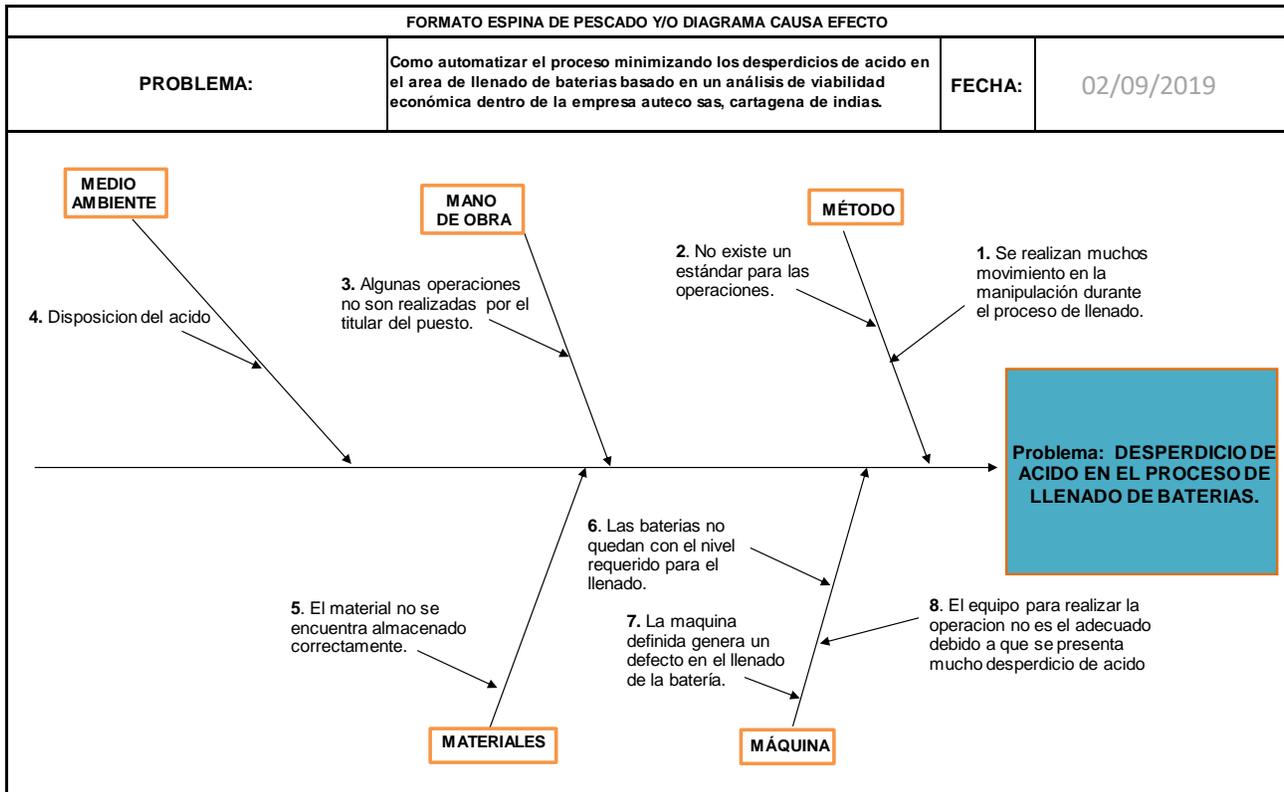
El proceso operativo de Auteco consiste en el ensamblaje y la distribución de motos y repuestos, para ello sus clientes inmediatos son los distintos concesionarios del país, dentro de los procesos o líneas productivas que maneja la empresa Auteco SAS, se encuentra el área de llenado de baterías, área que surgió a finales del año 2018, cabe destacar que este proceso antes de ser interiorizado dentro de las instalaciones de la compañía se realizaba directamente en los centros de distribución, donde ellos recibían la cantidad de ácido correspondiente a las unidades de baterías que les eran entregadas. Teniendo en cuenta el tipo de producto que se utilizaba y las implicaciones económicas que representaba a la compañía movilizar este producto a los diferentes centros de distribución de motocicletas locales y regionales, la empresa decidió a finales del año 2018 dejar de enviar los ácidos a los concesionarios para el llenado de las baterías y en su lugar, retoma el proceso dentro de sus instalaciones, por lo cual realizó la puesta en marcha del área de cargue de baterías, el cual trabaja como proceso productivo de estructura lineal, que consiste en recibir las baterías vacías desde el proceso de desempaquete, y a través de un sistema manual de llenado un operario se encarga de llenarlas según los parámetros establecido dentro de la compañía.

En el mes de mayo del año 2019 la empresa decide realizar un balance operacional de este nuevo proceso con el fin de revisar el comportamiento que este ha tenido durante el periodo 2018-2019, detectando posibles opciones de mejora que pueden ser optimizados. Dentro de este se pudieron establecer los siguientes problemas, los cuales son claves dentro de la operación y serán el objeto de estudio de este proyecto.

1. La línea de producción de cargue de las baterías presenta desperdicio de ácido durante el llenado, el cual se estimó inicialmente de 9 gramos por batería, este dato se obtuvo después de realizar una verificación entre la relación de baterías cargadas, cantidad utilizada según la presentación en la que viene el producto y el peso del material depositado en la bandeja de disposición del mismo, dichos desperdicios se presentan aun en la actualidad ya que el equipo utilizado para realizar el llenado, presenta problemas de derrame de producto puesto que este no es capaz de retenerlo al momento de cerrar las válvulas, generando goteo y por consiguiente desperdicio de material, este es un equipo fabricado de forma artesanal, por lo cual aunque se tomen las medidas necesarias para evitar fugas y derrames, este puede presentar fallas no garantizadas.
2. El equipo utilizado no garantiza a la compañía que la cantidad colocada es la correspondiente según la ficha técnica del producto, puesto que el cargue de las baterías no presenta un sistema de pesaje, que garantice que las cantidades depositadas en cada batería son las indicadas, el producto según esta situación hace que se genere reproceso dentro de la línea y por consiguiente demoras en los despachos de este hacia la bodega de producto terminado, las baterías solo son revisadas en calidad para validación de amperaje, aun pasando que las mismas tengan una cantidad inferior de ácido, dado que el proceso de cargue de baterías se puede demorar hasta 30 min y este reproceso implica el retorno de una batería puede hacer que la misma demore hasta 1 hora y por consiguiente retraso en su salida a los centros de distribución.
3. Adicional a esto, dentro del balance realizado se pudo detectar que no existe un procedimiento estandarizado para la realización del proceso de cargue de las baterías, donde se establezcan tiempos de llenados, cantidades objetivos, que los operarios deban cumplir dentro de su jornada, lo cual hace que en estos momentos en este proceso se desconozca la capacidad máxima de producción, y la rentabilidad dentro de la compañía.

De acuerdo con lo anterior se procedió a realizar un análisis de causas a través de la metodología Ishikawa por medio del cual se pueden estudiar todas las causas por las que se está presentando este inconveniente en la empresa en estudio y así tener una idea más clara a la hora de brindarle una solución óptima (Ver ilustración 2).

Ilustración 2. Diagrama de Causa-efecto



Fuente: Elaboración del autor 2019.

Teniendo en cuenta la revisión realizada en el análisis de métodos de trabajo, el procedimiento realizado para el llenado de baterias no está estandarizado o en la actualidad no existe un estándar o procedimiento escrito de trabajo donde se pauten una a una las actividades, cantidades, especificaciones técnicas y movimientos que se deben realizara para el llenado de baterias. Adicional se puede constatar que se realizan muchos movimientos a la hora de realizar el llenado, se deben colocar uno a uno las baterias en el equipo, verificar que las mismas presenten el nivel adecuado de ácido, para poder pasar a la siguiente línea de producción.

Se pudo detectar en el análisis de causas realizado que la actividad no tiene personal fijo para la realización, sino que se puede utilizar desde cualquier dependencia un trabajador, lo cual metódicamente diferencia la forma de realizar el trabajo, ya que el tiempo de cargue de baterias, no será estándar, sino que dependerá de la habilidad del empleado, es decir que la cantidad de baterias cargadas será mayor o menor según el empleado que lo haga. El material es dispuesto de forma segura con una empresa certificada, este producto no contempla afectaciones al ambiente ya que se dispone de forma correcta.

El material viene almacenado en presentaciones de canecas 25 kg, las cuales son colocadas sobre estibas anti derrames, el ácido que cae por efecto de goteo o que se desperdicia es contenido en estibas anti derrames y este a su vez es trasvaso a canecas de 25 kg vacías, este movimiento genera derrame en piso, el cual también afecta la movilización y los tiempos de trasvasados del producto.

Dentro del análisis como causa principal para el problema planteado se concentra en esta parte del diagrama de causas puesto que el equipo utilizado para el llenado de las baterías con ácido no genera la garantía y confiabilidad del proceso puesto que en primera medida no garantiza que las baterías queden llenas hasta el nivel suficiente o requerido según especificaciones técnicas que es de 50 grs por batería. Como segundo factor evidenciado en el área de maquinaria se pudo notar que el equipo utilizado al ser un equipo creado de forma artesanal no cumple con características técnicas y de equipamiento adecuado, presentando así problemas a la hora de cerrar el mismo, este presenta goteo de ácido ya que las válvulas utilizadas no cierran de forma adecuada, el ácido por su composición puede ir deteriorando el mismo sistema puesto que este al ser compuesto de PVC no genera las garantías sobre el producto.

En la actualidad el equipo usado es un sistema de llenado manual fabricado por parte del personal propio de la empresa, este es un equipo con un soporte para contenedores o canecas de ácido de 25 kg cada caneca, el sistema está compuesto por dos válvulas de salida de ácido, dichas válvulas son de apertura y cierre manual en material PVC con este equipo se producen diariamente las siguientes cantidades de baterías y sus tiempos de llenado según el tipo de batería y motocicleta (Ver tabla 2).

Tabla 2. Número y tiempo de llenado de baterías según el tipo de motocicleta.

| Tipo de Motocicleta | Modelo de Batería Cargada con Equipo | Promedio de Baterías Cargadas por día | Tiempo en minutos por batería |
|---------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|
| BOXER | Batería cargada 12v 2,5a 79x79x104mm | 399 | 1,12 min |
| MOTOCARRO | Batería cargada 12v 32am 195x122x198amco | 22 | 1,04 min |
| PLATINO | Batería cargada 12v 4a 108x65x84mm | 105 | 1,12 min |
| PULSAR 150 | Batería cargada 12v 5a 113x70x105mm | 5 | 1 min |
| DISCOVER | Batería cargada 12v 5a 120x60x130mm | 84 | 1,12 min |
| PULSAR 180 | Batería cargada 12v 9a 135x75x134mm | 140 | 1,10 min |
| PULSAR 200 | Batería cargada 12v 9a 150x87x105mmexide | 136 | 1,23 min |

Fuente: Tomado de informe de producción SAP empresa Auteco SAS, 2019.

Del siguiente grafico se puede resaltar que con el modelo actual utilizado que es un sistema de llenado manual, se cargan baterías de los distintos modelos de motocicletas ensambladas por la empresa Auteco SAS se demoran un minuto en cada llenado, pudiendo minimizar este tiempo a 30 segundos por baterías, si el sistema de llenado fuera automatizado lo cual duplicaría la producción de baterías para motocicletas en un 50% de las mismas y generando mayor rentabilidad a la compañía. Colocando así también únicamente a un operador en turno, se minimiza el costo de fijo por operador, reproceso por nuevas inducciones al personal y disminuiría la rotación de personal en los diferentes departamentos. Pudiendo estos ser utilizados en otras áreas donde sí se necesite un apoyo adicional.

3.2. Formulación del problema

¿COMO AUTOMATIZAR EL PROCESO Y MINIMIZAR LOS DESPERDICIOS DE ACIDO EN EL AREA DE LLENADO DE BATERIAS, BASADO EN UN ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DENTRO DE LA EMPRESA AUTECO SAS, CARTAGENA DE INDIAS?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta de mejora para la automatización y reducción de desperdicios en el proceso de llenado de batería basado en un análisis de viabilidad económica en la empresa Auteco S.A.S, Cartagena de indias que permitan aumentar la capacidad de esta.

4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de llenado de batería a través de la identificación del método de operación, equipos y el análisis económico de la problemática identificada.
- Caracterizar el proceso de llenado de batería desarrollado en la empresa Auteco de modo que se evidencie tipos de baterías, tiempos de carga, así como los tiempos empleados en la ejecución de la actividad.
- Diseñar propuesta de mejora para el proceso de llenado de baterías bajo la aplicación de herramientas de ingeniería y análisis del equipo automatizado sugerido.
- Analizar la viabilidad financiera del proyecto de llenado de baterías en la empresa Auteco S.A.S, bajo planteamiento de distintos escenarios.

5. JUSTIFICACIÓN

El entorno de la industria de las motocicletas en Colombia ha venido creciendo de manera significativa en el país y con ello la oferta de empleos directos. En 2016 el sector de ensamble de motocicletas alcanzó a 7.303 personas, 29.000 incluyendo la industria de proveedores, y 70.000 en el comercio, servicio, talleres, importadores y negocios relacionados, lo que demuestra su compromiso por trabajar juntamente con las autoridades y otros públicos para lograr el desarrollo sostenible de todos los involucrados en el sector, desde varios aspectos, principalmente en la movilidad segura. Algunas de las cifras reveladas anteriormente denotan a *“las motocicletas en Colombia como aliadas del desarrollo del país”* y colocan en evidencia que este vehículo es una solución de movilidad, fundamental en favor de la inclusión social y la reducción de la pobreza, incluyendo la globalización y la tecnología que han aportado al sector competitividad. Aunque aún falta mucho apoyo e inversión en la industria del país, esta sigue creciendo y posicionándose como una de las mejores a nivel mundial, las grandes industrias le inyectan modernización y reingeniería logrando así mayor eficiencia y elevando su competitividad.

Dentro del sector económico presentado anteriormente se encuentra la empresa Auteco S.A.S, la cual es la ensambladora de motocicletas líder de Colombia y la precursora de esta industria en el país, Esta de modo particular aporta objeto al presente documento, dado a la necesidad de solución en el escenario presentado, en el proceso de ensamblaje específicamente en el subproceso de llenado de baterías, donde a la fecha presenta una serie de desperdicios del ácido para batería, los cuales inciden directamente en los costos de la producción, en el presente pliego se propone obtener la solución y eliminación de desperdicio presentada en el área, impactando directamente el sistema de llenado de ácidos en las baterías y aportando mejoras al proceso en general denotado valor, ventaja competitiva y alcanzar rentabilidad al proceso.

La utilidad de este proyecto radica en la propuesta de mejora y la reducción de desperdicios en el proceso involucrado, las cuales le permita a la empresa el aprovechamiento al máximo del ácido adquirido, incluyendo los equipos y materiales necesarios, teniendo en cuenta las características técnicas y tiempos requeridos. Por consiguiente, es trascendental realizar acercamientos prácticos en el contexto a partir de visitas e información del personal capacitado de dicha área en temas tales como los métodos del proceso, de modo que sea el principal suministro para la estandarización al momento del llenado, donde se establezcan tiempos en cada una de los procedimientos, cantidades, objetivos por jornada, dado que a se desconoce la capacidad máxima de producción, y la rentabilidad dentro de la compañía de tal proceso.

El siguiente proyecto tiene como objeto la aplicación teórica de los conceptos estudiados en ingeniería industrial, se realizan análisis del proceso de llenado de baterías, aplicando métodos de productividad y calidad que identifiquen las posibles causas de nuestro problema de estudio y buscar a través de estas herramientas aplicadas soluciones que generen impacto directo a

la causa raíz, generando reducción de costos a corto, mediano o largo plazo, de modo que a las condiciones actuales de la empresa se vean influenciadas de forma positiva, no afecten la productividad y sean de fácil implementación, que las mismas generen rentabilidad notoria al menor tiempo posible, Permitiendo directamente avances en el ámbito social, puesto que busca mejores opciones productivas mejorando la calidad de vida y clima organizacional de los empleados directivos, contratistas, proveedores, visitantes y el entorno que se encuentra alrededor los mismos.

6. MARCO TEORICO

En este se describen las metodologías y herramientas aplicadas para el desarrollo del diseño de la propuesta de mejora para la automatización y reducción de desperdicios en el proceso de llenado de batería en la empresa **Auteco S.A.S**, donde se tomarán como referentes temáticos las siguientes teorías y métodos:

6.1. Análisis diagnostico

Para este análisis se procedió a realizar la aplicación de las teorías de identificación de causas generadoras de la situación problema antes identificada, para ello se implementaron las metodologías de Pareto, Ishikawa, metodología de los 5 porque y la aplicación de listas de chequeo.

Según (Matías 2009), con el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos.

Luego se realizó la identificación del método de operación, equipos y el análisis económico de la problemática identificada a través de la aplicación de diagrama de flujo y análisis de datos obtenidos por suministro de la empresa en mención.

El método utilizado para el análisis de la situación actual¹, se basó en la recopilación de datos de las cantidades de baterías que se llenan por lotes según el modelo de motocicletas que se ensamblan en un turno de trabajo para lo cual se tomaron las siguientes variables (Cantidad de Baterías llenas por modelo, Cantidad de Lotes llenados por Modelo, Cantidad de Acido Desperdiciado por Modelo, Precio de desperdicio de ácido por Kg, Cantidad de ácido desperdiciado por Unidad (kg))

Obteniendo de esta manera los datos relevantes como:

- Valor desperdicio de ácido en Kg/pesos
- Total baterías
- Total ácido desperdiciado
- Cantidad Bidones desperdiciados

¹ Este método se basa en los datos suministrados por la empresa y fueron analizados por fuente autor.

6.2. Caracterización general de la operación y la aplicación de métodos -tiempos.

Para la ejecución de este eje temático se consideraron el desarrollo de las siguientes teorías:

Dentro de la caracterización se realizará la caracterización de los procesos teniendo en cuenta factores como las entradas, las salidas y el desarrollo del proceso donde a su vez se tuvieron en cuenta las necesidades, características del procedimiento empleado, proveedores, actividades, tareas que conllevan a la visualización general del proceso. Luego de la identificación, se procede a realizar la aplicación de estudios de métodos y tiempos donde se pretende obtener el análisis minucioso de las actividades realizadas en la actualidad en el proceso de llenado de baterías.

Según (Acero, 2016) El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo a los elementos de una tarea definida, en este caso se utilizara una técnica de estudios de tiempos de trabajo, el cual es un estudio que nos garantizara la obtención de los resultados más acertados dentro de la investigación, todos los estudios de tiempos buscan directamente mejorar la productividad y disminuir los desperdicios de tiempo dentro de los procesos de una organización.

El estudio del tiempo dentro de un proceso para las organizaciones es de vital importancia porque le permite a la empresa conocer el estado actual de sus operaciones, donde se pueden estar presentando los cuellos de botella o las demoras dentro del proceso de producción revisado, este estudio permite determinar costos de producción en operario, líneas, tiempos de operación tiempos muertos, y ayuda a las empresas a mejorar de forma eficiente su índice de productividad, reduciendo costos y aumentando su utilidad.

Dentro de la investigación realizada, el análisis de tiempo fue de gran participación y ayuda en el desarrollo del capítulo asignado, puesto que contribuyo en la caracterización específica del proceso de llenado de baterías, a través de él se pudo identificar una a una las actividades que se realizan dentro del proceso de llenado de baterías, los tiempos de ejecución de cada una de las actividades, para así establecer si estos tiempos estaban ligados directamente a la causa principal del problema o por el contrario estos tiempos revisados se daban por malos procedimientos, actividades repetitivas, monótonas o de difícil ejecución, este también ayuda a observar una a una esas actividades que por su complejidad pueden llegar a ser más determinantes a la hora de entregar una producción.

Con el estudio se encontraron tiempos básicos, se determinaron ritmos de trabajo, se valoraron suplementos, para así hallar los tiempos estándar de cada actividad, es decir cuánto es el tiempo real que en la actualidad un operario de la línea de cargue de baterías para motocicletas puede demorar ejecutando una de estas actividades, verificar las opciones de mejoras que ayuden a que este proceso aumente la capacidad de producción a un menor costo y tiempo.

6.3. Análisis estadístico de los desperdicios basado en el análisis de medias y aplicación de prueba de hipótesis.

Según (Barrera, 2008) la estadística inferencial es el proceso de usar la información de una muestra para describir el estado de una población, sin embargo, es frecuente que usemos la información de una muestra para probar un reclamo o una conjetura sobre la población. El reclamo o conjetura se refiere a una hipótesis, el proceso que corrobora si la información de una muestra sostiene o refuta el reclamo se llama prueba de hipótesis.

En la prueba de hipótesis se pone a prueba un reclamo hecho sobre la naturaleza de una población a base de información de una muestra. El reclamo se llama hipótesis estadística.

- **Hipótesis Estadística:** Una hipótesis estadística es una afirmación acerca de un parámetro poblacional, hecho con el propósito de ponerlo a prueba. El procedimiento para mostrar si la afirmación es válida o no, se conoce como prueba de hipótesis. Ese procedimiento está basado sobre los resultados de una muestra realizada para tal fin.

La hipótesis estadística sometida a prueba se llama la hipótesis nula, y se denota como H_0 .

- **La hipótesis Nula (H_0)** es la afirmación o conjetura que se hace sobre el parámetro poblacional. En caso de que no se logre tomar como válida la hipótesis nula se debe tener una afirmación alterna que se debe dar como válidas y conocida como la hipótesis alterna que se denota como H_1
- **Hipótesis Alterna:** Una premisa que es cierta cuando la hipótesis nula es falsa.

Para probar si la hipótesis nula es cierta, se toma una muestra aleatoria y se calcula la información, como el promedio, la proporción, etc. Esta información muestra se llama estadística de prueba.

➤ Tipos de Errores

A base de la información de una muestra nosotros podemos cometer dos tipos de errores en nuestra decisión. Rechazar H_0 siendo que es cierta. Error tipo 1 Aceptar H_0 siendo que es falsa. Error tipo 2

- El error Tipo 1 se da cuando se rechaza la Hipótesis Nula siendo que es válida.
- El error Tipo 2 se da cuando aceptamos la Hipótesis Nula siendo que es falsa.

➤ Nivel de Significancia

Para ser muy cuidadosos en no cometer el error tipo 1, debemos especificar la probabilidad de rechazar H_0 , denotada por α . El nivel de significancia es la probabilidad de cometer el error tipo I. Este valor debe ser pequeño. Los valores más usados para hacer prueba de hipótesis es 1%, 5% y 10%.

Dentro del problema estudiado se utilizó la aplicación e análisis estadístico de medias para inicialmente validar si las medias muestrales de los desperdicios de ácido de batería por lote de motocicletas dentro del área de llenado de baterías en la empresa Auteco, eran iguales entre si teniendo en cuenta que la empresa en un estudio previamente realizado, determino que el desperdicio general medio dentro de esta área era de 7.7 gramos por batería cargada, se realizara un análisis interno para determinar a través de análisis de medias y pruebas de hipótesis si las medias de las motocicletas son iguales a estas o por el contrario es diferente, en que influirá esto dentro del proceso, con esto se determinara los costos reales de desperdicio por acido, así mismo el desperdicio de ácido real dentro de la línea de producción.

6.4. Aplicación de la automatización como elemento de solución

La automatización industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistema capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, a través de acciones de análisis, organización y control apropiado con llevan a la optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc. La automatización de una empresa dependiendo del proyecto puede ser parcial o total, y se puede ajustar a procesos manuales o semiautomáticos (José, 2004)

De lo anterior concluye que la automatización en las plantas industriales juega un papel muy importante debido a que ayuda con el fortalecimiento y crecimiento de las empresas, con el incremento de la productividad y calidad de los productos, reducción de optimización de recursos (costos operativos, materiales).

6.5. Análisis de viabilidad financiera

Bajo la aplicación de este eje temático se realiza el análisis de situación financiera como la evaluación de un proyecto de inversión el cual se describe como el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto. Un proyecto de inversión constituye un conjunto de acciones, que una vez implementadas, incrementan la eficiencia y distribución de un bien o servicio. Antes que mostrar el resultado contable de una operación en la cual puede haber una utilidad o una pérdida, tiene como propósito principal determinar la conveniencia de emprender o no un proyecto de inversión. (Johnny de Jesús Meza Orozco – cuarta edición)

Según (Manotoa, 2017), El análisis financiero del proyecto, implica la identificación de los costos implícitos dentro del proceso de producción tales como maquinaria, capital de trabajo, mano de obra, etc. según se establezca el tamaño del proyecto; esto será insumo para la preparación de estados financieros proyectados dado que uno de los objetos de la inversión es calcular la rentabilidad. Uno de los criterios de evaluación de proyectos más relevantes basados en el análisis de flujos de desembolsos proyectados traídos a valor presentes el valor actual neto. Adicionalmente, la tasa interna de retorno es considerada un criterio relevante para este análisis.

Es importante destacar la incidencia de ejes temáticos como valor actual neto, la aplicación de los 5 escenarios de evaluación entre otros.

➤ Valor actual neto

El Valor actual neto (VAN) es un método para apoyar el proceso de selección evaluación de un proyecto desde el punto de vista financiero. Este indicador corresponde a la suma de los flujos de caja netos proyectados descontados a cierta tasa, mismo que se expresa de la siguiente manera: donde significa el flujo de caja neto del proyecto en el tiempo t . La tasa de descuento ajustada al riesgo establecida se representa con i ; esta puede reflejar el costo de oportunidad del capital a través de la tasa de retorno del capital que puede ser alcanzada en otro proyecto y considerar el incremento histórico de la inflación.

Así mismo, la tasa de descuento puede depender del sector económico donde el proyecto se desarrollará. El modelo de valoración de activos de capital que proporciona una base para establecer tasas de descuento diferenciadas es otra metodología donde se considera el riesgo de mercado a través de factores beta determinados para cada sector de la economía. El valor esperado del valor actual neto para que sea viable la inversión será VAN mayor o igual a 0. Este indicador de factibilidad permite realizar un análisis de sensibilidad donde el precio de venta estimado, el costo de capital, el horizonte del proyecto, la inversión inicial, los costos operacionales, el volumen de ventas y un nivel de riesgo estimado pueden ser modificados para observar sus efectos en el VAN. (Manotoa, 2017)

6.6. Estado del arte / antecedentes

Uno de los aspectos donde más apuntan las empresas es a generar menos desperdicios, existen varias filosofías que nos permiten disminuir los desperdicios y reducir nuestros costos.

Los antecedentes relacionados a continuación están fundamentados en tesis y proyectos de grado con problemáticas similares, realizadas por estudiantes de universidades internacionales.

Tabla 3. Casos de optimización de recursos y procesos (Antecedentes).

| Autor | Título | Problema | Propuesta |
|------------------------|---|---|--|
| (ARGOTI, 2017) | Proyecto de disminución de desperdicios en el proceso Productivo de las maquinas generadoras en la planta Proquinal s.a. Colombia | Dentro del proceso productivo de las telas recubiertas intervienen diferentes máquinas y equipos, entre éstas puede decirse que las maquinas generadoras son las más importantes, su relevancia radica en que éstas son las encargadas de la elaboración del material base de los productos existentes en el portafolio que ofrece Proquinal S.A. Sin embargo, la eficiencia de producción de las máquinas no es del 100%, ya que se desprenden desperdicios los cuales son generados por especificaciones tanto del proceso, de las materias primas o incluso de los insumos y que se manifiestan en el transcurso del proceso o al final del mismo. | Desarrollar una herramienta con la cual se realice la gestión de la información ingresada al sistema Oracle de Proquinal S.A. relacionada con la obtención de Desperdicios provenientes del proceso de generación. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Analizar el comportamiento de las variables de entrada y salida del proceso</i> • <i>Por medio de mediciones de datos y análisis estadísticos de los mismos para definir las causas directas de la situación problema.</i> • Proponer un plan de mejoras en las metodologías y/o procedimientos que pueden ser implementadas en el proceso de generación, apoyados en el DMAIC y el Lean 6 sigma |
| (Juan Benavente, 2014) | Propuestas de mejora para la reducción de desperdicios en una | ¿Cómo disminuir los costos de producción aplicando herramientas de ingeniería industrial, con el fin de disminuir y controlar | Con ayuda de la metodología ESIDE, se logró identificar y clasificar los desperdicios presentes en el proceso productivo, luego se cuantificaron y analizaron con la utilización |

| | | | |
|-----------------------------|---|--|--|
| | línea de ensamble de filtros sellados | la generación de desperdicios en las áreas de la línea USA? | de herramientas de ingeniería industrial con el fin de hallar las causas raíz que afectan con mayor impacto a la generación de los mismos. Se evaluaron alternativas de mejora para elegir la solución más adecuada y reducir o eliminar el desperdicio encontrado. |
| (Arreneche Cano, 2012) | Estructura de capital eficiente para el sector ensamblador de Motocicletas japonesas. | el trabajo desarrolló un estudio de las variables más críticas que cada una de estas empresas tienen y presentaron durante el año 2010 y anteriores, las cuales están constituidas por : la liquidez, las tasas de interés, el riesgo operativo financiero y la TIR, quienes conllevaron a desarrollar mediante supuestos económico-financieros suministrados por las proyecciones financieras de Bancolombia y de estudios realizados por el comité de ensambladoras Japonesas, una estructura de capital eficiente que les permita crecer sostenidamente en el tiempo y con unos flujos futuros que satisfagan las necesidades tanto de los dueños como de las entidades acreedoras. | Luego de realizar y analizar el trabajo, es de vital importancia para estas empresas un muy buen manejo de sus estructuras de capital, debido a que con pequeños cambios que a simple vista pueden parecer inofensivos, pueden causar un gran detrimento en el valor de las compañías, y por esto, se recomienda que la estructura de la deuda sea en su mayor proporción en deuda de largo plazo cuando se tengan que realizar grandes inversiones. |
| (HAYDEE MARIEL MONGE, 2007) | Diseño de un programa de reducción de desperdicios apoyado con manufactura esbelta. | ¿Qué hacer para que la industria metalmecánica logre reducir los desperdicios en su sistema productivo y puedan ser más competitivos? | El contenido del diseño detallado para el programa de reducción de desperdicios inicia con un enlace entre las necesidades identificadas en el diagnóstico y la identificación de criterios de diseño para el programa que permiten crear la base para el desarrollo de herramientas importantes |

| | | | |
|------------------|---|--|---|
| | | | como: Administración visual y Trabajo Estandarizado entre otras. |
| (Emmanuel, 2009) | Automatización de una maquina industrial cerradora de tapas | Problemática existe en el proceso de fabricación de tapas empleadas en los estuches de pastas dentales, esta máquina cerradora de tapas se automatizará con PLC, buscando que esté al alcance de las pequeñas y medianas industrias mexicanas. | Diseño de una maquina industrial cerradora de tapas automatizada por medio de PLC, donde se sustente teóricamente las bases necesarias para el diseño, con sistema neumático tomando en cuenta aspectos teóricos de las cerradoras mecánicas para determinar para determinar fallas y eliminarlas en el diseño realiza. |

6.7. Marco conceptual

- **Acido de baterías:** Acido utilizado en una celda o batería química, pero generalmente, este término describe el ácido utilizado en una batería de plomo-ácido, como las que se encuentran en los vehículos de motor. El ácido de las baterías de automóviles o de automóbiles es un 30-50% de ácido sulfúrico (H_2SO_4) en el agua. Usualmente, el ácido tiene una fracción molar de 29%-32% de ácido sulfúrico, una densidad de 1.25-1.28 kg/L y una concentración de 4.2-5 mol/L. El ácido de la batería tiene un pH de aproximadamente 0,8.
- **Automatización:** La automatización es la implementación de sistemas y tecnologías inteligentes para operar las maquinarias y controlar la producción, prescindiendo de la operación humana en trabajos que requieren un esfuerzo mayor o representan un riesgo para la salud y el bienestar de los trabajadores. Un sistema automatizado consta de dos partes principales: Parte de Mando y Parte Operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionados de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

- **Conveyors:** Es un sistema transportador, una pieza común de equipo de manejo mecánico que mueve materiales de un lugar a otro. Los transportadores son especialmente útiles en aplicaciones que implican el transporte de materiales pesados o voluminosos. Los sistemas de transporte permiten un transporte rápido y eficiente para una amplia variedad de materiales, lo que los hace muy populares en el manejo y embalaje de materiales.

Es una instalación de movimiento continuo que permite transportar cualquier objeto de un punto a otro, provista de una banda de varios tipos posibles, como goma, plástico, rodillos metálicos, etc. en sistema denominado "sin fin". Pueden estar elevadas, a nivel del suelo, con rampa de subida, de bajada, etc.

- **Costo:** gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. Este concepto incluye la compra de insumos, el pago de la mano de trabajo, los gastos en las producción y administrativos, entre otras actividades.

Fuente: <https://concepto.de/costo/#ixzz63TZm3rHc>

- **Eficiencia:** es la relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo. Hace referencia sobre todo a la obtención de un mismo objetivo con el empleo del menor número posible de recursos o cuando se alcanzan más metas con el mismo número de recursos o menos. La eficiencia es muy importante en las empresas, ya que se consigue el máximo rendimiento con el mínimo coste. (IVAN GARCIA -2017).
- **Egresos:** En términos financieros se define egresos como toda salida de dinero que se produzca en una empresa o sociedad. Un egreso, es, por lo tanto, la salida de recursos financieros con el fin de cumplir un compromiso de pago. (TANIA DIAZ 2018).
- **Ingreso:** Entendemos por ingresos a todas las ganancias que se suman al conjunto total del presupuesto de una entidad, ya sea pública o privada, individual o grupal. En términos generales, los ingresos son los elementos tanto monetarios como no monetarios que se acumulan y que generan como consecuencia un círculo de consumo-ganancia. (SUSANA GIL).
- **Payback:** El payback o plazo de recuperación es un criterio para evaluar inversiones que se define como el periodo de tiempo requerido para recuperar el capital inicial de una inversión. Es un método estático para la evaluación de inversiones. Si, por el contrario, los flujos de caja no son iguales todos los periodos (por ejemplo, un año recibimos 100 euros de beneficio, al siguiente 200 y después 150 euros), habrá que ir restando a la inversión inicial los flujos de caja de cada periodo, hasta que lleguemos al periodo en que recuperamos la inversión. Lógicamente será preferible una inversión en donde el plazo de recuperación sea menor. La principal ventaja del criterio payback es que es muy fácil de calcular. (VICTOR VELAYO MORALES 2014).
- **ROA:** Uno de los indicadores financieros más importantes y utilizados por las empresas para medir su rentabilidad es el ROA, por sus siglas en inglés Return On Assets, también conocido como Return on Investments o ROI, es la relación entre el beneficio logrado en un determinado período y los activos totales de una empresa. Se utiliza para medir la eficiencia de los activos totales de la misma independientemente de las fuentes de financiación utilizadas y de la carga fiscal del país en el que la empresa desarrolla su actividad principal.

- **TIR:** La Tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. También se puede definir basándonos en su cálculo, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero. (ANDRES SEVILLA 2018).

- **TREMA:** La tasa de retorno mínimo aceptable, es el ingreso definido como ganancia o pérdida de una inversión en un lapso determinado de tiempo. Se expresa como un porcentaje de la inversión costeadas. Los ingresos resultantes de las inversiones son los beneficios adquiridos de la inversión. Igualmente, se le puede adicionar la plusvalía obtenida luego de la venta de la inversión, en el caso de que ocurriese una venta posterior a la inversión. (MATIAS RIQUELME 30 AGO 2018).

- **VPN:** El valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN). Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

7. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología empleada en el desarrollo del presente proyecto es Descriptivo-analítico, ya que se realizará análisis y levantamiento de datos de la operación de llenado de ácido en baterías, generando análisis a las respectivas causales generadoras del desperdicio de ácido en la empresa Auteco SAS, a través de la aplicación de un diagnóstico de la situación actual del proceso donde se aplicarán herramientas que permitan la identificación de las causas.

Posterior a lo anterior se procederá a caracterizar el proceso de llenado de batería desarrollado en la empresa Auteco de modo que se evidencie la capacidad actual de operación, los requerimientos de recursos, estado de las instalaciones, equipos y movimientos realizado, luego de conocer esta información se diseñara una propuesta de mejora para el proceso de llenado de baterías bajo la aplicación de herramientas de ingeniería así como analizar la viabilidad financiera del proyecto de llenado de baterías en la empresa Auteco S.A.S.

7.1. Diseño metodológico

El siguiente diseño metodológico expresa las etapas o fases en las que se desarrollara la investigación, define los pasos y las actividades que se realizaran, define las herramientas de calidad, logística que se van a utilizar.

Tabla 4. Fases para el desarrollo del proyecto.

| FASES | ACTIVIDADES | TIEMPO |
|---|--|----------------|
| PRIMERA FASE: Diagnóstico del proceso operativo actual del llenado de ácido batería. | <ul style="list-style-type: none"> • Describir paso a paso del proceso productivo y su operación. • Aplicación de herramientas de diagnóstico en la empresa que permitan la identificación de causas generadoras de la condición actual. • Realizar revisión del proceso de operación del llenado de ácido batería a través de la solicitud de información directa a la empresa | 2 MESES |
| SEGUNDA FASE: Caracterización del proceso | <ul style="list-style-type: none"> • Solicitar a la empresa datos históricos de almacenamiento y generar análisis de los resultados donde se evidencia utilización aplicada a la bodega auto portante. • Aplicación de estudio de tiempos y herramienta bimanual que permita evidenciar la duración promedio por ciclo de llenado. | 1 MES |

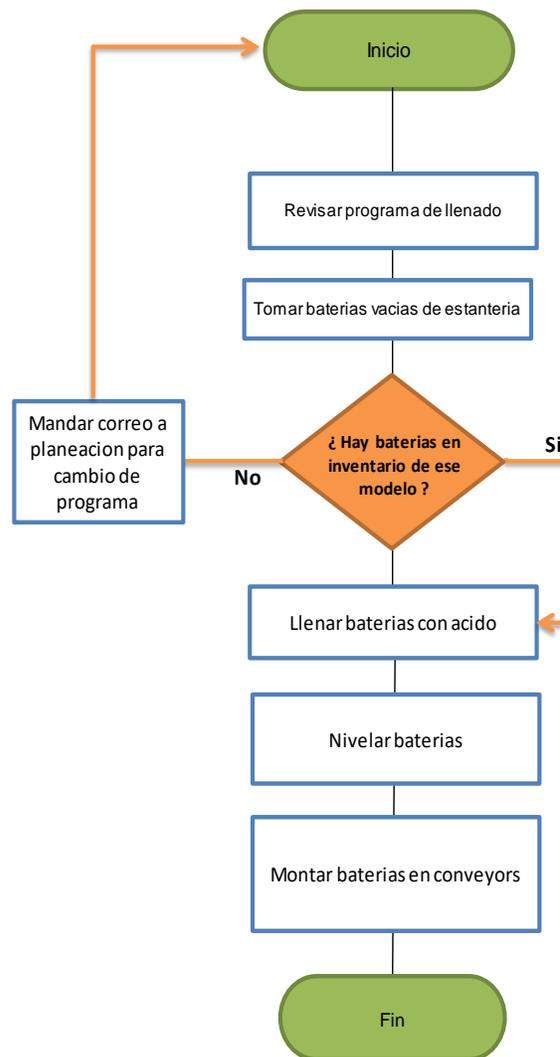
| | | |
|---|--|----------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> Investigación sobre equipo automatizado que genere impacto directo de solución a la problemática. | |
| TERCERA FASE: Diseño de propuesta | <ul style="list-style-type: none"> Aplicación de herramientas de ingeniería que permitan el análisis y claridad de las posibles soluciones o comportamientos que generaría la reestructuración del proceso productivo. Elaborar propuesta de mejora que permita que el proceso reduzca los desperdicios de ácido y optimice en general el proceso. | 2 MES |
| CUARTA FASE Realizar el análisis de la viabilidad financiera de la propuesta | <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de análisis comparativo que permita la evaluación de la viabilidad económica de la propuesta planteada con la situación actual. | 2 MESES |
| QUINTA FASE Recomendaciones | <ul style="list-style-type: none"> Sintetizar los resultados de los análisis realizados durante la ejecución de los objetivos de modo que se evidencia la claridad de la información para la toma de decisiones. | 2 MESES |
| SEXTO NIVEL Entregas de Informe Final y conclusiones del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> Realización de informe de final, con los resultados de la aplicación de los objetivos y las herramientas de calidad. Sustentación del proyecto. Entrega final. | 1 MES |

CAPÍTULO I - DIAGNÓSTICO DEL PROCESO OPERATIVO ACTUAL DEL LLENADO DE ÁCIDO DE BATERÍA.

8. PROCESO DE OPERACIÓN DEL LLENADO DE ÁCIDO BATERÍA

En este capítulo se describe todo lo correspondiente al proceso de llenado de baterías en la empresa Auteco y así mismo la descripción de la maquina actual empleada para el desarrollo del mismo, es por ello que se toma como complemento el análisis de los métodos y tiempos empleados en dicha operación (Ver ilustración 3).

Ilustración 3. Diagrama de flujo y proceso de llenado de ácido de baterías Auteco SAS.



Fuente: Elaboración del autor, 2019.

El flujo de procedimientos llevados a cabo en la empresa Auteco el llenado del ácido de baterías, como base fundamental de este planteamiento, describe desde la planeación de producción diario de la empresa dentro del flujo de procedimientos llevados a cabo en la empresa Auteco S.A, la cual permite visualizar las etapas, tareas y diferentes actividades que llevan a un proceso directo, el cual se determina dentro del flujograma presentado, que evidencia el paso a paso del mismo dentro de la organización. Cada etapa del proceso es fundamental ya que genera continuidad dentro de esta operación. Iniciando con la revisión del programa de llenado de las baterías, con el fin de tener claridad de las actividades a realizar y no tener ningún tipo de retrasos en el transcurso de esta; el líder del proceso inicia verificando el sistema utilizado por la organización MRP SAP, para visualizar y validar la programación desde el área ensamble, área de donde parte el proceso macro de la empresa.

Teniendo claras todas las actividades se procede a establecer cada una de las actividades a cada uno de los operarios involucrados a la operación, concerniente a ello, se toma baterías vacías de las estanterías donde a su vez se revisa el inventario según MRP SAP, y se valida la existencia del modelo solicitado, para continuar con el proceso según programación; en caso de que las baterías no cumplan con la solicitud, se debe cambiar el programa de llenado, cuando las baterías cumplen con la solicitud se activa el llenado de estas con ácido, el operador toma las baterías vacías colocándolas en el dispositivo artesanal (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el cual está compuesto por unos tubos llamados flautas, los cuales cumplen las características y puntos exactos de cada una de los orificios para efectuar el proceso de llenado con ácido. Una vez listas, el operador del proceso procede a verificar los niveles de las celdas, para determinar si el operador del proceso debe sacar (se utiliza un dispositivo de succión) o introducir ácido con dispositivo manual hasta lograr su completa nivelación, si las celdas de las baterías estas completamente niveladas, según los estándares de la organización, el operador del proceso toma las baterías en una canasta con #18 baterías completamente llenas y las desplaza a los conveyors de carga.

Ilustración 4. Máquina para el llenado de ácido de baterías Auteco SAS.



Fuente: Tomado de la empresa Auteco SAS.

8.1. Análisis de datos actuales e históricos de la empresa

El análisis de los datos se basa en el historial y evidencias de la organización, mostrando minuciosamente cada uno de los registros tomados en cada actividad del proceso de llenado, determinando la cantidad de desperdicio de ácido de manera individual y unitaria (Ver tabla 5).

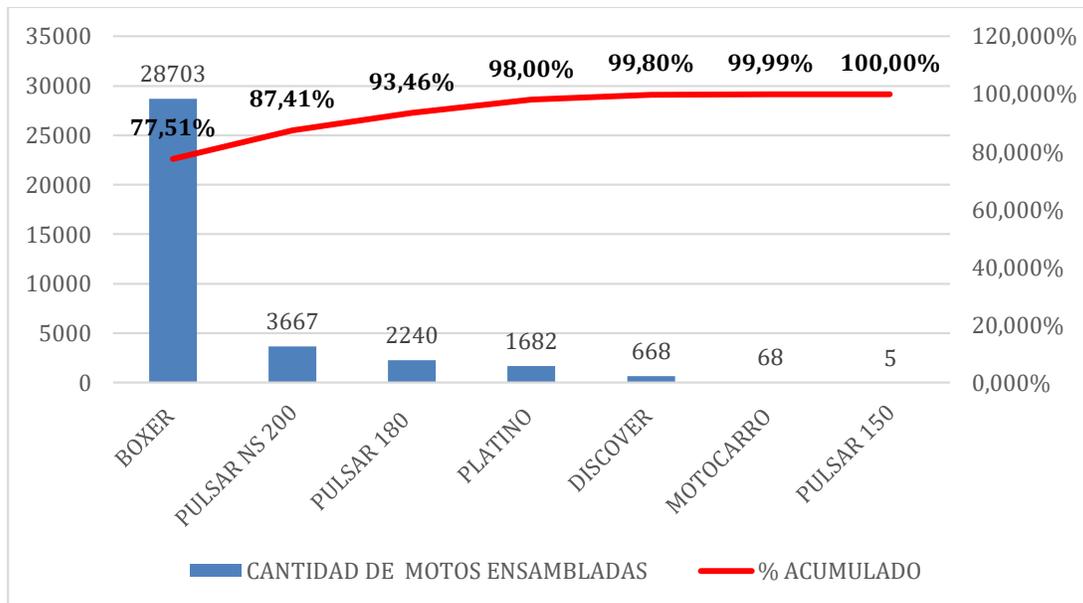
Tabla 5. Numero de baterías llenas por modelo de motocicletas.

| CANTIDAD DE BATERIAS LLENAS POR MODELO | | | | | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------------|
| DESCRIPCION | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | TOTAL: |
| BOXER | | | 2041 | 4510 | 6136 | 5250 | 4817 | 5949 | 28703 |
| MOTOCARRO | | | 66 | | | | | 2 | 68 |
| PLATINO | | | 256 | 216 | 324 | 326 | 452 | 108 | 1682 |
| PULSAR 150 | | | | | | 5 | | | 5 |
| DISCOVER | | | 108 | | 97 | 132 | 223 | 108 | 668 |
| PULSAR 180 | | | | 384 | 580 | 118 | 582 | 576 | 2240 |
| PULSAR NS 200 | 300 | 90 | 1034 | 340 | 30 | 450 | 785 | 638 | 3667 |
| | | | | | | | | | 37033 |

Fuente: Tomado de SAP, modulo llenado de Baterías Auteco SAS, 2019.

Complementando la información registrada en la tabla 5, se presenta el siguiente diagrama de Pareto con el fin de profundizar aún más en el estudio que se está realizando, (Ver ilustración 5).

Ilustración 5. Diagrama de Pareto del Llenado de Acido de Baterías Auteco SAS para los meses de marzo a agosto de 2019.



Fuente: Elaboración del autor con información suministrada por la empresa, 2019.

En el diagrama anterior se expresa con claridad la cantidad motos ensambladas por modelos en los meses de marzo a agosto esto corresponde a lo equivalente en baterías llenadas dado que cada moto cuenta con su batería de acorde a su referencia y características.

Lo cual se evidencia en un análisis 80/20 a través del diagrama de Pareto, que permite ver cuál es el modelo más llenado dentro del departamento, por ende, se lleva a un análisis estadístico, para determinar cuál es la cantidad de perdida, evaluando la magnitud que lleva buscar posibles mejoras y hasta la eliminación total de esta problemática.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades de baterías que se llenan por lotes según el modelo de motocicletas que se ensamblan en un turno de trabajo, (Ver tabla 6).

Tabla 6. Número de baterías llenadas por lotes según el modelo de motocicletas ensambladas en un turno de trabajo.

| Cantidad de Baterías llenas por modelo por 6 meses | | Cantidad de Lotes llenados por Modelo 6 meses | Cantidad de Acido Desperdiciado por Modelo 6 meses | Promedio o batería mensual | Promedio o baterías a llenar a un año | Precio de desperdicio de ácido por Kg | Cantidad de ácido desperdiciado por Unidad (kg) |
|--|---------|---|--|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| BOXER | 28703 | 179.39375 | 222.7538196 | 4784 | 57406 | \$ 437.279 | 0.007760646 |
| MOTOCARRO | 68 | 3.090909091 | 0.527723922 | 11 | 136 | \$ 1.036 | |
| PLATINO | 1682 | 15.57407407 | 13.05340642 | 280 | 3364 | \$ 25.625 | |
| PULSAR 150 | 5 | 0.069444444 | 0.03880323 | 1 | 10 | \$ 0.076 | |
| DISCOVER | 668 | 6.185185185 | 5.184111468 | 111 | 1336 | \$ 10.177 | |
| PULSAR 180 | 2240 | 23.33333333 | 17.38384684 | 373 | 4480 | \$ 34.126 | |
| PULSAR 200 | 3667 | 40.74444444 | 28.45828855 | 611 | 7334 | \$ 55.865 | |
| Precio de ácidos | | | | Desperdicio en gramos: | | 7.760 | |
| Acido 1,28 | 49.675 | | | Valor desperdicio de ácido por Kg/pesos | | \$ 564.183 | |
| Acido 1,33 | 48.478 | | | Total baterías | | 37033 | |
| Precio promedio | 49.077 | | | Total ácido desperdiciado | | 287.4 | |
| Precio por Kg | 1.96306 | | | Cant. Bidones desperdiciados | | 11 | |

Fuente: Elaboración del autor con información suministrada por Análisis de SAP Modulo Cargue de Baterías Auteco SAS, 2019.

8.2. Impacto económico de la situación Problema:

Después de realizado el análisis y conocidos los resultados del consumo unitario de ácido por baterías llenas y de la cantidad de ácido que se desperdician y se dejan por concepto de la ineficiencia encontrada, se calculan los costos de la perdida por kilogramos de galones de ácido según la referencia de ácido usada los cuales se pierden por la ineficiencia del sistema de llenado.

Costo de la perdida de acido para baterias por concepto de ineficiencia del sistema

(Cantidad de ácido que se desperdicia) x (Bateria) x (cantidad de baterias llenadas por modelo) x (precio de kilogramo de bateria).

Revisando detalladamente el desperdicio de ácido reflejado en dinero para la compañía y teniendo como escenario hipotético de que se realicen cargue de baterías para todos los modelos de motocicletas adscritas se puede establecer dentro del siguiente cuadro las pérdidas diarias de dinero por desperdicio de ácido (Ver tabla 7).

Tabla 7. Costo diario por desperdicio de ácido según modelo de motocicletas.

| Tipo de Motocicleta | Promedio de Baterías Cargadas por día | Costo Promedio Diario en Pesos ² |
|-----------------------|---|---|
| BOXER | 399 | \$ 6,085 |
| MOTOCARRO | 22 | \$ 334 |
| PLATINO | 281 | \$ 1,598 |
| PULSAR 150, 180, 200) | 5 | \$ 4,279 |
| DISCOVER | 84 | \$ 1,278 |
| | \$ total por perdida en acido durante el cargue de bateria | \$ 13,574 |

Fuente: Elaboración del autor con información suministrada por Análisis de SAP Modulo Cargue de Baterías Auteco SAS.

² Este valor se toma en promedio a los 6 meses en los cuales se desarrollan el caso de estudio.

Con la información suministrada en la tabla N.º 7, se puede describir la pérdida mensual por tipo de batería cargada según la referencia de motocicleta que se ensamble en ese mismo día, se tomara como referencia para el siguiente análisis un mes de trabajo, se contara 25 días en promedio, el tiempo que se labora en la planta. Luego:

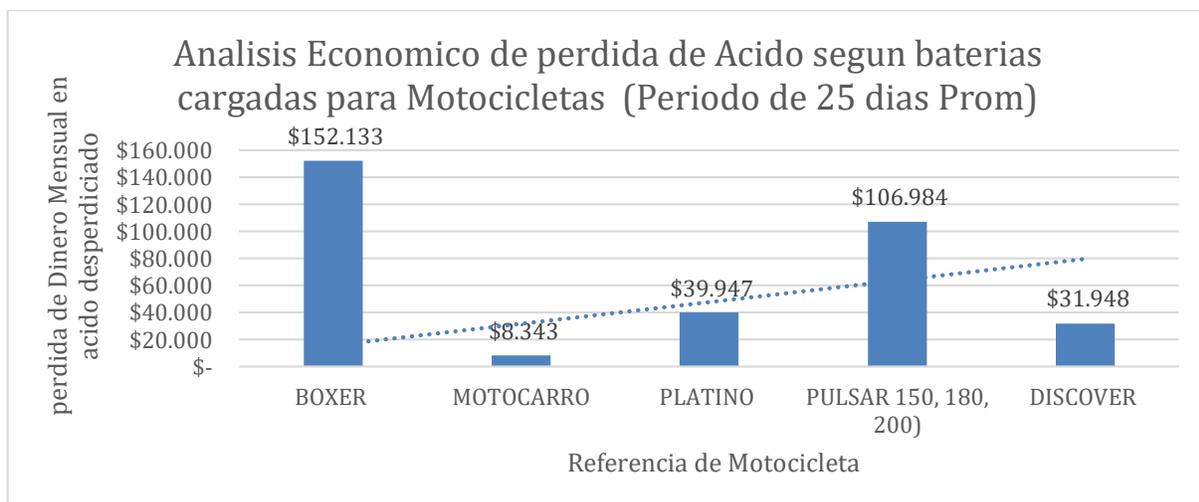
Tabla 8. Costo mensual por desperdicio de ácido según modelo de motocicletas.

| Tipo de Motocicleta | Promedio de Baterías Cargadas por día | Costo Promedio Diario en Pesos | Mes (25 días) |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| BOXER | 399 | \$ 6,085 | \$ 152,133 |
| MOTOCARRO | 22 | \$ 334 | \$ 8,343 |
| PLATINO | 281 | \$ 1,598 | \$ 39,947 |
| PULSAR 150, 180, 200) | 5 | \$ 4,279 | \$ 106,984 |
| DISCOVER | 84 | \$ 1,278 | \$ 31,948 |
| \$ total por pérdida en ácido durante el cargue de batería | | \$ 13,574 | \$ 339,354 |

Fuente: Elaboración del autor con información suministrada por Análisis de SAP Modulo Cargue de Baterías Auteco SAS.

Al graficar estos resultados se puede decir que la motocicleta bóxer por su alto consumo de baterías en la actualidad es la que más desperdicio de ácido género, en el siguiente histograma se puede validar la anterior información, (Ver ilustración 6).

Ilustración 6. Perdidas económicas según referencia ácido de baterías Auteco SAS.



Fuente: Elaboración del autor, 2019.

CAPITULO II - CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

9. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

En este capítulo, se mostrarán los elementos necesarios para llevar a cabo el proceso de llenado de baterías y definir las principales características de este facilitando su entendimiento, para ello se describe cómo funciona un proceso y así dar cumplimiento a los requisitos de la organización. Los elementos que se darán a conocer a continuación serán los tipos de baterías, tiempos de carga y el área de llenado de baterías.

De las diferentes baterías que se encuentran, destacan las tradicionales baterías clásicas con mantenimiento por su uso extendido. Estas son las convencionales que, en su parte superior, cuentan con tapones que deben retirarse para comprobar periódicamente que el nivel de electrolito se encuentra entre los niveles máximos y mínimos marcados. Este líquido se obtiene de la mezcla de agua destilada y del ácido sulfúrico que se encuentra en su interior. Se debe reponer con agua destilada y nunca con agua del grifo, ya que sus minerales pueden interferir en las reacciones químicas y deteriorar las placas.

Entre las baterías selladas sin mantenimiento distinguir entre las de ácido y las de gel. Las baterías con ácido están fabricadas con AGM (separadores "Absorbed Glass Mat") de fibra que permiten inmovilizar el líquido en su interior. En ellas se carga el ácido únicamente antes de comenzar a usarla y se sella, quedando los vasos cerrados y sin posibilidad de volverlos a cargar. Por lo que respecta a las baterías de gel, también están herméticamente selladas de origen. Su funcionalidad es similar a la de una pila, ya que se comercializan preparadas para instalarlas directamente y comenzar a circular. A diferencia de las anteriores, pueden colocarse en cualquier posición sin peligro de vertirse dada la consistencia del gel. Generalmente, están indicadas para motos de pequeña y mediana cilindrada.

Por último, se destacan las baterías con litio, que además de caracterizarse por ser mucho más ligeras (aproximadamente una quinta parte menos de peso) son más duraderas y resistentes. Cabe destacar que pueden estar incluso meses o años sin recibir carga y aun así mantenerse casi cargadas en su totalidad.

En cuanto al llenado de las baterías, los tiempos necesarios para realizar una o varias operaciones varían en los operarios y en los factores que componen a estos tiempos de producción como lo son las esperas, preparación de los lotes, la operación como tal y las transferencias en las áreas. Teniendo en cuenta que se manejan diferentes modelos de moto los tiempos de llenado se manejan de 5,5 horas por lotes de baterías, teniendo en cuenta cada una de las actividades realizadas en el proceso de llenado de baterías.

Otro aspecto muy importante para conocer antes de realizar es saber cómo está conformada y como es el proceso dentro del área de llenado de baterías, para así tener claridad de cómo son las actividades reales de este proceso. El área de llenado está compuesta por un dispositivo artesanal encargado de hacer del llenado de baterías más fácil y de una manera más rápida, pero con la desventaja de que existe un desperdicio; este dispositivo está compuesto por unos tubos llamados flautas, los cuales cumplen las características y puntos exactos de cada una de las celdas para efectuar el proceso de llenado con ácido, en este mismo punto del área se realiza la nivelación de las baterías, donde se mide los niveles de estas y el operador verifica si las celdas tienen la cantidad exacta o tienen de más o menos ácido, luego que corrobora los niveles utiliza un dispositivo manual de succión para sacar o introducir como se mencionó anteriormente.

Luego que estas están totalmente niveladas, dentro de la misma área de llenado se trasladan los lotes con 18 baterías por medio de conveyors para que estas sean cargadas, cuando las baterías estén completamente cargadas, se entregan al área de medición de voltaje.

9.1. Caracterización del proceso de llenado de baterías

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que evidencia lo descrito anteriormente, donde se evidencian tipos de baterías, tiempos de carga, entre otro.

Ilustración 7. Caracterización del proceso del llenado de baterías.

|  CARACTERIZACION DEL PROCESO DE LLENADO DE BATERIAS | | | | | | |
|---|---------------------------|--|------------------------|------------------------|--|------------------------|
| ENTRADA | PRECEDENCIA | ACTIVIDAD | HERRAMIENTA | RESPONSABLE | SALIDA | DESTINO |
| 1. Revisar programa según planeación. | Programacion de ensamble. | Revisar MRP SAP, la programacion de ensamble. | Computador | Lider del proceso. | Entregar programacion a operarios del proceso. | Operarios del proceso. |
| 2. Tomar baterias vacias de estanteria. | Area de desempaque. | Tomar baterias vacias con cargador electrico. | Cargador electrico | Operarios del proceso. | Entregar baterias vacias al area de llenado. | Area de carga. |
| 3. verificar en el inventario las baterias solicitadas, para continuar con el proceso según programación. | Area de desempaque. | Revisar inventario Según MRP SAP, y se valida la existencia del modelo solicitado. | Computador | Operarios del proceso. | Entregar baterias del modelo solicitado y vacias al area de llenado. | Area de carga. |
| 4. Llenar baterias con acido. | Area de alistamiento. | Tomar bateria vacia, colocarla en el dispositivo para el proceso de llenado con acido. | Dispositivo de llenado | Operarios del proceso. | Baterias llenas con acido. | Area de carga. |
| 5. Nivelar baterias. | Area de llenado. | Sacar o introducir acido con dispositivo manual hasta lograr su completa nivelacion. | Dispositivo de subcion | Operarios del proceso. | Baterias con celdas completamente niveladas, según el estandra de la organización. | Area de carga. |
| 6. Montar baterias en conveyors. | Area de llenado. | Tomar canasta con #18 baterias completamente llenas y desplazarlas a los conveyors de carga. | Cargador electrico | Operarios del proceso. | Baterias completamente cargadas, para entregar al Area de medicion de voltaje. | Area de Desempaque. |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

9.2. Estudio de métodos y tiempos

En esta etapa del proyecto, se tuvieron en cuenta mediciones en tiempo real, del proceso de llenado de baterías, así mismo se entró a evaluar el procedimiento realizado por el personal de operarios de la línea de Cargue de baterías en la empresa Auteco SAS, es de anotar que en la actualidad no existe un procedimiento estandarizado de como el operario debe realizar las funciones por eso se evaluara al operador con más destreza en el cargue de baterías, y así se buscara el procedimiento que se amolde a la situación esperada por el cliente. Adicional a esto, en el estudio de tiempo no solo se busca determinar cuánto tiempo demora un operario carga una batería en la situación actual, sino también la afectación en el proceso que tienen los desperdicios y que evitan que la batería por calidad no pase a ser un producto final sino a un reproceso, lo cual implica que la misma determine todo el tiempo de salida de ese lote.

La finalidad de la realización de este estudio de métodos y tiempos es comprobar la realización del proceso actual de cargue de baterías y establecer una relación directa con el problema base que son los desperdicios de ácido, adicional se busca determinar las fallas en el proceso, sacar los porcentajes de demoras para así establecer las mejores soluciones a los problemas, todo apuntando a la eficiencia de la producción y cargue de baterías y el cero desperdicio de ácido dentro del proceso.

9.2.1. Estudio de métodos y tiempo aplicando la herramienta time (propia de Auteco) en el proceso de cargue de baterías:

9.2.1.1. Estudio de Métodos y Análisis de desarrollo del trabajo:

Dentro de la realización del proyecto y desarrollo del problema planteado se realiza un análisis inicial de las actividades realizadas por los operarios dentro del proceso de llenado de baterías en la empresa Auteco SAS, dentro de este análisis se valida a través de la observación de las actividades y aplicación de herramientas de estudio, la interacción que tiene cada uno de los operarios con el proceso, la relación directa con el proceso y los movimientos que realizan dentro del mismo.

Inicial mente se realiza un análisis del flujograma del proceso actual, validando los puntos críticos, las actividades operaciones, cuantos transportes se realizan y cales son las actividades que directamente están estrechamente con la operación de la maquina llenadora, entre esto se validan los tiempos de desarrollo del mismo, para que al finalizar el estudio se demuestre el impacto que estas actividades tienen sobre el proceso y el cambio sobre el cual se desarrolle.

En el siguiente análisis se describen cada una de las actividades que hasta ahora están directamente relacionadas al proceso y los tiempos que en esta estación se llevan para cada una de las actividades:

Tabla 9. Listado de actividades proceso de cargue de baterías.

| No. | PROCESO INICIAL | |
|--------------|---|---------------|
| | Descripción de la actividad | Tiempos (seg) |
| 1 | Tomar canastas de estanterías | 928 |
| 2 | Quitar tapones | 1216 |
| 3 | Cambio de bidón y subirlo a la mesa | 180,4 |
| 4 | Tomar baterías y llenarlas con acido | 3008 |
| 5 | Subir canasta con baterías llenas a conveyors | 64,8 |
| 6 | Colocar tapones a las baterías | 2144 |
| 7 | Realizar conexiones | 741 |
| 8 | Reproceso de baterías | 1248 |
| 9 | Conectar caimanes a las conexiones | 135 |
| 10 | Arrancar banco de carga con el computador | 10,2 |
| 11 | Bajar canastas con baterías cargadas de conveyors | 158,4 |
| 12 | Limpiar baterías | 3712 |
| 13 | Limpiar canastas | 157,2 |
| 14 | Retirar sticker de testeo en almacén | 80,2 |
| 15 | Testear baterías | 2976 |
| 16 | Anotar voltaje y amperaje en sticker | 1536 |
| 17 | Colocar calcomanía recicla tu batería | 1280 |
| 18 | Trasladar baterías hacia estantería | 89,8 |
| 19 | Trasladar baterías hacia desempaque | 49,8 |
| 20 | Trasladar baterías de desempaque a baterías | 51,2 |
| TOTAL | | 19766 |

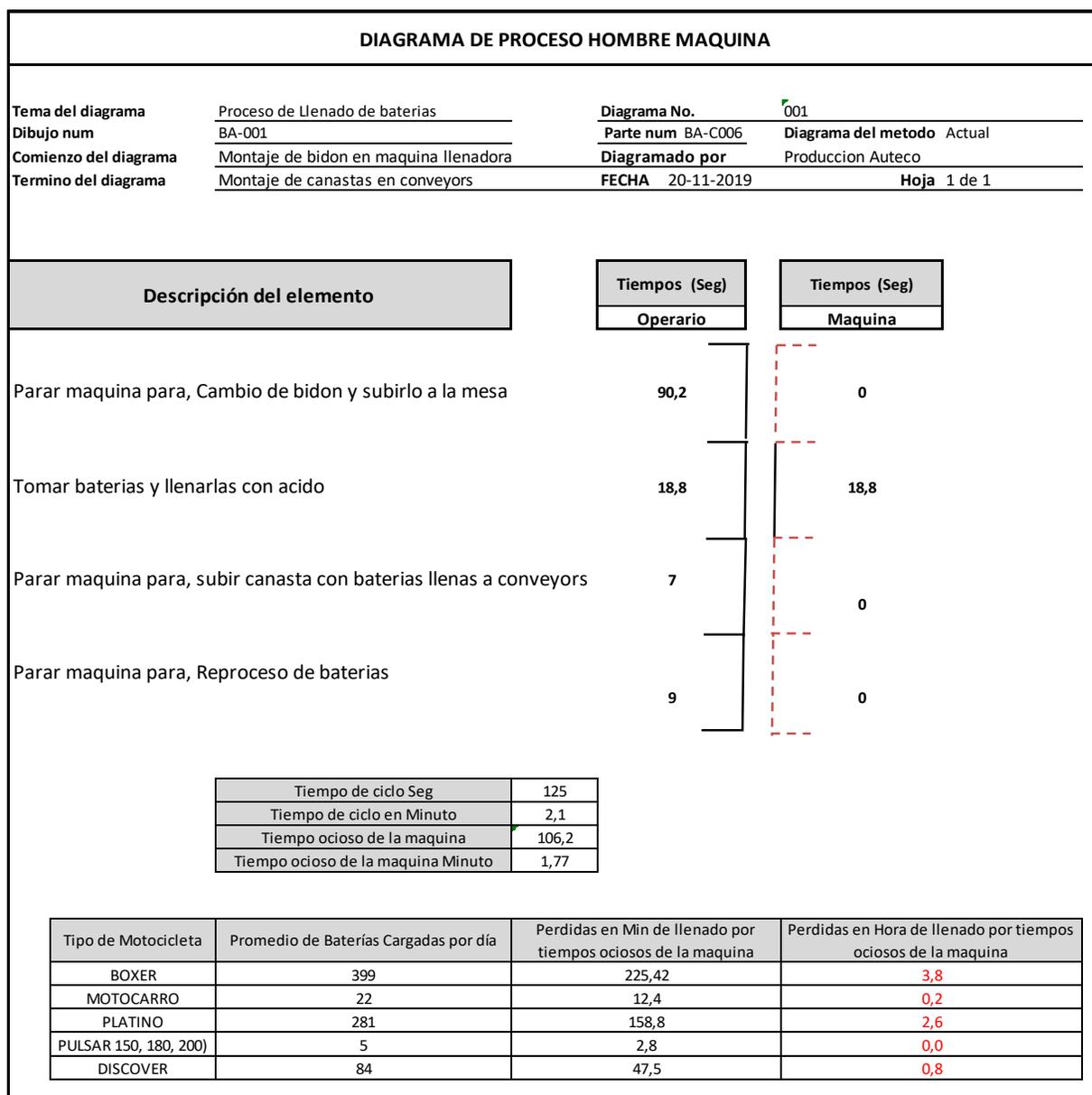
Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Vemos para el desarrollo total del proceso de llenado para un lote de baterías normal en este caso el proceso de llenado de baterías para motocicletas bóxer el cual son aproximadamente 399 baterías se están demorando aproximadamente 5 horas en el llenado de las mismas.

Se realiza un análisis hombre máquina para validar el método de realización directamente relacionado con el proceso de llenado de baterías pero en el momento de utilización de la maquina actual, donde se utiliza una máquina de fabricación artesanal, este equipo presenta en la actualidad fallos en sus sistemas de llenado y sellado post llenado de baterías lo que actualmente está generando el desperdicio de ácido dentro del proceso de llenado, en el análisis realizado se detallan únicamente las actividades donde se contempla la utilización de la máquina y los tiempos de utilización, se describe adicional a esto los tiempos de ocio de cada paso para determinar los fallos de la misma.

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo, en la siguiente ilustración se presenta el estudio realizado:

Ilustración 8. Diagrama de proceso hombre maquina



Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Según (Acero, 2016) El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo a los elementos de una tarea definida, en este caso se utilizara una técnica de estudios de tiempos de trabajo, el cual es un estudio que nos garantizara la obtención de los resultados más acertados dentro de la investigación, todos los estudios de tiempos buscan directamente mejorar la productividad y disminuir los desperdicios de tiempo dentro de los procesos de una organización.

Con esta herramienta se definen las actividades que se desarrollan dentro del proceso de cargue de baterías, desde el momento en que estás llegan del área de almacén donde las mismas se encuentran almacenadas por lotes hasta el momento en que estas llegan al área de desempaque o producto terminado, para el desarrollo de esta operación se tomó como muestra poblacional inicial un lote de baterías para motocicletas tipo bóxer, este lote está se tomó como fecha de referencia el día 12/04/2019 el cual estuvo compuesto por 640 baterías, para este ejercicio se tomó referencias de cajas de 160 baterías en cada caja, las cuales son tomadas por el operador.

Lo que se quiere determinar a partir del estudio de tiempos realizado es analizar los tiempos actuales con las que se desarrolla cada proceso de cargue de batería, esto teniendo en cuenta que se tomaron específicamente las actividades que se ven repercutidas por el desperdicio de ácido de baterías en el proceso de cargue, los tiempos que se determinaran en el presente estudio de tiempos servirán de guía para validar la opción de automatización del proceso, puesto que a menor desperdicio de ácido de batería en la actividad de llenado, menores deberán ser los tiempos que demore la batería en las estaciones siguientes.

Se realizará el estudio de tiempo teniendo en cuenta los datos tomados actualmente dentro del proceso de cargue de batería y se analizaran los tiempos actuales del proceso al cual se le aplicara una propuesta de mejora según los resultados obtenidos.

El estudio de tiempos determinado para esta investigación se compone de la siguiente estructura:

- **Seleccionar el Trabajo:** Para este proyecto se tomó como trabajo de estudio el proceso de Cargue de Baterías.
- **Selección de los trabajadores y preparación:** para la prueba realizada se tomó a un empleado de la línea de llenado en este caso se denominará operario 1, al momento de realizar la prueba al operario 1 se le explico la síntesis de la prueba, y el porqué de la realización de la misma para la recolección de los datos.

- **Obtener y registrar la información:** en este paso se establecerá las actividades críticas dentro del proceso de llenad, esta se establecerá el foco del problema el cual se ve afectado no solamente por el tiempo dedicado en la realización del proceso sino por los desperdicios obtenidos dentro del planteamiento problema.
- **Comprobar el Método:** en este caso el método a comprobar es la forma actual de realización del proceso ya que una de las causas identificadas dentro del análisis realizado es la estandarización y realización de un método para esta actividad, de aquí se desprenderá como parte de la solución, un procedimiento estructurado para que los operarios realicen de forma estandarizada el proceso de llenado de baterías.
- **La muestra:** en este caso la muestra se determinó como una muestra de 160 baterías por canastas de una población de 640 baterías que fueron realizadas el día en el que se realizó la medición. Con base a la muestra se tomará y determinará el tamaño de la muestra y el tiempo observado.
- **Valoración de Ritmo:** en la valoración del ritmo se tomarán con tiempos básicos.
- **Suplementos:** se agregarán suplementos y se tomarán tiempos estándar.

Las actividades son discriminadas según su orden de realización en el siguiente cuadro:

Paso 1: selección del trabajo e identificación de actividades: (Ver tabla 9).

Tabla 9. Listado de actividades proceso de cargue de baterías.

| Descripción de Las Actividades según su orden dentro del Proceso de llenado de baterías | |
|---|---|
| 1 | Tomar canastas de estanterías |
| 2 | Quitar tapones |
| 3 | Cambio de bidón y subirlo a la mesa |
| 4 | Tomar baterías y llenarlas con ácido |
| 5 | Subir canasta con baterías llenas a conveyors |
| 6 | Colocar tapones a las baterías |
| 7 | Realizar conexiones |
| 8 | Reproceso de baterías |
| 9 | Conectar caimanes a las conexiones |
| 10 | Arrancar banco de carga con el computador |
| 11 | Bajar canastas con baterías cargadas de conveyors |
| 12 | Limpiar baterías |
| 13 | Limpiar canastas |
| 14 | Retirar sticker de testeo en almacén |
| 15 | Testear baterías |
| 16 | Anotar voltaje y amperaje en sticker |
| 17 | Colocar calcomanía recicla tu batería |
| 18 | Trasladar baterías hacia estantería |
| 19 | Trasladar baterías hacia desempaque |
| 20 | Trasladar baterías de desempaque a baterías. |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Se identificaron 20 actividades principales que componen el proceso de cargue de ácido para baterías dentro del proceso, en este caso se tomara como referencia de estudio las actividades de cambio de bidón, tomar baterías y llenarlas con ácido, subir la canasta con baterías llenas a conveyors, colocar tapones de baterías, realizar conexiones, conectar caimanes, reproceso de baterías. Estas actividades se toman y se utilizan como

las más críticas dentro del proceso puesto que hacen parte del problema principal que es el desperdicio de ácido, estos pasos se ven afectados directamente por el desperdicio de ácido que se produce al momento de ser cargadas las baterías con ácido, adicional a esto serán las que directamente se mejorarán al ser optimizado el proceso productivo.

Paso 3: Descomponer la tarea en elementos:

- **Tomar las Baterías y llenarlas con ácido (actividad 1):** el operario después de ubicar el bidón en el equipo dosificador coloca las baterías en el equipo, para ser llenadas, abre las llaves de paso de forma manual, y carga las baterías hasta que estas se llenen en el nivel indicado según ficha técnica.
- **Subir canastas con baterías llenas a conveyors (actividad 2):** el operario al terminar la operación de cargue de ácido para las baterías, toma la canasta y coloca las baterías en los conveyors hasta llegar a zona de tapones.
- **Colocar Tapones a las Baterías (actividad 3):** a las baterías se les instalan los tapones de protección y así se evitan el desperdicio de ácido, este sello permite instalar los capuchones para el proceso de prueba de baterías.
- **Realizar conexiones (actividad 4):** de forma interna se colocan las conexiones de las baterías para su funcionamiento y puesta a prueba.
- **Conectar caimanes o electrodos a los bornes de la batería para pruebas (actividad 5):** se conectan las baterías en los bornes y se realizan las pruebas necesarias. Se realiza carga con corriente a 24 voltios para probar la capacidad de carga de la batería y la duración de la misma, se pone a prueba el funcionamiento del ácido.
- **Reproceso de las baterías (actividad 5):** las baterías vuelven a proceso de cargue si su carga y su amperaje son menores a 24 voltios con carga, así las baterías son recargadas con ácido y puestas nuevamente a prueba.

Paso 4: selección del trabajador y obtención de los datos.

Se presenta la siguiente tabla con los valores en tiempo determinadas para el operario 1 dentro del estudio realizado, se determinó un total de 20 observaciones por cada actividad. Esto con el fin de determinar el tamaño de la muestra. (Ver tabla 10).

Tabla 10. Tiempos de realización según actividades Proceso de Cargue de Baterías.

| Observaciones | Actividad 1 | Actividad 2 | Actividad 3 | Actividad 4 | Actividad 5 | Actividad 6 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 19 | 7 | 17 | 81 | 9 | 15 |
| 2 | 18 | 8 | 13 | 82 | 7 | 15 |
| 3 | 19 | 7 | 12 | 87 | 8 | 14 |
| 4 | 19 | 7 | 13 | 83 | 7 | 15 |
| 5 | 17 | 8 | 12 | 81 | 8 | 15 |
| 6 | 18 | 8 | 12 | 83 | 9 | 15 |
| 7 | 18 | 9 | 16 | 84 | 9 | 15 |
| 8 | 19 | 9 | 14 | 84 | 7 | 15 |
| 9 | 19 | 8 | 14 | 83 | 9 | 14 |
| 10 | 17 | 7 | 16 | 84 | 9 | 14 |
| 11 | 19 | 7 | 17 | 82 | 9 | 15 |
| 12 | 18 | 7 | 14 | 81 | 8 | 14 |
| 13 | 18 | 9 | 16 | 81 | 7 | 14 |
| 14 | 19 | 7 | 16 | 81 | 7 | 14 |
| 15 | 17 | 7 | 14 | 81 | 8 | 15 |
| 16 | 18 | 7 | 15 | 83 | 8 | 14 |
| 17 | 18 | 8 | 12 | 84 | 9 | 14 |
| 18 | 18 | 6 | 13 | 83 | 9 | 14 |
| 19 | 19 | 6 | 17 | 81 | 8 | 14 |
| 20 | 18 | 8 | 17 | 81 | 7 | 14 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Paso 5 Determinación del tamaño de la muestra:

Se Procede a realizar delimitación de la muestra, para la determinación de la muestra tomamos como referencia los datos obtenidos en la tabla 11, aplicando la siguiente fórmula para determinación del tamaño de la muestra.

➤ **Aplicación de fórmula para Actividad N°1**

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad n = \left(\frac{40 \sqrt{(20)(6671) - (365)^2}}{365} \right)^2 \quad n$$

$$= \left(\frac{40 \sqrt{133420 - 133225}}{365} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{195}}{365} \right)^2 \quad n = \left(\frac{40 * 13.96}{365} \right)^2 \quad n = \left(\frac{558.56}{365} \right)^2 \quad n = (1.5)^2 \quad n = 2.34 \quad n \approx 2$$

Ecuación 1. Determinación de tamaño de muestra

Con la aplicación de la formula anteriormente presentada podemos estimar el número de muestras a tomar para cada una de las actividades dentro del estudio de métodos y tiempo realizado.

Tabla 11. Tamaño de la muestra.

| Actividades | tamaño de la muestra |
|-------------|----------------------|
| Actividad 1 | 2 |
| actividad 2 | 21 |
| Actividad 3 | 25 |
| Actividad 4 | 1 |
| Actividad 5 | 17 |
| Actividad 6 | 2 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Teniendo el cálculo de los números de muestras para cada actividad, se toman los tiempos observados para las mismas con la finalidad de tener los tiempos promedios de cada actividad (Ver tabla 12).

Tiempo observado para actividad 1.

$$Tiempo\ Observado = \frac{\sum x}{N} \quad T.O = \frac{365}{20} \quad T.O = 18.25\text{ segundos desv: } 0.71$$

Ecuación 2. Tiempo observado

Tabla 12. Resultado tiempo esperado.

| Actividades | Sumatoria Tiempo de Observaciones (seg) | Numero de Observaciones | Tiempo observado (seg) | Desviación estándar (seg) |
|-------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Actividad 1 | 365 | 20 | 18.25 | 0.71 |
| actividad 2 | 150 | 20 | 7.5 | 0.88 |
| Actividad 3 | 290 | 20 | 14.5 | 1.8 |
| Actividad 4 | 1650 | 20 | 82.5 | 1.6 |
| Actividad 5 | 162 | 20 | 8.1 | 0.85 |
| Actividad 6 | 289 | 20 | 14.45 | 0.51 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Con la tenencia del tiempo observado se puede describir el tiempo real sin suplementos o cualquier valoración hacia el operario 1 realizando las 6 actividades del proceso de llenado de baterías, se ve discriminado el tiempo en que el operario se demora en realizar una actividad y pasar a la siguiente, vemos como pico alto la actividad número 3 que en este caso es la actividad de conexionado de baterías, es de anotar que los procesos de conexionado eléctrico y cargue de batería con energía no se tendrán en cuenta como parte del problema planteado, los tiempos observados objetos de estudio y que se busca disminuir dentro de la propuesta de mejora son los de la actividad 1 (cargue de batería con ácido) ya que directamente está relacionado con el desperdicio que se genera al momento de llenado de baterías, vemos que en la actividad 3 (colocación de tapones) y 6 (reprocesos) son actividades que tienen tiempos altos producto de los desperdicios puesto que son actividades directamente relacionadas al proceso, esta última son los reprocesos que se tienen cuando se producen derrames y se debe revalidar que el ácido este dentro del parámetro exigido por el fabricante.

Paso 6. Valoración del Ritmo y tiempo Básico

Según (Criollo, 1998) la valoración del ritmo de trabajo y los suplementos son los dos temas más discutidos en el estudio de tiempos. Estos estudios tienen por objeto determinar el tiempo tipo para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas.

En este paso se entra a valorar la capacidad de realización de la actividad por parte del operario 1, para lo cual se debe tener en cuenta la capacidad máxima de desarrollo o ritmo de trabajo de este operario en las actividades críticas, las escalas de valoración del ritmo están catalogadas de la siguiente forma (Ver tabla 13).

Tabla 13. Valoración del ritmo para las actividades desarrolladas dentro del proyecto de investigación.

| Ritmo De Trabajo | | Actividades | Valoración |
|------------------|-----------|-------------|------------|
| 120 | Acelerado | Actividad 1 | 105 |
| 115 | Rápido | Actividad 2 | 105 |
| 110 | Optimo | Actividad 3 | 105 |
| 105 | Bueno | Actividad 4 | 105 |
| 100 | Normal | Actividad 5 | 105 |
| 95 | Regular | Actividad 6 | 105 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Con las valoraciones dadas en la () se procede a la parte del estudio donde se sacan los tiempos normales de cada actividad, lo cual consiste en determinar los tiempos normales según el ritmo de trabajo del operario 1 en cada actividad priorizada.

Se establece como porcentaje 105 (bueno) para los ritmos de trabajo del operario 1 puesto que, dentro de la revisión por observación de las actividades, se consensó como criterio este porcentaje, se debe tener en cuenta que para determinar este valor de ritmo se debe realizar una apreciación objetiva de las capacidades realizadas y revisadas dentro de cada observación y o muestra tomada.

Después de valorado el ritmo para cada una de las actividades, con la siguiente formula se procede a calcular el tiempo básico del operador 1 dentro de las actividades tomadas como objeto de estudio, este tiempo básico es determinante para la toma del tiempo estándar.

Tiempo Básico o normal para la actividad 1

$$Tiempo\ Basico = \frac{\text{promedio de tiempo observado} * \text{factor de valoracion}}{100}$$

$$Tiempo\ Basico = \frac{18.25 * 105}{100} \quad Tiempo\ Basico = 19.16\ s$$

Ecuación 3. Tiempo básico o normal para la actividad

Aplicando la formula dentro de las 6 actividades establecidas dentro del estudio realizado se obtiene la siguiente tabla donde se discrimina cada uno de los tiempos básicos del mismo (Ver tabla 14).

Tabla 14. Tiempo básico de Actividades realizadas dentro del proceso de llenado de baterías con valoración de ritmo de trabajo

| Actividades | promedio de tiempo observado (seg) | factor de Valoración | de k | Tiempo Básico (seg) |
|-------------|------------------------------------|----------------------|------|---------------------|
| Actividad 1 | 18.25 | 105 | 100 | 19.16 |
| actividad 2 | 7.5 | 105 | 100 | 7.87 |
| Actividad 3 | 14.5 | 105 | 100 | 15.22 |
| Actividad 4 | 82.5 | 105 | 100 | 86.62 |
| Actividad 5 | 8.1 | 105 | 100 | 8.50 |
| Actividad 6 | 14.45 | 105 | 100 | 15.17 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Paso 7. Aplicación de Suplementos (tiempo estándar)

La aplicación de suplementos dentro del estudio de tiempos es la fase donde se aplica objetivamente la revisión y el criterio de la observación, en esta fase se validara las posibles situación que realizan la pausa o espera dentro de cada actividad realizada en el proceso de llenado de baterías en la empresa Auteco SAS, se consideran como los tiempos que se le conceden al trabajador con el objetivo de compensar retrasos, las demoras, y los elementos contingentes que se presentan en cada actividad.

Procedemos a asignar los tiempos suplementarios para establecer el tiempo estándar que debería demorarse el operario en condiciones normales con los suplementos específicos (Ver tabla 15).

Tabla 15. Denotación de suplementos en las actividades realizadas dentro de proceso de Cargue de Baterías.

| Actividades/suplementos | Necesidades personales | Fatiga | Especiales | Total, Suplementos |
|-------------------------|------------------------|--------|------------|--------------------|
| Actividad 1 | 7% | 14% | 4% | 25% |
| actividad 2 | 5% | 13% | 2% | 20% |
| Actividad 3 | 7% | 10% | 6% | 23% |
| Actividad 4 | 6% | 8% | 10% | 24% |
| Actividad 5 | 7% | 9% | 8% | 24% |
| Actividad 6 | 5% | 11% | 2% | 18% |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Los porcentajes de suplementos son tomados como referencia de conceptos básicos de para la medición del trabajo donde los suplementos para que el trabajador realice sus necesidades personales, fluctúan entre los 5 y los 7%, para la fatiga, se determinan valores, por desgaste, condiciones de ambiente que se presentan en la zona de trabajo, y estos fluctúan entre 8% a 15% para trabajos ligeros y para trabajos medianos hasta pesados fluctúa entre 12% y 40%. Como suplementos especiales podemos tener los tiempos asociados a la naturaleza del trabajo y esta se debe a:

- Demoras por dar o recibir instrucciones
- Demoras en la inspección del trabajo realizado.
- Demoras por fallas en la máquina y equipos.

- Demoras por variaciones en las especificaciones del material.
- Demoras por falta de material, energía, etc.
- Demoras por elementos contingentes poco frecuente.

Estos suplementos pueden fluctuar entre el 1% a 10%. (Criollo, 1998)

Con los suplementos establecidos en la (**Tabla 15. Denotación de suplementos en las actividades realizadas dentro de proceso de Cargue de Baterías.**), podemos establecer el tiempo estándar para cada una de las actividades, adicional a esto se procederá a comparar cuál de las actividades se ajustan a los promedios nominales que se tienen previamente de los antecedentes, si son ajustables, son mayores o menores para la decisión de adquisición y automatización del proceso (ver tabla 16).

Tiempo estandar = tiempo basico * 1 + porcentaje de suplemento

Tiempo estandar = 18.25 * (1 + 0.25) = *Tiempo estandar* = 22.81 s

Tabla 16. Resultado de Aplicación de tiempo estándar.

| Actividades | Tiempo básico (seg) | Suplemento | Tiempo Estándar (seg) |
|--------------------|---------------------|------------|-----------------------|
| Actividad 1 | 18.25 | 0.25 | 22.81 |
| actividad 2 | 7.5 | 0.2 | 9 |
| Actividad 3 | 14.5 | 0.23 | 17.8 |
| Actividad 4 | 82.5 | 0.24 | 102.3 |
| Actividad 5 | 8.1 | 0.24 | 10.0 |
| Actividad 6 | 14.45 | 0.18 | 17.0 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

En la (**Tabla 10**), podemos encontrar los tiempos determinados para cada una de las actividades críticas dentro del proceso de llenado de baterías con ácido, es decir que los tiempos actualmente obtenidos, superan inicialmente los tiempos descritos en la medición realizada por la compañía, lo cual aumenta el tiempo de trabajo de cada operación, viéndose en la obligación de utilizar un segundo operario para completar el llenado de baterías, con la propuesta de automatización del proceso con la instalación del equipo se estarían disminuyendo estos tiempos, puesto que las actividades durarían hasta un 50% más de los normal, adicional a esto se puede Implementar un modelo metodológico que disminuya los tiempos de trabajo que actualmente se están teniendo dentro del proceso de llenado de baterías, esto con un paso a paso lógico, ordenado, revisando cada actividad que se realiza dentro del proceso, eliminando o unificando pasos y/o actividades de trabajo para así maximizar el tiempo que se genera de más por los desperdicios de ácido.

Después de realizado los análisis de métodos y tiempos se muestra en el siguiente cuadro comparativo los nuevos tiempos del proceso de llenado, teniendo en cuenta que se está aplicando de forma teórica la adquisición y puesta en marcha el equipo de llenado el cual automatizara el proceso de llenado de baterías, reduciendo los tiempos que se generaban por el desperdicio de ácido, los reprocesos por faltantes de ácidos.

Tabla 17. Cuadro comparativo de proceso inicial vs el proceso propuesto

| No. | CUDRO COMPARATIVO PROCESO INICIAL VS PROCESO PROPUESTO | | | |
|-----|--|---------------|---|---------------|
| | PROCESO INICIAL | | PROCESO PROPUESTO | |
| | Descripción de la actividad | Tiempos (seg) | Descripción de la actividad | Tiempos (seg) |
| 1 | Tomar canastas de estanterías | 928 | Tomar canastas de estanterías | 928 |
| 2 | Quitar tapones | 1216 | Quitar tapones | 1216 |
| 3 | Cambio de bidón y subirlo a la mesa | 180,4 | Cambio de bidon y subirlo a la mesa | 0 |
| 4 | Tomar baterías y llenarlas con acido | 3008 | Tomar baterías y llenarlas con acido | 3008 |
| 5 | Subir canasta con baterías llenas a conveyors | 64,8 | Subir canasta con baterías llenas a conveyors | 0 |
| 6 | Colocar tapones a las baterías | 2144 | Colocar tapones a las baterías | 2144 |
| 7 | Realizar conexiones | 741 | Realizar conexiones | 741 |
| 8 | Reproceso de baterías | 1248 | Reproceso de baterías | 0 |
| 9 | Conectar caimanes a las conexiones | 135 | Conectar caimanes a las conexiones | 135 |
| 10 | Arrancar banco de carga con el computador | 10,2 | Arrancar banco de carga con el computador | 10,2 |
| 11 | Bajar canastas con baterías cargadas de conveyors | 158,4 | Bajar canastas con baterías cargadas de conveyors | 158,4 |
| 12 | Limpiar baterías | 3712 | Limpiar baterías | 0 |
| 13 | Limpiar canastas | 157,2 | Limpiar canastas | 0 |
| 14 | Retirar sticker de testeo en almacén | 80,2 | Retirar sticker de testeo en almacén | 80,2 |
| 15 | Testear baterías | 2976 | Testear baterías | 2976 |
| 16 | Anotar voltaje y amperaje en sticker | 1536 | Anotar voltaje y amperaje en sticker | 1536 |
| 17 | Colocar calcomanía recicla tu batería | 1280 | Colocar calcomanía recicla tu batería | 1280 |
| 18 | Trasladar baterías hacia estantería | 89,8 | Trasladar baterías hacia estantería | 89,8 |
| 19 | Trasladar baterías hacia desempaque | 49,8 | Trasladar baterías hacia desempaque | 49,8 |
| 20 | Trasladar baterías de desempaque a baterías | 51,2 | Trasladar baterías de desempaque a baterías | 51,2 |
| | TOTAL | 19766 | TOTAL | 14403,6 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

CAPITULO III, PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS

En el siguiente capítulo del proyecto se concentra la revisión de los desperdicios que actualmente se presenta dentro del proceso de llenado de ácido para baterías dentro de la empresa Auteco SAS, es decir se validara la causa raíz del problema que en este caso es el desperdicio de ácido, que no solo afecta los tiempos de producción de baterías sino también afecta económicamente a la empresa, se establecerá la problemática a través de la aplicación de pruebas de hipótesis, bondad y se realizara análisis de medias dentro de cada lote de baterías que se llena dentro de un periodo estimado, el cual representara los meses de marzo hasta agosto de 2019.

Se analizará de forma práctica a través de cálculos estadísticos, el problema y se planteara una propuesta de optimización que no solo evite el costo de pérdida de ácido que se presenta dentro de la compañía, sino que también abra campo para la propuesta de mejora que se está planteando al proceso que es objeto de estudio.

10. APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA

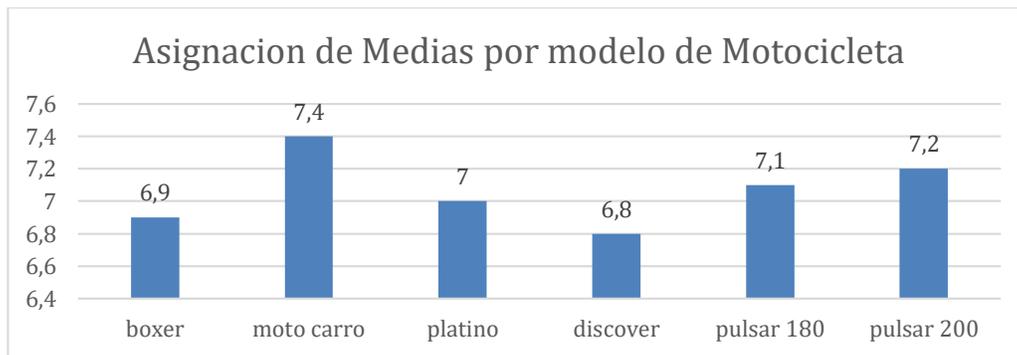
10.1. Aplicación de análisis de medias

Para el desarrollo y análisis de esta causa, dentro del problema seleccionado como caso de estudio, se utilizarán las pruebas estadísticas de análisis de datos aplicando las pruebas de hipótesis con diferencia de medias y varianza desconocida, esto con la finalidad de establecer si la hipótesis planteada se ajusta a la causa del problema o por el contrario la hipótesis nula no se ajusta a lo solicitado.

Como datos iniciales tenemos una muestra de 6 lotes de baterías las cuales se dividen según el tipo de motocicletas en la cual van a ser instaladas, estos grupos de datos tienen presente como prioridad de objeto de estudio la medición promedio de desperdicio de ácido para baterías derramado durante el cargue de baterías, se observara un panorama de periodos comprendidos desde el mes de marzo hasta el mes de agosto, se toma como referencia los 6 meses de producción puesto que si se toma un solo mes, las cantidades de lotes de baterías serian inferiores a 30 por lo que los datos son poco significativos para un análisis de caso de estudio de esta magnitud, donde lo que se busca es demostrar que referencia batería son las que producen una media de desperdicio mayor o por el contrario todas las baterías manejan una media igualitaria, utilizando estadísticos z y t. Aplicando los datos en materia se tiene una media inicial general de desperdicio de 7.7 gramos de ácido

de dentro del proceso de llenando de batería, siendo indiferente los lotes o cantidades diferentes, para las referencias **de baterías de respuesta** de realizado un análisis descriptivo se obtienen las siguientes medias (Ver Ilustración 8).

Ilustración 9. Grafico asignación de medias por modelo de motocicleta.



Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Estas medias fueron obtenidas, después de realizar un análisis estadístico descriptivo de cada una de las referencias de las motocicletas donde se tuvo en cuenta, los desperdicios vs las cantidades de baterías cargadas dentro de cada lote según la referencia. Ver anexos.

Vemos con este análisis inicial de medias que las mismas están por debajo de la media general que es 7.7 gramos de ácido para baterías, por lo cual las hipótesis nulas a responder serán las siguientes:

10.1.1. Prueba de Hipótesis para Media Baterías Bóxer

Para realizar las pruebas de hipótesis para la media con varianza desconocida se realizará bajo los siguientes parámetros:

Se aplicará una prueba de hipótesis para medias con varianza desconocida, para este caso utilizaremos la aplicación en la tabla T de la distribución normal, puesto que para Baterías de Referencias de Motocicletas bóxer tenemos una muestra $N = 72$ lotes de baterías dentro del periodo. El método a utilizar se basa en probar

si la media de los desperdicios de baterías para motocicletas bóxer corresponde o tiene relación de igualdad con el promedio general teórico de 7.7 gramos de desperdicios, este manejando un intervalo de confianza del 95% con un nivel de significancia de 5%.

Se aplicó la realización de revisión de estadística descriptiva con los datos suministrados y se obtienen los siguientes valores (Ver tabla 17).

Tabla 18. Datos estadísticos baterías Bóxer.

| DATOS MOTO BOXER | |
|-----------------------------------|-------------|
| N | 72 |
| Media | 6,9125 |
| Error típico | 0,056569148 |
| Mediana | 6,85 |
| Moda | 6,8 |
| Desviación estándar | 0,480005135 |
| Varianza de la muestra | 0,23040493 |
| Cuenta | 72 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,112795677 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Para las baterías referenciadas a la motocicleta se realiza un análisis de prueba de hipótesis para la media, puesto que el número de muestras de esta referencia es >30, no se puede realizar una comparación con las demás referencias de baterías de motocicletas que presentan desperdicio. Para el caso presentado para las baterías de las referencias bóxer se plantea la hipótesis nula de la siguiente forma:

$H_0 = \mu_1 = 7,7$ gramos esto quiere decir que la prueba de hipótesis de medias debe ajustarse a que el desperdicio obtenido en gramos para las baterías de referencia de motocicletas bóxer sea igual al promedio principal. Como hipótesis alternativas se pueden tomar las siguientes opciones: $H_1: \mu_1 \neq 7,7$. Gramos de ácido.

El estadístico base es $t = \frac{\mu_0 - \mu_1}{s/\sqrt{N}}$, Para este caso se aplica el estadístico base t, con varianza desconocida pero su valor de referencia se debe ver ubicado en la tabla T, de la distribución normal. Esto para el caso de muestras superiores a >30.

Con los datos previamente obtenidos en la tabla anterior podemos aplicar la fórmula para hallar el estadístico base y comprobar si la hipótesis planteada es nula o por el contrario se rechaza y se toma como media la aplicada en el análisis de estadística descriptiva.

Estadístico Base T:
$$t = \frac{\mu_0 - \mu_1}{s/\sqrt{N}}$$

Ecuación 4. Estadístico Base T

Aplicando los datos dentro de la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$tc = \frac{6.9125 - 7.7}{0.48/\sqrt{72}} = -13.912$$

Obteniendo un resultado de una T calculada de -13.912 y verificando en la tabla T para un intervalo de confianza de 95% y una significancia de 5%, obtenemos una T teórica de 1.65 se dice que se rechaza la hipótesis puesto que hay suficiente evidencia estadística para inferir que la hipótesis nula es falsa, por lo que se acepta la hipótesis alternativa donde la media de ácido de baterías desperdiciada para la referencia de motocicletas bóxer, es diferente a la media teórica.

10.1.2. Prueba de Hipótesis para diferencia de Medias con varianza desconocida.

Para las referencias de Baterías cargadas para motocicletas **platino**, **motocarro**, **Discovery**, **pulsar 180**, **pulsar 200**, se utilizará la prueba de hipótesis con diferencia de media, aplicando estadístico T. puesto que estas referencias manejan número de muestras por lotes <30, en este análisis se realizará inicialmente las comparaciones entre referencias de motocicletas para así establecer si se aprueba o se rechaza la hipótesis nula. Procederemos a realizar comparaciones entre medias, por lo cual de forma inmediata se mostrará la comparación realizada entre las baterías para motocicletas pulsar 200 y Platino, de la siguiente forma:

En el siguiente estudio, se analizará la incidencia de las medias para estas dos tipos de baterías para motocicletas, puntualmente se pondrá a prueba la hipótesis planteada dentro de la investigación, la hipótesis de estudio para este caso es si las baterías cargadas tienen la misma media de proporción de desperdicio, es decir que según los casos la incidencia en desperdicio de ácido para baterías son iguales para las dos referencias estudiadas por lo cual se establece la siguiente hipótesis nula:

$H_0 = \mu_{\text{Pulsar 200}} = \mu_{\text{Moto Platino}}$

$H_1 = \mu_{\text{Pulsar 200}} \neq \mu_{\text{Moto Platino}}$

Manejando los siguientes datos:

Tabla 19. Datos estadísticos prueba de Hipótesis medias diferentes baterías pulsar 200 y platino.

| DATOS PULSAR 200 | | DATOS MOTO PLATINO | |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| N= | 26 | N | 16 |
| Media | 7,234615385 | Media | 7,04375 |
| Desviación estándar | 0,353205105 | Desviación estándar | 0,569173377 |
| Varianza de la muestra | 0,124753846 | Varianza de la muestra | 0,323958333 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,142662629 | Nivel de confianza (95.0%) | 0,303291084 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Se tiene que para todos los análisis a realizar que el nivel de Significancia es de 5%, y para todos los análisis a realizar que el nivel de Confianza es de 95%, como son diferencia de medias y lo que se busca es medir si las medias entre las motocicletas son iguales o diferentes entre sí y a la media teórica, para todos los análisis $\delta=0$.

Para la diferencia de medias con varianzas diferentes, se utilizará el estadístico T, puesto que todas las muestras a comparar son menores a 30.

Inicialmente se procede a calcular σ^2 (**desviación estándar poblacional**) esto teniendo en cuenta que las desviaciones estándar poblacional es desconocida, se procede a hallar con la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{(n1 - 1)S1^2 + (n2 - 1)S2^2}{n1 + n2 - 2}$$

Ecuación 5. Desviación estándar poblacional

Para este caso los valores a utilizar en la formula son los siguientes:

$$\sigma^2 = \frac{(26-1)0.35^2 + (16-1)0.323^2}{26+16-2} = 0.199$$

Después de hallar el valor de la desviación estándar poblacional procedemos a calcular el valor de t calculada la cual será la unidad de medida de referencia para el valor del análisis en la tabla T-estudent. Con la aplicación de la siguiente formula.

$$t = \frac{(x1 - x2) - \delta}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n1} + \frac{\sigma^2}{n2}}}$$

Ecuación 6. Fórmula para la aplicación de la tabla T-student

Como ya se tiene el valor de σ^2 solo se procede a reemplazar en la formula estos datos y los complementarios de la operación:

$$t = \frac{(7.23-7.04)-0}{\sqrt{\frac{0.199}{26} + \frac{0.199}{16}}} = 1.33, \text{ este es el valor para el estadístico t calculado}$$

Al obtener t tabula: 1- la significancia, nos da 0.95, dos colas, 0.05, realizamos el cálculo de los grados de libertad la cual es $n1 + n2 - 2 =$ lo cual nos da 40 grados de libertad.

Ubicándonos en la tabla T estudien, teniendo en cuenta que son dos colas, la significancia para la diferencia de medias es de 0.0025, lo cual nos da un t tabular de 2,971, dado que t_c es menor que t tabular se acepta la hipótesis nula H_0 . Entonces se concluye que:

La diferencia de estas dos medias no es significativa, por tanto, no hay evidencia estadística suficiente para concluir que los desperdicios promedios en gramos de ácido de batería de motocicletas son distintos entre las baterías para moto Pulsar 200 y moto Platino.³

➤ **Conclusiones generales después de realizado el análisis para las referencias de baterías para motocicletas:**

Después de realizado los análisis estadísticos para determinar si todas las referencias de baterías cargadas con ácido manejaban igualdad en la cantidad de desperdicio según la media teórica que era 7.7 gramos, a lo cual se obtuvo que para las baterías de referencia de motocicletas bóxer se maneja una media distinta según el número de muestras tomadas puesto que la referencia que más se produce es de este tipo de motocicletas.

Para el caso de la pulsar 150 no se tiene en cuenta como objeto de estudio puesto que su movimiento dentro de la línea es casi nulo hasta ahora, se agrupan las medias según referencia de baterías después del estudio de medias realizados teniendo en cuenta el siguiente resultado (Ver tabla 19).

Tabla 20. Agrupación de medias según referencia de baterías.

| REFERENCIA DE BATERIA | MEDIA |
|-----------------------|-------|
| Moto Bóxer | 6,91 |
| Pulsar 150 | 7,4 |
| motocarro | 7,14 |
| Platino | |
| pulsar 180 | |
| Pulsar 200 | |
| Discovery | |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Con estas medias de desperdicios relevantes para cada motocicleta se realiza un nuevo análisis de costo de desperdicio de ácido dentro de la línea de llenado generando a la siguiente información (Ver tabla 20).

³ El estudio de diferencias de medias se realiza para todas las referencias mencionadas en el texto, las tablas siguientes se encuentran en el anexo.

Tabla 21. Cantidad de ácido desperdiciado según referencia de baterías con medias Actualizadas

| Referencia de batería | Media (Gramos) | Cantidad de Baterías llenas por modelo | | Cantidad de Lotes llenados por Modelo | Cantidad de Acido Desperdiciado por Modelo (Gramos) | |
|-----------------------|----------------|--|-------|---------------------------------------|---|-----|
| Moto Bóxer | 6,91 | BOXER | 28703 | 179 | 198338 | |
| Pulsar 150 | 7,4 | PULSAR 150 | 5 | 1 | 37 | |
| Platino | 7,14 | PLATINO | 1682 | 16 | 111 | |
| MOTOCARRO | | MOTOCARRO | 68 | 3 | 22 | |
| DISCOVER | | DISCOVER | 668 | 6 | 44 | |
| PULSAR 180 | | PULSAR 180 | 2240 | 23 | 167 | |
| PULSAR 200 | | PULSAR 200 | 3667 | 41 | 291 | |
| | | Cantidad total: | 37033 | 269 | 199010 | |
| | | | | | Cantidad total de ácido desperdiciado en kg | 199 |
| | | | | | Cantidad de bidones desperdiciado ref-25kg | 8 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Teniendo en cuenta la tabla anterior y tomando los precios del mercado con el que se compran los ácidos para baterías que se muestran en la siguiente tabla (Ver tabla 21).

Tabla 22. Costo de Acido de baterías.

| Precio de ácidos | |
|------------------------|----------------------|
| Acido 1,28 | \$ 49.570,000 |
| Acido 1,33 | \$ 48.478,000 |
| Precio promedio | \$ 49.077,000 |
| Precio por Kg | \$ 1.963,08 |
| Precio por Gramo | \$ 1,96 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Teniendo en cuenta la información suministrada anteriormente se obtiene la pérdida real de ácido dentro del proceso de llenado de baterías para motocicletas en la empresa en estudio lo cual se muestra en la siguiente tabla, (Ver tabla 22).

Tabla 23. Costos totales de Desperdicios de Acido por referencia de Baterías.

| Grupos de Referencia Según Igualdad de medias | Referencia de batería | Cantidad de Acido desperdiciado por KG | Pérdida económica en el periodo desde marzo a agosto en acido por referencia | Perdía Económica de Acido de Baterías mensual por referencia de batería | Pérdida Económica de Acido de Baterías según su referencia al Año |
|---|-----------------------|--|--|---|---|
| 1 | Moto Bóxer | 198,34 | \$ 389.352,831 | \$ 64.892,14 | \$ 778.705,66 |
| 2 | Pulsar 150 | 0,04 | \$ 72,634 | \$ 12,11 | \$ 145,27 |
| 3 | motocarro | 0,11 | \$ 218,292 | \$ 36,38 | \$ 436,58 |
| | Platino | 0,02 | \$ 43,323 | \$ 7,22 | \$ 86,65 |
| | pulsar 180 | 0,04 | \$ 86,694 | \$ 14,45 | \$ 173,39 |
| | Pulsar 200 | 0,17 | \$ 327,049 | \$ 54,51 | \$ 654,10 |
| | Discovery | 0,29 | \$ 571,090 | \$ 95,18 | \$ 1.142,18 |
| | | 199,01 | \$ 390.671,914 | \$ 65.111,99 | \$ 781.343,83 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

En esta tabla se muestra la referencia de cada batería, utilizando la media correspondiente a la calculada en el análisis realizado, se multiplicaron las medias de gramos de ácidos de baterías desperdiciado según los lotes de baterías referenciados, por las cantidades de baterías cargadas en el periodo de marzo a agosto del 2019 y a este desperdicio se le multiplico el costo por gramo de ácido, este costo se realizó promedio a las dos líneas de ácido utilizadas en el proceso, el costo por año de pérdida de ácido de batería ascendió hasta los \$781.343,83.

Haciendo un análisis comparativo entre la **Tabla 6. Número de baterías llenadas por lotes según el modelo de motocicletas ensambladas en un turno de trabajo.**, donde a través de SAP, se dice que el costo de desperdicio con una media única de 7.7 gramos desperdiciados da un costo anual de \$564.183 y en la **Tabla 23** donde el costo anual trasciende a \$781.343,83 nos muestra una diferencia significativa de \$217.160. es decir que la aplicación del modelo estadístico para diferencias de medias fue efectivo para demostrar que el costo en dinero era mayor que el promedio entregado según lo reflejado en el sistema, este dinero corresponde a un aumento que 72% de dinero que se estaba dejando de percibir como perdida.

10.2. Evaluación de equipo automatizado con aporte al proceso

A continuación, se describen las características de la maquina a evaluar para el proceso (ver tabla 23).

Tabla 24. Características de equipo cotizado.

| CARACTERÍSTICAS DE MÁQUINA LLENADORA DE ÁCIDO DE BATERÍAS | |
|--|--|
| Nombre del equipo | Máquina Llenadora secuencial para ácido sulfúrico en baterías para motos. |
| Empresa fabricante | Automatic soluciones SAS |
| Origen | Medellín, Colombia |
| Categoría | Automática |
| Características | <ol style="list-style-type: none"> 1. Bomba dosificadora para ácido sulfúrico, material PTFE 2. Control individual de boquilla, mediante válvulas eléctricas en PVC 3. Estructura y meda en acero inoxidable 316 (sin banda transportadora), el posicionamiento de la batería será manual. 4. Boquilla des en acero inoxidable, para cubrir los tamaños de baterías a llenar. 5. Tablero de control neumático (Manifold electroválvulas) en polipropileno. 6. Tablero de control eléctrico en polipropileno 7. Sistema neumático para control de ascenso y descenso de boquillas de llenado y tope que garantice el cerrado de las baterías a llenar con respecto a las boquillas. 8. Estructura soporte de boquillas, bombas y tableros en acero inoxidable 316L 9. Sistema de control por PLC 10. Interface hombre máquina, para selección de tiempos y de referencia de baterías a llenar: 7" 11. Manual de operación 12. Planos de conexionado Neumático |
| Tiempo de entrega | 20 días |
| Valor | 138.948.342 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

De acorde a la necesidad identificada se considera pertinente la implementación de este equipo dado que cuenta con sistemas automatizados y reduciría los desperdicios generados en el proceso de llenado dado que contaría con sistemas de cierre automático luego la obtener el nivel requerido, así como la reducción de los tiempos de llenado ya que estos pasarían de 18.5 a 12 segundos.

10.3. Propuesta de mejora para el proceso de llenado de batería

De acuerdo a los análisis realizados y teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, se identificó como punto la influencia la maquina en el proceso, los tiempos de ejecución de la actividad y los desperdicios generados, para ellos realizo búsqueda de dispositivos que garantizara las particularidades requeridas.

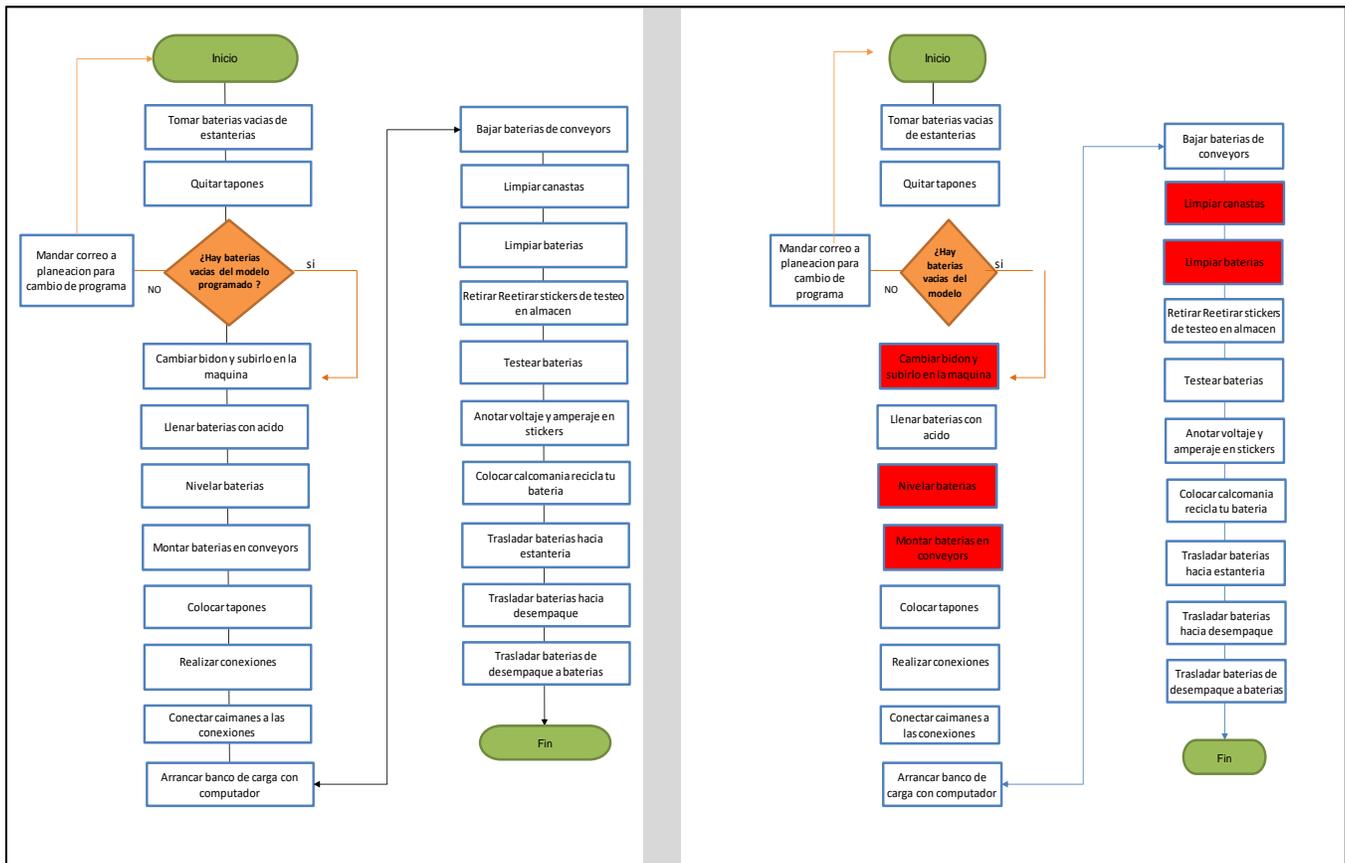
La máquina escogida luego del análisis, cuenta con las características solicitadas para dar solución a las dificultades presentadas el proceso, tales como disminución del desperdicio presentado y las mejoras en los tiempos de las actividades ejecutadas en el mismo; (ver anexo, cotización 3506,) en referencia según especificaciones del fabricante y su función garantiza un cierre de válvulas de manera automática evitando fugas del ácido y derrames posterior al llenado.

Siendo consecuente se visualizan las ventajas, garantías y mejoras que brinda el proveedor dando cumplimiento a la disminución de tiempo a gran escala, un uso de 12 seg por batería, lo cual aumentara la productividad del proceso de llenado, cumpliendo a satisfacción del cliente dado que se reducen los tiempos de entrega a los clientes internos y de esta manera generar un mejor flujo del proceso en general. Todo esto con el fin de una mejora continua organizacional y de producción de Auteco S.A.S.

10.4. Análisis de la variación del proceso

10.4.1. Comparativo de flujogramas del proceso de llenado de baterías bajo la presente propuesta

Ilustración 10. Comparativos de flujogramas del proceso



Fuente: Elaboración del autor, 2019.

CAPITULO IV - ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

11. Análisis viabilidad económica

En el presente capítulo se procura a realizar el análisis de viabilidad económica desde la propuesta planteada, ejecutando la evaluación con la previa identificación de la situación actual y posterior aplicación 5 escenarios proyectados a 10 años (muy pesimista, pesimista, normal, optimista y muy optimista).

11.1. Metodología de análisis

Este análisis de viabilidad económica se hace con el fin de evaluar si la empresa debe o no invertir en la propuesta de mejora planteada, teniendo en cuenta los esfuerzos y diferentes perspectivas de los escenarios presentados. El cual dará a la empresa una claridad sobre la inversión, el flujo de esta, tiempo de recuperación y beneficios que se esperan de ellas.

Para realizar este análisis de viabilidad económica, se utilizó como referencia los datos que se obtuvieron mediante la observación de la situación actual de pérdida de la empresa, para poder utilizarlo como base para elaborar y presentar la viabilidad de lo propuesto, teniendo como referencia lo mencionado anteriormente (la inversión inicial, los flujos de esta, tiempo de recuperación y los beneficios generados); que puede obtener la empresa a partir de acogerse a la propuesta de mejora planteada.

Teniendo como referencia la situación actual, se presenta la inversión inicial y los egresos anuales durante los próximos 10 años; teniendo como base la vida útil de la máquina propuesta.

Para llevar a cabo todo este estudio se utilizó cinco escenarios, los cuales se conocen como muy pesimista, pesimista, normal, optimista y muy optimista con su respectivo análisis de sensibilidad, para analizar la precisión de la inversión y cómo se comporta esta durante el tiempo. A continuación, se describe la situación actual y los diferentes escenarios.

11.2. Situación actual

Procede a evidenciar los costos actuales que ha generado la pérdida de ácido para baterías, y proyectar los flujos de estos en 10 años contados a partir de la inversión. En ese orden de ideas se cuenta con el valor de los costos generados por la pérdida de ácido para baterías, partiendo de los datos suministrados por la empresa, en los cuales se presentan la pérdida de marzo a agosto, número de operarios empleados en el proceso, salarios incluyendo todas las prestaciones de ley (ver

Tabla 26). Cabe notar, que para calcular la proyección del aumento de cada uno de los rubros (ingresos y egresos) expresados a continuación (excepto la inversión inicial), se tomará como referencia el promedio de los últimos 5 años 2015 a 2019 del IPC, el cual es de 4,61% según el DANE. (Ver **Tabla 25**). Análisis de situación actual proyectado a 10 años (ver anexo **13.4.**)

Tabla 25. Índice de precios al consumidor (IPC).

| INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (IPC). | |
|---|--------------|
| 2015 | 6,8% |
| 2016 | 5.75% |
| 2017 | 4.1% |
| 2018 | 3,18% |
| 2019 | 3,26% |
| Promedio | 4,61% |

Fuente: Departamento administrativo nacional de estadística DANE, 2019.

Tabla 26. Calculo obligaciones económicas por trabajador.

| Calculo obligaciones económicas por trabajador | |
|---|------------------|
| Salario | 950.000 |
| Transporte | 97.032 |
| Prestaciones sociales | |
| Cesantías | 87.253 |
| Intereses sobre cesantías | 87.253 |
| Primas | 87.253 |
| Vacaciones | 39.583 |
| Aportes a la seguridad social | |
| Pensiones (AFP) | 114.000 |
| Salud (EPS) | |
| Riesgos laborales (ARL) | |
| Parafiscales | |
| Caja de compensación familiar | 38.000 |
| ICBF | 28.500 |
| SENA | 19.000 |
| TOTAL | 1.617.961 |

Fuente: mi calculadora laboral del 2019, obligaciones empleador.

En la siguiente tabla se detalla el incremento anual según lo proyectado, si la empresa no emplea ningún tipo de sistema para controlar o prevenir la perdida de este material (Ver tabla 26).

Tabla 27. Tablas de análisis de situación actual.

| COSTO DE PERDIDA ACIDO | |
|-------------------------------|------------------|
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% |
| Salario operarios | \$ 1.617.961,00 |
| Numero de operarios | 5 |
| Salario total de operarios | \$ 8.089.805,00 |
| PERDIDAD | \$ 564.183 |
| Promedio de perdida por mes | \$ 94.031 |
| Pérdida anual | \$ 1.128.366 |
| Costo Prod. Anual | \$ 97.077.660,00 |

| PRECIO 1 GR DE | |
|---|---------|
| ACIDO | \$ 1,96 |
| Cantidad de baterías llenadas al año | |
| Moto Bóxer | 57406 |
| Moto Pulsar 150 | 10 |
| Grupo de Motos | 13286 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

11.2.1. Criterios de decisión

Con el fin de poder soportar que la implementación de la propuesta de mejora planteada será viable, el análisis se basará en dar una respuesta a la rentabilidad de hacer una inversión, tomando como regla de decisión los indicadores de bondad económica, como es el VPN, TIR y PAYBACK.

11.2.2. Tasa de retorno mínimo (T.R.E.M.A).

Para tomar referencia en los cálculos de los indicadores de bondad económica de la propuesta planteada, la tasa que se tomo es del 10%, la cual se obtuvo mediante antecedentes históricos en la tesis Estructura de capital Eficiente para el sector de ensambladoras de motocicletas japonesas (3.1 DIAGNOSTICO FINANCIERO- 3.1.1 Auteco; **Grafica 9**); donde se logró evidenciar que el retorno de capital (ROA- Return On Assets) presenta mucha volatilidad debido a las inversiones que la empresa ha venido realizando en los últimos años. Gracias a este estudio realizado logramos sacar un promedio de los últimos años y dar así con la tasa ya mencionada.

11.3. Escenarios

A continuación, se presentan los escenarios que servirán de comparación respecto a la situación actual de la empresa.

11.3.1. Escenario Muy Pesimista

En este escenario, se considera un ahorro proporcional al valor de la máquina de llenado de baterías. Para este escenario el ahorro sería del 10%, considerado el ahora más bajo esperado por la empresa. En este análisis se toman por separado los modelos de motocicletas, y se tienen en cuenta variables como costos de producción el cual es tomado del salario de 5 operarios anual el cual se multiplicara anualmente por 4,61% que es el incremento del IPC, otra variable es el número de baterías llenadas al año la cual también tendrán un aumento anual dependiendo del promedio de baterías llenadas por modelo, los desperdicios anual representan otra variable en la cual se tiene en cuenta el número de baterías llenadas anualmente multiplicado por la media obtenida de las pruebas de hipótesis realizadas para cada modelo en el capítulo anterior y por ultima variable tenemos el precio del gramo de ácido el cual también tendrá un incremento anual según el IPC; con esto logramos hallar el costo por perdida de ácido de baterías por modelo multiplicando el desperdicio anual por el precio del gramo de ácido. Luego de obtener estos valores y teniendo en cuenta la inversión y la situación actual determinaremos los egresos anualmente, el cual es la suma de los costos de producción más los costos de perdida acido de baterías por modelo y el ahorro esperado según la inversión para cada año, este ahorro se obtiene del egreso de la situación actual menos el egreso del escenario propuesto. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores como el VPN donde se tienen en cuenta factores como la TREMA que es del 10%, el flujo de caja más la inversión (Ver tabla 28).

Tabla 28. Escenario muy pesimista.

| COSTO DE PERDIDA ACIDO | |
|-----------------------------|------------------|
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% |
| Salario operarios | \$ 1.617.961,00 |
| Numero de operarios | 5 |
| Salario total de operarios | \$ 8.089.805,00 |
| PERDIDAD | \$ 781,343 |
| Promedio de perdida por mes | \$ 130.224 |
| Pérdida anual | \$ 1.562.686 |
| Costo Prod. Anual | \$ 97.077.660,00 |
| | \$ 101,169.874 |

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| INVERSION | -\$ 138.948.342,00 |
| TREMA | 10% |
| % DE DISMINUCION DE PERDIDA | 10% |

| PRECIO 1 GR DE ACIDO | \$ 1,96 |
|--------------------------------------|---------|
| Cantidad de baterías llenadas al año | |
| Moto Bóxer | 57406 |
| Moto Pulsar 150 | 10 |
| Grupo de Motos | 13286 |

| INDICADORES DE BONDAD ECONOMICA | |
|---------------------------------|-------------------|
| VPN | \$ 168.004.245,68 |
| TIR | 32% |
| PAYBACK | 3,20 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

11.3.2. Escenario Pesimista

En este escenario, se considera un ahorro proporcional al valor de la máquina de llenado de baterías. Para este escenario el ahorro sería del 25%. En este análisis se toman por separado los modelos de motocicletas, y se tienen en cuenta variables como costos de producción el cual es tomado del salario de 5 operarios anual el cual se multiplicara anualmente por 4,61% que es el incremento del IPC, otra variable es el número de baterías llenadas al año la cual también tendrán un aumento anual dependiendo del promedio de baterías llenadas por modelo, los desperdicios anual representan otra variable en la cual se tiene en cuenta el número de baterías llenadas anualmente multiplicado por la media obtenida de las pruebas de hipótesis realizadas para cada modelo en el capítulo anterior y por ultima variable tenemos el precio del gramo de ácido el cual también tendrá un incremento anual según el IPC; con esto logramos hallar el costo por perdida de ácido de baterías por modelo multiplicando el desperdicio anual por el precio del gramo de ácido. Luego de obtener estos valores y teniendo en cuenta la inversión y la situación actual determinaremos los egresos anualmente, el cual es la suma de los costos de producción más los costos de perdida acido de baterías por modelo y el ahorro esperado según la inversión para cada año, este ahorro se obtiene del egreso de la situación actual menos el egreso del escenario propuesto. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores como el VPN donde se tienen en cuenta factores como la TREMA que es del 10%, el flujo de caja más la inversión (Ver tabla 29).

Tabla 29. Escenario pesimista.

| COSTO DE PERDIDA ACIDO | |
|------------------------------------|------------------|
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% |
| Salario operarios | \$ 1.617.961,00 |
| Numero de operarios | 5 |
| Salario total de operarios | \$ 8.089.805,00 |
| PERDIDA | \$ 781,343 |
| Promedio de perdida por mes | \$ 130.224 |
| Pérdida anual | \$ 1.562.686 |
| Costo Prod. Anual | \$ 97.077.660,00 |
| | \$ 101,169.874 |

| | |
|---|---------|
| PRECIO 1 GR DE ACIDO | \$ 1,96 |
| Cantidad de baterías llenadas al año | |
| Moto Bóxer | 57406 |
| Moto Pulsar 150 | 10 |
| Grupo de Motos | 13286 |

| | |
|------------------------------------|--------------------|
| INVERSION | -\$ 138.948.342,00 |
| TREMA | 10% |
| % DE DISMINUCION DE PERDIDA | 25% |

| INDICADORES DE BONDAD ECONOMICA | |
|--|-------------------|
| VPN | \$ 172.473.271,22 |
| TIR | 32% |
| PAYBACK | 3,19 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Análisis de escenario pesimista proyectado a 10 años (ver anexo 13.5.)

11.3.3. Escenario Normal

En este escenario, se considera un ahorro proporcional al valor de la máquina de llenado de baterías. Para este escenario el ahorro sería del 50%. En este análisis se toman por separado los modelos de motocicletas, y se tienen en cuenta variables como costos de producción el cual es tomado del salario de 5 operarios anual el cual se multiplicara anualmente por 4,61% que es el incremento del IPC, otra variable es el número de baterías llenadas al año la cual también tendrán un aumento anual dependiendo del promedio de baterías llenadas por modelo, los desperdicios anual representan otra variable en la cual se tiene en cuenta el número de baterías llenadas anualmente multiplicado por la media obtenida de las pruebas de hipótesis realizadas para cada modelo en el capítulo anterior y por ultima variable tenemos el precio del gramo de ácido el cual también tendrá un incremento anual según el IPC; con esto logramos hallar el costo por perdida de ácido de baterías por modelo multiplicando el desperdicio anual por el precio del gramo de ácido. Luego de obtener estos valores y teniendo en cuenta la inversión y la situación actual determinaremos los egresos anualmente, el cual es la suma de los costos de producción más los costos de perdida acido de baterías por modelo y el ahorro esperado según la inversión para cada año, este ahorro se obtiene del egreso de la situación actual menos el egreso del escenario propuesto. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores como el VPN donde se tienen en cuenta factores como la TREMA que es del 10%, el flujo de caja más la inversión (Ver tabla 30).

Tabla 30. Escenario normal.

| | |
|-------------------------------|-------|
| COSTO DE PERDIDA ACIDO | |
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% |

| | | |
|------------------------------------|----|----------------|
| Salario operarios | \$ | 1.617.961,00 |
| Numero de operarios | | 5 |
| Salario total de operarios | \$ | 8.089.805,00 |
| | | |
| PERDIDA | \$ | 781,343 |
| Promedio de perdida por mes | \$ | 130.224 |
| Pérdida anual | \$ | 1.562.686 |
| Costo Prod. Anual | \$ | 97.077.660,00 |
| | \$ | 101.552.940,13 |

| | | |
|---|----|-------|
| PRECIO 1 GR DE ACIDO | \$ | 1,96 |
| Cantidad de baterías llenadas al año | | |
| Moto Bóxer | | 57406 |
| Moto Pulsar 150 | | 10 |
| Grupo de Motos | | 13286 |

| | | |
|------------------------------------|-----|----------------|
| INVERSION | -\$ | 138.948.342,00 |
| TREMA | | 10% |
| % DE DISMINUCION DE PERDIDA | | 50% |

| | |
|--|-------------------|
| INDICADORES DE BONDAD ECONOMICA | |
| VPN | \$ 179.921.647,12 |
| TIR | 33% |
| PAYBACK | 3,19 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Análisis de escenario normal proyectado a 10 años (ver anexo 13.6.)

11.3.4. Escenario optimista

Este escenario considera una buena situación económica que puede tener la empresa al implementar la máquina de llenado de baterías propuesta. En este caso el ahorro máximo esperado de la máquina de llenado es del 75%. En este análisis se toman por separado los modelos de motocicletas, y se tienen en cuenta variables como costos de producción el cual es tomado del salario de 5 operarios anual el cual se multiplicara anualmente por 4,61% que es el incremento del IPC, otra variable es el número de baterías llenadas al año la cual también tendrán un aumento anual dependiendo del promedio de baterías llenadas por modelo, los desperdicios anual representan otra variable en la cual se tiene en cuenta el número de baterías llenadas anualmente multiplicado por la media obtenida de las pruebas de hipótesis realizadas para cada modelo en el capítulo anterior y por ultima variable tenemos el precio del gramo de ácido el cual también tendrá un incremento anual según el IPC; con esto logramos hallar el costo por perdida de ácido de baterías por modelo multiplicando el desperdicio anual por el precio del gramo de ácido. Luego de obtener estos valores y teniendo en cuenta la inversión y la situación actual determinaremos los egresos anualmente, el cual es la suma de los costos de producción más los costos de perdida acido de baterías por modelo y el ahorro esperado según la inversión para cada año, este ahorro se obtiene del egreso de la situación actual menos el egreso del escenario propuesto. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores como el VPN donde se tienen en cuenta factores como la TREMA que es del 10%, el flujo de caja más la inversión (Ver tabla 31).

Tabla 31. Escenario Optimista.

| COSTO DE PERDIDA ACIDO | | PRECIO 1 GR DE ACIDO | \$ 1,96 |
|-----------------------------|-------------------|---|--------------------|
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% | Cantidad de baterías llenadas al año | |
| Salario operarios | \$ 1.617.961,00 | Moto Bóxer | 57406 |
| Numero de operarios | 5 | Moto Pulsar 150 | 10 |
| Salario total de operarios | \$ 8.089.805,00 | Grupo de Motos | 13286 |
| PERDIDA | \$ 781,343 | INVERSION | -\$ 138.948.342,00 |
| Promedio de perdida por mes | \$ 130.224 | TREMA | 10% |
| Pérdida anual | \$ 1.562.686 | % DE DISMINUCION DE PERDIDA | 75% |
| Costo Prod. Anual | \$ 97.077.660,00 | | |
| | \$ 101.552.940,13 | | |

| INDICADORES DE BONDAD ECONOMICA | |
|---------------------------------|-------------------|
| VPN | \$ 187.370.023,02 |
| TIR | 33% |
| PAYBACK | 3,18 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

Análisis de escenario optimista proyectado a 10 años (ver anexo 13.7.)

11.3.5. Escenario Muy Optimista

En este escenario se considera la mejor situación económica que puede tener la empresa al implementar la máquina de llenado de baterías propuesta. En este caso el ahorro máximo esperado de la máquina de llenado es del 100%. En este análisis se toman por separado los modelos de motocicletas, y se tienen en cuenta variables como costos de producción el cual es tomado del salario de 5 operarios anual el cual se multiplicara anualmente por 4,61% que es el incremento del IPC, otra variable es el número de baterías llenadas al año la cual también tendrán un aumento anual dependiendo del promedio de baterías llenadas por modelo, los desperdicios anual representan otra variable en la cual se tiene en cuenta el número de baterías llenadas anualmente multiplicado por la media obtenida de las pruebas de hipótesis realizadas para cada modelo en el capítulo anterior y por ultima variable tenemos el precio del gramo de ácido el cual también tendrá un incremento anual según el IPC; con esto logramos hallar el costo por perdida de ácido de baterías por modelo multiplicando el desperdicio anual por el precio del gramo de ácido. Luego de obtener estos valores y teniendo en cuenta la inversión y la situación actual determinaremos los egresos anualmente, el cual es la suma de los costos de producción más los costos de perdida acido de baterías por modelo y el ahorro esperado según la inversión para cada año, este ahorro se obtiene del egreso de la situación actual menos el egreso del escenario propuesto. Con este análisis podemos determinar nuestros indicadores como el VPN donde se tienen en cuenta factores como la TREMA que es del 10%, el flujo de caja más la inversión. (Ver tabla 32).

Tabla 32. Escenario muy optimista.

| | | | |
|------------------------------------|-------------------|---|---------------------------|
| COSTO DE PERDIDA ACIDO | | PRECIO 1 GR DE ACIDO | \$ 1,96 |
| INCREMENTO DE COSTO | 4,61% | Cantidad de baterías llenadas al año | |
| Salario operarios | \$ 1.617.961,00 | Moto Bóxer | 57406 |
| Numero de operarios | 5 | Moto Pulsar 150 | 10 |
| Salario total de operarios | \$ 8.089.805,00 | Grupo de Motos | 13286 |
| PERDIDAD | \$ 781,34 | INVERSION | -\$ 138.948.342,00 |
| Promedio de perdida por mes | \$ 130.224 | TREMA | 10% |
| Pérdida anual | \$ 1.562.686 | % DE DISMINUCION DE PERDIDA | 100% |
| Costo Prod. Anual | \$ 97.077.660,00 | INDICADORES DE BONDAD ECONOMICA | |
| | \$ 101.552.940,13 | VPN | \$ 194.818.398,92 |
| | | TIR | 34% |
| | | PAYBACK | 3,17 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

11.3.6. Resumen de Escenarios

A continuación se presenta un resumen de todos los escenarios detallados en capítulos anteriores con el fin de detallar todos los aspectos relacionados con la problemática y proceder a brindarle una mejora al problema presentado por la empresa en estudio (Ver tabla 33).

Tabla 33. Resumen de escenarios

| Resumen del escenario | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Muy Pesimista | Pesimista | Normal | Optimista | Muy Optimista |
| Celdas cambiantes: | | | | | |
| DISMINUCION_DESPERDICIO | 10% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Celdas de resultado: | | | | | |
| VPN | \$ 168.004.245,68 | \$ 172.473.271,22 | \$ 179.921.647,12 | \$ 187.370.023,02 | \$ 194.818.398,92 |
| TIR | 32% | 32% | 33% | 33% | 34% |
| PAYBACK | 3,20 | 3,19 | 3,19 | 3,18 | 3,17 |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

En el anterior resumen podemos evidenciar la variación de los diferentes escenarios, donde la fila de celdas cambiante hace referencia a la tasa de disminución propuesta para cada uno de los escenarios. Podemos observar que los resultados del VPN en el periodo muy pesimista con una tasa de disminución del 10% el valor es \$168.004.245,68 con un promedio de recuperación de la inversión de 3,20 años, con tasa pesimista de 25% el valor es \$172.473.271,22 con un promedio de recuperación de 3,19 años, con tasa normal del 50% el valor es de \$179.921.647,12 con un promedio de recuperación de 3,19 años, con una tasa optimista de 75% el valor es \$187.370.023,02 con un promedio de recuperación de 3,18 años y con una tasa muy optimista de 100% el valor es de \$194.818.398,92 con un promedio de recuperación de 3,17 años. Con este análisis rescatamos que todos los escenarios son todos positivos con referencia a la situación actual, esto nos indica que el proyecto resulta viable para la empresa; la cual tendría una recuperación de la inversión entre el año 3 y 4.

Notas: La columna de valores actuales representa los valores de las celdas cambiantes en el momento en que se creó (Ver tabla 34).

11.3.7. Resumen de escenario cambiante la variable TREMA.

Tabla 34. Resumen de escenarios.

| Resumen del escenario | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Valores actuales: | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% |
| Celdas cambiantes: | | | | | | | | | |
| TREMA | 10% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% |
| Celdas de resultado: | | | | | | | | | |
| VPN | \$ 179.921.647,12 | \$ 269.373.500,23 | \$ 248.746.678,39 | \$ 229.611.729,86 | \$ 211.838.715,67 | \$ 195.310.560,88 | \$ 179.921.647,12 | \$ 165.576.572,55 | \$ 152.189.057,67 |
| TIR | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% |
| | 13% | 14% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | | |
| | 13% | 14% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | | |
| | \$ 139.680.978,79 | \$ 127.981.512,88 | \$ 117.026.380,13 | \$ 71.545.309,30 | \$ 37.803.343,72 | \$ 12.179.399,40 | -\$ 7.696.671,44 | | |
| | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | 33% | | |

Fuente: Elaboración del autor, 2019.

En este resumen de los escenarios la variable cambiante es la TREMA la cual está estimada al 10 %, en la cual podemos evidenciar que a menor costo de oportunidad el VPN es mayor y la tasa de interés de retorno es la misma 33%.

Notas: La columna de valores actuales representa los valores de las celdas cambiantes en el momento en que se creó el Informe resumen de escenario

CAPITULO V - CONCLUSIONES

12. Conclusiones Generales de la Propuesta de mejora.

El presente proyecto se ejecutó en el área de llenado de baterías de la planta de producción de la empresa Auteco SAS, donde existe una línea de llenado de baterías con ácido, la cual tiene un tiempo de operación no mayor de 1 año. En esta área se venía presentando un problema ya que se estaba generando desperdicio de ácido para baterías el cual afectaba directamente la operación de la planta y cero opciones de recuperación

Se pudo conocer a través de la aplicación de herramientas de análisis estadísticos y pruebas de hipótesis realizada que, dentro del proceso de llenado de baterías, se tenía un desperdicio según referencia de baterías de entre 6 y 7.5 gramos de ácido lo cual estaba generando pérdidas anuales solo del producto de aproximadamente de \$800.000, a esto sumándole los costos de operaciones que genera el proceso productivo interno las pérdidas en dinero sumaban, más de \$100.000.000 de pesos por año.

El sistema de alternativas que contiene la propuesta es la adquisición y puesta en marcha de un equipo automatizado para llenado de baterías, donde se aumentaría la capacidad de producción de ácidos de baterías de la línea de producción, se eliminaría el desperdicio de ácido en el proceso de llenado y aumentar la eficiencia de la máquina y del proceso, el cual pasara de utilizar cinco operarios en el área de llenado a utilizar solamente 3 operarios, pudiendo utilizar este personal en procesos donde se necesite un apoyo mayoritario de personal.

La inversión total de la propuesta ascendió a la cantidad de \$138.948.342,00 como inversión fija requerida, el resumen de los indicadores financieros evidencio la factibilidad de la propuesta, porque la inversión propuesta se recuperara en 3 años, generándose una tasa treme de 10% y un VPN de \$ 172.473.271,22 como escenario pesimista, \$ 179.921.647,12 como escenario normal y como escenario optimista de \$ 187.370.023,02, con una TIR para los 3 escenarios del 33%, dando siempre como resultado favorable la propuesta, disminuyendo los costos de operarios que son los más apuntan a pérdidas con el desperdicio presentado en el proceso.

De acuerdo a lo anterior bajo el rol de investigadores el presente proyecto resulto altamente provechoso dado que se obtuvo la oportunidad de realizar la aplicación de múltiples teorías y metodologías en el proyecto y del mismo modo reforzar y ampliar conocimientos. De modo que se realizó un rastreo de la información desde el levantamiento de causas, diagnóstico del proceso, análisis de métodos, tiempos y análisis estadístico de la situación, así como la formulación de la propuesta y el análisis de viabilidad de propuesta de mejora, de modo que se demostró el beneficio a obtener a nivel económico al aplicar la solución propuesta.

CAPÍTULO VI - RECOMENDACIONES

13. Recomendaciones Propuestas para la empresa Auteco SAS según análisis realizados dentro del proyecto.

Luego de la aplicación de teorías y análisis realizados en el presente documento se generan las siguientes recomendaciones:

1. se recomienda de manera principal a la empresa Auteco SAS la automatización del proceso de llenado con ácido para baterías, a través de la adquisición de la maquina envasadora de baterías cotizada por la empresa Automatic soluciones (ver cotización 3506 Hoja 4), puesto que llevando a cabo el cambio de la maquina actual por la cotizada, eliminaría el desperdicio de acido de baterías dentro de la línea de producción, así mismo todas las situaciones de reproceso, costos por personal y de desperdicios, esto teniendo en cuenta como punto principal de partida el análisis financiero realizado.
2. Se recomienda a la empresa Auteco la automatización de su proceso de llenado de baterías actual puesto que al ser automatizado el proceso, esta máquina reduce el costo de operarios, ya que la línea presentaría una utilización no de 5 operarios como actualmente se tiene, sino de 3 operarios, lo que reducirías el costo de operación de más de \$90.000.000 millones de pesos anuales en personal, y aumentaría su VPN en más de \$170.000.000 de pesos anuales durante el proceso de vida útil del equipo llenador de baterías durante los próximos 10 años, tiempos en los cuales se estima por vida útil, adicional el costo de inversión se estima ser recuperado en nomas de 3 años.
3. Establecer un procedimiento estructurado donde se especifiquen los tiempos de trabajo para cada actividad dentro del proceso de llenado de ácido para baterías, así como también se eduque de la mejor manera al personal operativo la forma de operación de la máquina, las tareas que debe realizar y como se deben realizar para así evitar desperdicios de tiempo dentro del proceso de llenado con ácidos para baterías.
4. Después de automatizado el proceso realizar un nuevo estudio de métodos y tiempos de trabajo donde se evalúen las formas de trabajo del personal con la maquina envasadora, garantizando siempre la optimización del proceso en cuanto a tiempo de trabajo, operación correcta del equipo y disminución efectiva de los desperdicios.

14. ANEXOS

14.1. Lista de chequeo aplicada al proceso llenado de batería en la empresa Auteco SAS

|  | | LISTA DE CHEQUEO | | | | | | |
|---|---|------------------|----|----|--------------------------|--|----|----|
| | | 1. MÉTODO | | SI | NO | 2. MÁQUINA/HERRAMENTAL/MEDIOS | | SI |
| 1 | Existe estándar de operación? | | x | | 1 | Maquina parada? | | |
| 2 | Se respeta el estándar? | | | | 2 | La máquina o equipo está en buenas condiciones? | | |
| 3 | Se indican los puntos claves? | | | | 3 | Los medios para realizar la operación son aptos? | | x |
| 4 | Se respetan los puntos claves? | | | | 4 | Los medios de manejo son aptos ? | | |
| 5 | Puntos claves correctos? | | | | 5 | La Maquina está calibrada? | | |
| 6 | El Amef considero la falla? | | | | 6 | Proceso Validado? | | |
| 7 | Línea balanceada? | | | | 7 | La maquina usada es la especificada? | | |
| 8 | Se respetan los movimientos? | | x | | 3. MATERIALES | | SI | NO |
| 9 | Existe plan de control? | | | | 1 | La materia prima está según especificaciones? | | |
| 10 | Plan de control adecuado? | | | | 2 | Material dañado después de la recepción técnica? | | |
| 11 | Es un defecto recurrente? | | | | 3 | El material se encuentra almacenado correctamente? | | x |
| 12 | Puntos clave estándar coherentes | | | | 4. MEDIO AMBIENTE | | SI | NO |
| 13 | con plan de control? | | | | 1 | Existe Lay - Out? | | |
| 5. MANO DE OBRA | | SI | NO | | 2 | Se tiene Problemas de Lay - Out? | | |
| 1 | El operario está entrenado en el puesto de trabajo? | | | | 3 | Condiciones de trabajo son las adecuadas | | |
| 2 | Operario titular del puesto? | | x | | 4 | Con 5S? | | |
| 3 | El operario ya ha realizado la operación? | | | | 5 | Operación con riesgo? | | |
| 4 | El operario conoce el funcionamiento del equipo? | | | | 6 | Ergonomía bien? | | |

14.2. Aplicación de herramienta 5 porque

| FORMATO PARA ANÁLISIS ¿POR QUÉ? ¿POR QUÉ? | | | | | |
|--|--|---|---|------------------|----------------------------------|
| PROBLEMA: | | Como optimizar el proceso minimizando los desperdicios de ácido en el área de llenado de baterías dentro de la empresa Auteco S.A.S, Cartagena de indias. | | FECHA: | 02/09/2019 |
| | POR QUÉ 1 (Cada espina de pescado) | POR QUÉ 2 | POR QUÉ 3 | POR QUÉ 4 | POR QUÉ 5 (Causa Raíz) |
| MÉTODO | 1. Se realizan muchos movimiento en la manipulación durante el proceso de llenado. | Porque El equipo y las herramientas disponibles no son eficientes. | Porque la capacidad del dispositivo está determinado solo para una batería y no la llena completamente. | | |
| | 2. No existe un estándar para las operaciones. | Porque Al momento de aprender se tomaban notas en cuadermos. | Porque Las operaciones fueron enseñadas en forma práctica y no se generaron FOS de la operación. | | |
| MANO DE OBRA | 3. Algunas operaciones no son realizadas por el titular del puesto. | Porque se requiere apoyo de operarios de otras áreas | Porque Los tiempos de alistamiento de baterías son muy altos. | | |
| MEDIO AMBIENTE | | | | | |
| MATERIA PRIMA- MATERIALES | 4. El material no se encuentra almacenado correctamente. | Porque Se tiene poco espacio en el área. | Por que el proceso se tuvo que amoldar al espacio que estaba disponible en la planta. | | |
| MAQUINA | 5. Las baterías no quedan con el nivel requerido para el llenado. | Porque el equipo no garantiza la cantidad de ácido requerida para cada celda. | Porque el dispositivo no tiene la capacidad para llenar las baterías al 100%. | | |
| | 6. La maquina definida genera un defecto en el llenado de la batería. | Porque Se genera un reproceso del 100% de las baterías llenadas. | Porque las baterías no quedan completamente niveladas. | | |
| | 7. El equipo para realizar la operación no es el adecuado debido a que se presenta mucho desperdicio de ácido. | Porque no tiene la capacidad de retener el ácido en el equipo al momento de cerrar las válvula. | | | |

14.3. Cotizaciones de equipos automatizados



IVA - REGIMEN COMUN

COTIZACION

3606

HOJA 3 DE 5

| PARA: AUTECO | | CIUDAD Y FECHA: MEDELLÍN, SEPTIEMBRE 05 DE 2019 | | |
|--|--------|--|-----------------|-------|
| TELÉFONO: | | SOLICITADA POR: ING. CARLOS AYOLA CARABALLO | | |
| TELÉFAX: | | VALIDA HASTA: 20 DÍAS | | |
| EMAIL: informacion@auteco.com.co | | | | |
| CELULAR: 3107407634 | | | | |
| TENEMOS EL AGRADO DE COTIZARLES EN LAS SIGUIENTES CONDICIONES | | | | |
| LUGAR DE ENTREGA: MEDELLIN (A CONVENIR) | | FECHA DE ENTREGA: 10 A 12 SEMANAS | | |
| VENDEDOR: ING. JUAN ALONSO VILLEGAS C. | | FORMA DE PAGO: VER NOTA | | |
| ARTICULO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | VALOR |
| 3-BOMBA DOSIFICADORA PARA ÁCIDO SULFÚRICO, MATERIAL EN PTFE | UND | 1 | | |
| 4-CONTROL INDIVIDUAL DE BOQUILLAS, MEDIANTE VÁLVULAS ELÉCTRICAS EN PVC. | UND | 6 | | |
| 5-ESTRUCTURA Y MESA EN ACERO INOX 316 (SIN BANDA TRANSPORTADORA), EL POSICIONAMIENTO DE LA BATERÍA A LLENAR SE HARÁ EN FORMA MANUAL. | | | | |
| 6-BOQUILLAS EN ACERO INOXIDABLE, CON BOCAL EN PTFE SERÁN 2 JUEGOS DE 6 BOQUILLAS, PARA CUBRIR LOS TAMAÑOS DE BATERÍAS A LLENAR. | | | | |
| 7-TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO (MANIFOLD DE ELECTROVÁLVULAS) EN POLIPROPILENO | | | | |
| 8-TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO EN POLIPROPILENO | | | | |
| 9-SISTEMA NEUMÁTICO PARA CONTROL DE ASCENSO Y DESCENSO DE BOQUILLAS DE LLENADO Y TOPE QUE GARANTICE EL CENTRADO DE LA BATERÍA A LLENAR CON RESPECTO A LAS BOQUILLAS. | | | | |
| 10-ESTRUCTURA SOPORTE BOQUILLAS, BOMBAS Y TABLEROS EN ACERO INOX 316L | | | | |
| 11-SISTEMA DE CONTROL POR PLC. | | | | |
| 12-INTERFASE HOMBRE MÁQUINA, PARA SELECCIÓN DE TIEMPOS Y DE REFERENCIAS DE BATERÍAS A LLENAR: 7" | | | | |
| 13-MANUAL DE OPERACIÓN | | | | |
| 14-PLANOS DE CONEXIONADO NEUMÁTICO | | | | |
| OBSERVACIONES: | | ATENCIÓN: | | |
| MÁS IVA | | Juan Alonso Villegas Cardenas Celular: 3103900766 | | |
|  | | | | |



IVA - REGIMEN COMUN
COTIZACION
3506
HOJA 4 DE 5

| | | | | | |
|---|--|--|---|-----------------|-----------------------|
| PARA: AUTECO | | Ciudad y Fecha: MEDELLÍN, SEPTIEMBRE 05 DE 2019 | | | |
| TELÉFONO: | | SOLICITADA POR: ING. CARLOS AYOLA CARABALLO | | | |
| TELFAX: | | VALIDA HASTA: 20 DÍAS | | | |
| E-MAIL: ledemotocarrocto@auteco.com.co | | | | | |
| CELULAR: 3107407634 | | | | | |
| TENEMOS EL AGRADO DE COTIZARLES EN LAS SIGUIENTES CONDICIONES | | | | | |
| LUGAR DE ENTREGA: MEDELLIN (A CONVENIR) | | | FECHA DE ENTREGA: 10 A 12 SEMANAS | | |
| VENDEDOR: ING. JUAN ALONSO VILLEGAS C. | | FORMA DE PAGO: VER NOTA | | | |
| ARTÍCULO | | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIDADES | VALOR |
| 13-PLANOS DE CONEXIONADO ELÉCTRICO. 14-PLANOS DE PROGRAMACIÓN 15-CAPACITACIÓN DE OPERACIÓN EN CARTAGENA (NO SE INCLUYEN GASTOS DE TQUETTES, TRASLADOS, VIÁTICOS, PARA UN TIEMPO DE 5 DÍAS HÁBILES) <div style="text-align: right;">TOTAL:</div> | | UND | 1 | | \$ 138,948,342 |
| NOTAS: 1- PARA AMBOS CASOS LA FORMA DE PAGO SERÁ ASÍ: <ul style="list-style-type: none"> * ANTICIPO: 50% * A LA ENTREGA FÍSICA DE LA MÁQUINA: 30% * A LA ENTREGA A SATISFACCIÓN: 20% 2- NO ESTÁN INCLUIDOS COSTOS POR PÓLIZAS 3- LAS ACOMETIDAS ELECTRICAS Y NEUMÁTICAS SERÁN RESPONSABILIDAD DE AUTECO. 4- AMBAS MÁQUINAS TENDRÁN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ÁCIDO EN ACERO INOX 316 L Y CON UNA CAPACIDAD DE 5 GLNS. | | | | | |
| OBSERVACIONES: MÁS IVA | | | ATENTAMENTE: Juan Alonso Villegas Cartagena Celular: 3107407634 | | |
|  | | | | | |



IVA - REGIMEN COMUN
COTIZACION
3506
HOJA 5 DE 5

| | | | |
|-----------|--|-----------------|--|
| PARA: | AUTECO | CUIDAD Y FECHA: | MEDELLÍN, SEPTIEMBRE 05 DE 2019 |
| TELÉFONO: | | SOLICITADA POR: | ING. CARLOS AYOLA CARABALLO |
| TÉLFAX: | | VALIDA HASTA: | 20 DÍAS |
| EMAIL: | informaticoservicio@auteco.com.co | | |
| CELULAR: | 3107407634 | | |

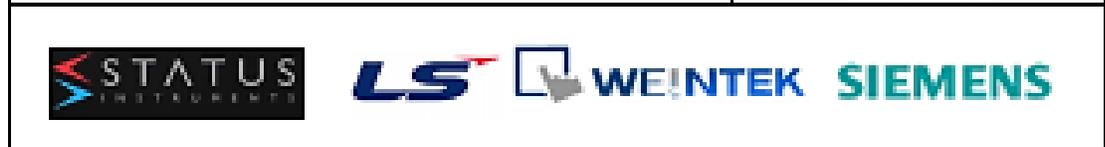
TENEMOS EL AGRADO DE COTIZARLES EN LAS SIGUIENTES CONDICIONES

| | | | |
|-------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| LUGAR DE ENTREGA: | MEDELLIN (A CONVENIR) | FECHA DE ENTREGA: | 10 A. 12 SEMANAS |
|-------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|

| | | | |
|-----------|-------------------------------------|----------------|-----------------|
| VENDEDOR: | ING. JUAN ALONSO VILLEGAS C. | FORMA DE PAGO: | VER NOTA |
|-----------|-------------------------------------|----------------|-----------------|

| ARTÍCULO | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIDADES | VALOR |
|---|--------|----------|-----------------|-------|
| CONTARÁ ADEMÁS CON 2 SENSORES DE NIVEL PARA ALARMAS DE BAJO NIVEL Y MÁXIMO NIVEL. | | | | |

| | | | |
|----------------|----------------|--------------|--|
| OBSERVACIONES: | MÁS IVA | ATENTAMENTE: | Juan Alonso Villegas Córdoba Celular: 3102900769 |
|----------------|----------------|--------------|--|



14.4. Tablas Análisis Estadísticos y Herramientas de Ingeniería.

Aplicación de pruebas de hipótesis con diferencias de medias

Datos para la realización de pruebas

| DATOS MOTO BOXER | |
|----------------------------|--------------|
| N | 72 |
| Media | 6,9125 |
| Error típico | 0,056569148 |
| Mediana | 6,85 |
| Moda | 6,8 |
| Desviación estándar | 0,480005135 |
| Varianza de la muestra | 0,23040493 |
| Curtosis | 1,709994692 |
| Coefficiente de asimetría | -0,516964691 |
| Rango | 2,3 |
| Mínimo | 5,5 |
| Máximo | 7,8 |
| Suma | 497,7 |
| Cuenta | 72 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,112795677 |

| DATOS MOTO CARRO | |
|----------------------------|-------------|
| N | 4 |
| Media | 7,425 |
| Error típico | 0,149303941 |
| Mediana | 7,4 |
| Moda | #N/A |
| Desviación estándar | 0,298607881 |
| Varianza de la muestra | 0,089166667 |
| Curtosis | -0,41610621 |
| Coefficiente de asimetría | 0,422521414 |
| Rango | 0,7 |
| Mínimo | 7,1 |
| Máximo | 7,8 |
| Suma | 29,7 |
| Cuenta | 4 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,475151774 |

| DATOS MOTO PLATINO | |
|----------------------------|--------------|
| N | 16 |
| Media | 7,04375 |
| Error típico | 0,142293344 |
| Mediana | 7 |
| Moda | 6,8 |
| Desviación estándar | 0,569173377 |
| Varianza de la muestra | 0,323958333 |
| Curtosis | 1,397646085 |
| Coefficiente de asimetría | -0,816550564 |
| Rango | 2,2 |
| Mínimo | 5,6 |
| Máximo | 7,8 |
| Suma | 112,7 |
| Cuenta | 16 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,303291084 |

| DATOS MOTO DISCOVER | |
|----------------------------|-------------|
| N | 8 |
| Media | 6,875 |
| Error típico | 0,086085506 |
| Mediana | 6,85 |
| Moda | 6,8 |
| Desviación estándar | 0,243486579 |
| Varianza de la muestra | 0,059285714 |
| Curtosis | 0,559268399 |
| Coefficiente de asimetría | 0,385959275 |
| Rango | 0,8 |
| Mínimo | 6,5 |
| Máximo | 7,3 |
| Suma | 55 |
| Cuenta | 8 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,203559874 |

| DATOS MOTO PULSAR 180 | |
|----------------------------|--------------|
| N | 16 |
| Media | 7,16875 |
| Error típico | 0,09115863 |
| Mediana | 7,25 |
| Moda | 7,3 |
| Desviación estándar | 0,36463452 |
| Varianza de la muestra | 0,132958333 |
| Curtosis | -0,242581092 |
| Coefficiente de asimetría | 0,022726041 |
| Rango | 1,3 |
| Mínimo | 6,5 |
| Máximo | 7,8 |
| Suma | 114,7 |
| Cuenta | 16 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,194300021 |

| DATOS PULSAR 200 | |
|----------------------------|--------------|
| N= | 26 |
| Media | 7,234615385 |
| Error típico | 0,06926922 |
| Mediana | 7,25 |
| Moda | 7,3 |
| Desviación estándar | 0,353205105 |
| Varianza de la muestra | 0,124753846 |
| Curtosis | -0,360379603 |
| Coefficiente de asimetría | 0,037410878 |
| Rango | 1,3 |
| Mínimo | 6,5 |
| Máximo | 7,8 |
| Suma | 188,1 |
| Cuenta | 26 |
| Nivel de confianza (95.0%) | 0,142662629 |

13.5 análisis comparativos según otras referencias de baterías.

En el siguiente estudio, se analizará la incidencia de las medias para estas dos tipos de baterías para motocicletas, puntualmente se pondrá a prueba la hipótesis planteada dentro de la investigación

La hipótesis de estudio para este caso es si las baterías cargadas tienen la misma media de proporción de desperdicio, es decir que según los casos las incidencias en desperdicio de ácido para baterías son iguales para las dos referencias estudiadas por lo cual se establece la siguiente hipótesis nula:

$H_0 = \mu_{\text{Platino}} = \mu_{\text{Moto Carro}}$

$H_1 = \mu_{\text{Platino}} \neq \mu_{\text{Moto Carro}}$

Inicialmente se procede a calcular σ^2 esto teniendo en cuenta que las desviaciones estándar poblacional es desconocida, se procede a hallar con al siguiente formula.

$$\sigma^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Después de hallar el valor de la desviación estándar poblacional procedemos a calcular el valor de t calculada la cual será la unidad de medida de referencia para el valor del análisis en la tabla T-estudien.

$$t = \frac{(x1 - x2) - \delta}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n1} + \frac{\sigma^2}{n2}}}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de las comparaciones realizadas entre las baterías de motocicletas con medias diferentes, pero con numero de muestras <30

| Comparativo T-student por referencias de baterías | | | | | |
|---|--------------|------------|------------|--------------------|----------------------------|
| tipos de baterías Comparadas | T- Calculado | T- teórico | σ^2 | Grados de Libertad | Conclusión de Hipótesis |
| PULSAR 200/DISCOVER | 2,644 | 3,03 | 0,11 | 32 | No se rechaza la hipótesis |
| PULSAR 180/DISCOVER | 2,04 | 3,119 | 0,109 | 22 | No se rechaza la hipótesis |
| PLATINO /DISCOVER | 0,79 | 3,119 | 0,239 | 22 | No se rechaza la hipótesis |
| PULSAR 200/PLATINO | 1,33 | 2,971 | 0,199 | 40 | No se rechaza la hipótesis |
| PULSAR 200/PULSAR 180 | 0,58 | 2,9171 | 0,127 | 40 | No se rechaza la hipótesis |
| PLATINO/MOTOCARRO | -1,3 | 3,197 | 0,276 | 18 | No se rechaza la hipótesis |

Dado que t_c es menor en todas las comparaciones que el estadístico t tabular se acepta la hipótesis nula H_0 .

Concluimos que La diferencia de estas dos medias no es significativa estadísticamente, por tanto no hay evidencia suficiente para concluir que los desperdicios promedios en gramos de ácido de batería de motocicletas son distintos entre las baterías para, por lo tanto se acepta la hipótesis nula para todos los casos

14.5. Comparativo de la aplicación de la herramienta de métodos hombre maquina

| DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE MAQUINA | | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Tema del diagrama | Proceso de llenado de baterías | Diagrama No. | 001 |
| Dibujo num | BA-001 | Parte num | BA-C006 |
| Comienzo del diagrama | Montaje de bidon en maquina llenadora | Diagrama del metodo | Actual |
| Termino del diagrama | Montaje de canastas en conveyors | Diagramado por | Produccion Auteco |
| | | FECHA | 20-11-2019 |
| | | | Hoja 1 de 1 |

| Descripción del elemento | Tiempos (Seg) | |
|---|---------------|---------|
| | Operario | Maquina |
| Parar maquina para, Cambio de bidon y subirlo a la mesa | 90,2 | 0 |
| Tomar baterías y llenarlas con acido | 18,8 | 18,8 |
| Parar maquina para, subir canasta con baterías llenas a conveyors | 7 | 0 |
| Parar maquina para, Reproceso de baterías | 9 | 0 |

| | |
|------------------------------------|-------|
| Tiempo de ciclo Seg | 125 |
| Tiempo de ciclo en Minuto | 2,1 |
| Tiempo ocioso de la maquina | 106,2 |
| Tiempo ocioso de la maquina Minuto | 1,77 |

| Tipo de Motocicleta | Promedio de Baterías Cargadas por día | Perdidas en Min de llenado por tiempos ociosos de la maquina | Perdidas en Hora de llenado por tiempos ociosos de la maquina |
|-----------------------|---------------------------------------|--|---|
| BOXER | 399 | 225,42 | 3,8 |
| MOTOCARRO | 22 | 12,4 | 0,2 |
| PLATINO | 281 | 158,8 | 2,6 |
| PULSAR 150, 180, 200) | 5 | 2,8 | 0,0 |
| DISCOVER | 84 | 47,5 | 0,8 |

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo

| DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE MAQUINA -LLENADORA AUTOMATIZADA | | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Tema del diagrama | Proceso de llenado de baterías | Diagrama No. | 001 |
| Dibujo num | BA-001 | Parte num | BA-C006 |
| Comienzo del diagrama | Montaje de bidon en maquina llenadora | Diagrama del metodo | Propuesto |
| Termino del diagrama | Montaje de canastas en conveyors | Diagramado por | Produccion Auteco |
| | | FECHA | 20-11-2019 |
| | | | Hoja 1 de 1 |

| Descripción del elemento | Tiempos (Seg) | |
|---|---------------|---------|
| | Operario | Maquina |
| Parar maquina para, Cambio de bidon y subirlo a la mesa | 7,8 | 0 |
| Tomar baterías y llenarlas con acido | 4,3 | 4,3 |
| Parar maquina para, subir canasta con baterías llenas a conveyors | 0 | 0 |
| Parar maquina para, Reproceso de baterías | 0 | 0 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| Tiempo de ciclo Seg | 12 |
| Tiempo de ciclo en Minuto | 0,2 |
| Tiempo ocioso de la maquina Minuto | 7,8 |

| Tipo de Motocicleta | Promedio de Baterías Cargadas por día | Perdidas en Min de llenado por tiempos ociosos de la maquina por día | Perdidas en Hora de llenado por tiempos ociosos de la maquina por |
|-----------------------|---------------------------------------|--|---|
| BOXER | 399 | 51 | 0,9 |
| MOTOCARRO | 22 | 2,8 | 0,0 |
| PLATINO | 281 | 36 | 0,6 |
| PULSAR 150, 180, 200) | 5 | 1 | 0,0 |
| DISCOVER | 84 | 11 | 0,2 |

| Actividades | Tiempo observado | | | | | Promedio |
|---|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Muestra 5 | |
| Cambio de bidon y subirlo a la mesa | 7 | 8 | 7 | 6 | 7 | 7,8 |
| Tomar baterías y llenarlas con acido | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 8,6 | 4,3 |
| subir canasta con baterías llenas a conveyors | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reproceso de baterías | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

14.6. Análisis de la situación actual proyectada a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | | TOTAL PROYECCION |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 101.552.940,13 | \$ 106.234.530,67 | \$ 110.916.121,21 | \$ 115.597.711,75 | \$ 120.279.302,29 | \$ 124.960.892,83 | \$ 129.642.483,36 | \$ 134.324.073,90 | \$ 139.005.664,44 | \$ 143.687.254,98 | \$ 148.368.845,52 | \$ 1.374.569.821,08 |
| N Baterias Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 | |
| Desperdicio anual | | 401842 | 530431 | 700170 | 924224 | 1219975 | 1610367 | 2125685 | 2805904 | 3703794 | 4889008 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 2. costos por perdida de acido Bateria Boxer | \$ - | \$ 823.919,16 | \$ 1.135.500,95 | \$ 1.562.125,77 | \$ 2.145.515,17 | \$ 2.942.312,12 | \$ 4.029.358,36 | \$ 5.510.821,43 | \$ 7.527.814,57 | \$ 10.271.375,21 | \$ 13.999.966,45 | \$ 49.948.709,20 |
| N Motos Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | |
| Desperdicio anual | | 74 | 81 | 90 | 98 | 108 | 119 | 131 | 144 | 159 | 174 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 3. costos por perdida de acido Moto Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de motos llenados al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 | |
| Desperdicio anual | | 94862 | 123321 | 160317 | 208412 | 270935 | 352216 | 457881 | 595245 | 773819 | 1005964 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 194.500,95 | \$ 263.994,00 | \$ 357.677,79 | \$ 483.812,39 | \$ 653.436,75 | \$ 881.292,62 | \$ 1.187.052,70 | \$ 1.596.952,48 | \$ 2.145.957,40 | \$ 2.880.639,54 | \$ 10.645.316,62 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 107.252.950,77 | -\$ 112.315.616,15 | -\$ 117.517.515,30 | -\$ 122.908.629,85 | -\$ 128.556.641,70 | -\$ 134.553.134,34 | -\$ 141.021.948,03 | -\$ 148.130.431,50 | -\$ 156.104.587,60 | -\$ 165.249.451,51 | -\$ 1.333.610.906,77 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL INGRESOS | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| FLUJO DE CAJA | \$ - | -\$ 107.252.950,77 | -\$ 112.315.616,15 | -\$ 117.517.515,30 | -\$ 122.908.629,85 | -\$ 128.556.641,70 | -\$ 134.553.134,34 | -\$ 141.021.948,03 | -\$ 148.130.431,50 | -\$ 156.104.587,60 | -\$ 165.249.451,51 | -\$ 1.333.610.906,77 |

VPN -\$ 789.726.596,91

| | |
|--|---|
|  UNIVERSIDAD DEL SINÚ Elías Bechara Zainúm Seccional Cartagena | PROCESO: INVESTIGACIÓN, CIENCIA E INNOVACIÓN |
| | TÍTULO: PRESENTACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN |
| | CÓDIGO: R-INVE-004 |
| | VERSIÓN: 003 |

14.5. Análisis del escenario Muy pesimista proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | 10 2029 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 |
| N Baterias Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 |
| Desperdicio anual | | 361658 | 477388 | 630153 | 831801 | 1097978 | 1449331 | 1913117 | 2525314 | 3333414 | 4400107 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 2. costos por perdida de acido Baterias Boxer | \$ - | \$ 741.527,24 | \$ 1.021.950,85 | \$ 1.405.913,19 | \$ 1.930.963,66 | \$ 2.648.080,91 | \$ 3.626.422,52 | \$ 4.959.739,29 | \$ 6.775.033,12 | \$ 9.244.237,69 | \$ 12.599.969,80 |
| N Baterias Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 |
| Desperdicio anual | | 67 | 73 | 81 | 89 | 98 | 107 | 118 | 130 | 143 | 157 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 3. costos por perdida de acido Baterias Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de Baterias Llenados al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 |
| Desperdicio anual | | 85376 | 110989 | 144285 | 187571 | 243842 | 316995 | 412093 | 535721 | 696437 | 905368 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 175.050,86 | \$ 237.594,60 | \$ 321.910,01 | \$ 435.431,15 | \$ 588.093,08 | \$ 793.163,36 | \$ 1.068.347,43 | \$ 1.437.257,23 | \$ 1.931.361,66 | \$ 2.592.575,59 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 64.657.296,50 | -\$ 67.809.218,18 | -\$ 71.086.450,25 | -\$ 74.533.976,18 | -\$ 78.212.709,68 | -\$ 82.205.075,90 | -\$ 86.622.531,06 | -\$ 91.615.689,02 | -\$ 97.387.952,34 | -\$ 104.213.852,70 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 42.595.654,28 | \$ 44.506.397,98 | \$ 46.431.065,05 | \$ 48.374.653,67 | \$ 50.343.932,02 | \$ 52.348.058,44 | \$ 54.399.416,97 | \$ 56.514.742,48 | \$ 58.716.635,25 | \$ 61.035.598,81 |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| TOTAL INGRESOS | \$ 42.595.654 | \$ 44.506.398 | \$ 46.431.065 | \$ 48.374.654 | \$ 50.343.932 | \$ 52.348.058 | \$ 54.399.417 | \$ 56.514.742 | \$ 58.716.635 | \$ 61.035.599 | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 42.595.654,28 | \$ 44.506.397,98 | \$ 46.431.065,05 | \$ 48.374.653,67 | \$ 50.343.932,02 | \$ 52.348.058,44 | \$ 54.399.416,97 | \$ 56.514.742,48 | \$ 58.716.635,25 | \$ 61.035.598,81 |

| | |
|----------------|-------------------|
| VPN | \$ 168.004.245,68 |
| TIR | 32% |
| PAYBACK | 3,20 |

14.7. Análisis del escenario pesimista proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | TOTAL PROYECCION | |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | | 10 2029 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 | \$ 824.741.892,65 |
| N Baterias Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 | |
| Desperdicio anual | | 301382 | 397824 | 525127 | 693168 | 914982 | 1207776 | 1594264 | 2104428 | 2777845 | 3666756 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 2. costos por perdida de acido Baterias Boxer | \$ - | \$ 617.939,37 | \$ 851.625,71 | \$ 1.171.594,33 | \$ 1.609.136,38 | \$ 2.206.734,09 | \$ 3.022.018,77 | \$ 4.133.116,07 | \$ 5.645.860,93 | \$ 7.703.531,41 | \$ 10.499.974,84 | \$ 37.461.531,90 |
| N Motos Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | |
| Desperdicio anual | | 56 | 61 | 67 | 74 | 81 | 89 | 98 | 108 | 119 | 131 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 3. costos por perdida de acido Baterias Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de Baterias llenadas al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 | |
| Desperdicio anual | | 71147 | 92490 | 120238 | 156309 | 203202 | 264162 | 343411 | 446434 | 580364 | 754473 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 145.875,71 | \$ 197.995,50 | \$ 268.258,34 | \$ 362.859,29 | \$ 490.077,57 | \$ 660.969,46 | \$ 890.289,52 | \$ 1.197.714,36 | \$ 1.609.468,05 | \$ 2.160.479,66 | \$ 7.983.987,47 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 64.504.533,48 | -\$ 67.599.293,93 | -\$ 70.798.479,71 | -\$ 74.139.577,04 | -\$ 77.673.347,35 | -\$ 81.468.478,25 | -\$ 85.617.849,94 | -\$ 90.246.973,96 | -\$ 95.525.352,45 | -\$ 101.681.761,81 | -\$ 809.255.647,94 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 42.748.417,29 | \$ 44.716.322,22 | \$ 46.719.035,59 | \$ 48.769.052,81 | \$ 50.883.294,35 | \$ 53.084.656,09 | \$ 55.404.098,09 | \$ 57.883.457,54 | \$ 60.579.235,15 | \$ 63.567.689,71 | |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| TOTAL INGRESOS | \$ 42.748.417 | \$ 44.716.322 | \$ 46.719.036 | \$ 48.769.053 | \$ 50.883.294 | \$ 53.084.656 | \$ 55.404.098 | \$ 57.883.458 | \$ 60.579.235 | \$ 63.567.690 | | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 42.748.417,29 | \$ 44.716.322,22 | \$ 46.719.035,59 | \$ 48.769.052,81 | \$ 50.883.294,35 | \$ 53.084.656,09 | \$ 55.404.098,09 | \$ 57.883.457,54 | \$ 60.579.235,15 | \$ 63.567.689,71 | -\$ 809.255.647,94 |

| | |
|----------------|-------------------|
| VPN | \$ 172.473.271,22 |
| TIR | 32% |
| PAYBACK | 3,19 |

14.8. Análisis del escenario normal proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | TOTAL PROYECCION | |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | | 10 2029 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 | \$ 824.741.892,65 |
| N Baterías Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 | |
| Desperdicio anual | | 200921 | 265216 | 350085 | 462112 | 609988 | 805184 | 1062843 | 1402952 | 1851897 | 2444504 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 2. costos por perdida de acido Baterías Boxer | \$ - | \$ 411.959,58 | \$ 567.750,47 | \$ 781.062,88 | \$ 1.072.757,59 | \$ 1.471.156,06 | \$ 2.014.679,18 | \$ 2.755.410,72 | \$ 3.763.907,29 | \$ 5.135.687,61 | \$ 6.999.983,22 | \$ 24.974.354,60 |
| N Motos Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | |
| Desperdicio anual | | 37 | 41 | 45 | 49 | 54 | 60 | 66 | 72 | 79 | 87 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 3. costos por perdida de acido Baterías Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de Baterías llenadas al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 | |
| Desperdicio anual | | 47431 | 61660 | 80158 | 104206 | 135468 | 176108 | 228940 | 297623 | 386909 | 502982 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 97.250,48 | \$ 131.997,00 | \$ 178.838,89 | \$ 241.906,20 | \$ 326.718,38 | \$ 440.646,31 | \$ 593.526,35 | \$ 798.476,24 | \$ 1.072.978,70 | \$ 1.440.319,77 | \$ 5.322.658,31 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 64.249.928,45 | -\$ 67.249.420,20 | -\$ 70.318.528,83 | -\$ 73.482.245,15 | -\$ 76.774.410,13 | -\$ 80.240.815,51 | -\$ 83.943.381,41 | -\$ 87.965.782,20 | -\$ 92.421.019,30 | -\$ 97.461.610,31 | -\$ 794.107.141,48 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 43.003.022,32 | \$ 45.066.195,96 | \$ 47.198.986,48 | \$ 49.426.384,70 | \$ 51.782.231,57 | \$ 54.312.318,84 | \$ 57.078.566,63 | \$ 60.164.649,31 | \$ 63.683.568,30 | \$ 67.787.841,20 | |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| TOTAL INGRESOS | \$ 43.003.022 | \$ 45.066.196 | \$ 47.198.986 | \$ 49.426.385 | \$ 51.782.232 | \$ 54.312.319 | \$ 57.078.567 | \$ 60.164.649 | \$ 63.683.568 | \$ 67.787.841 | | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 43.003.022,32 | \$ 45.066.195,96 | \$ 47.198.986,48 | \$ 49.426.384,70 | \$ 51.782.231,57 | \$ 54.312.318,84 | \$ 57.078.566,63 | \$ 60.164.649,31 | \$ 63.683.568,30 | \$ 67.787.841,20 | -\$ 794.107.141,48 |

| | |
|----------------|--------------------------|
| VPN | \$ 179.921.647,12 |
| TIR | 33% |
| PAYBACK | 3,19 |

14.9. Análisis del escenario optimista proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | | TOTAL PROYECCION |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | 10 2029 | |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 | \$ 824.741.892,65 |
| N Baterías Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 | |
| Desperdicio anual | | 100461 | 132608 | 175042 | 231056 | 304994 | 402592 | 531421 | 701476 | 925948 | 1222252 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 2. costos por perdida de acido Baterías Boxer | \$ - | \$ 205.979,79 | \$ 283.875,24 | \$ 390.531,44 | \$ 536.378,79 | \$ 735.578,03 | \$ 1.007.339,59 | \$ 1.377.705,36 | \$ 1.881.953,64 | \$ 2.567.843,80 | \$ 3.499.991,61 | \$ 12.487.177,30 |
| N Motos Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | |
| Desperdicio anual | | 19 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 33 | 36 | 40 | 44 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 3. costos por perdida de acido Baterías Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de Baterías llenados al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 | |
| Desperdicio anual | | 23716 | 30830 | 40079 | 52103 | 67734 | 88054 | 114470 | 148811 | 193455 | 251491 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 48.625,24 | \$ 65.998,50 | \$ 89.419,45 | \$ 120.953,10 | \$ 163.359,19 | \$ 220.323,15 | \$ 296.763,17 | \$ 399.238,12 | \$ 536.489,35 | \$ 720.159,89 | \$ 2.661.329,16 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 63.995.323,43 | -\$ 66.899.546,46 | -\$ 69.838.577,94 | -\$ 72.824.913,26 | -\$ 75.875.472,91 | -\$ 79.013.152,76 | -\$ 82.268.912,87 | -\$ 85.684.590,43 | -\$ 89.316.686,14 | -\$ 93.241.458,81 | -\$ 778.958.635,02 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 43.257.627,35 | \$ 45.416.069,69 | \$ 47.678.937,37 | \$ 50.083.716,59 | \$ 52.681.168,79 | \$ 55.539.981,58 | \$ 58.753.035,16 | \$ 62.445.841,07 | \$ 66.787.901,45 | \$ 72.007.992,70 | |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| TOTAL INGRESOS | | \$ 43.257.627 | \$ 45.416.070 | \$ 47.678.937 | \$ 50.083.717 | \$ 52.681.169 | \$ 55.539.982 | \$ 58.753.035 | \$ 62.445.841 | \$ 66.787.901 | \$ 72.007.993 | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 43.257.627,35 | \$ 45.416.069,69 | \$ 47.678.937,37 | \$ 50.083.716,59 | \$ 52.681.168,79 | \$ 55.539.981,58 | \$ 58.753.035,16 | \$ 62.445.841,07 | \$ 66.787.901,45 | \$ 72.007.992,70 | -\$ 778.958.635,02 |

| | |
|----------------|-------------------|
| VPN | \$ 187.370.023,02 |
| TIR | 33% |
| PAYBACK | 3,18 |

14.10. Análisis del escenario Muy optimista proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | 10 2029 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 |
| N Baterías Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 |
| Desperdicio anual | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 2. costos por perdida de acido Baterias Boxer | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N Baterias Pulsar Llenadas al año | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 |
| Desperdicio anual | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 3. costos por perdida de acido Baterias Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de Baterias Llenados al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 |
| Desperdicio anual | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 60.931.764,08 | -\$ 63.740.718,40 | -\$ 66.549.672,72 | -\$ 69.358.627,05 | -\$ 72.167.581,37 | -\$ 74.976.535,70 | -\$ 77.785.490,02 | -\$ 80.594.444,34 | -\$ 83.403.398,67 | -\$ 86.212.352,99 | -\$ 89.021.307,31 |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 43.512.232,37 | \$ 45.765.943,43 | \$ 48.158.888,25 | \$ 50.741.048,48 | \$ 53.580.106,00 | \$ 56.767.644,33 | \$ 60.427.503,69 | \$ 64.727.032,84 | \$ 69.892.234,61 | \$ 76.228.144,20 |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| TOTAL INGRESOS | \$ 43.512.232,37 | \$ 45.765.943,43 | \$ 48.158.888,25 | \$ 50.741.048,48 | \$ 53.580.106,00 | \$ 56.767.644,33 | \$ 60.427.503,69 | \$ 64.727.032,84 | \$ 69.892.234,61 | \$ 76.228.144,20 | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 43.512.232,37 | \$ 45.765.943,43 | \$ 48.158.888,25 | \$ 50.741.048,48 | \$ 53.580.106,00 | \$ 56.767.644,33 | \$ 60.427.503,69 | \$ 64.727.032,84 | \$ 69.892.234,61 | \$ 76.228.144,20 |

| | |
|----------------|--------------------------|
| VPN | \$ 194.818.398,92 |
| TIR | 34% |
| PAYBACK | 3,17 |

14.11. Análisis de la sensibilidad proyectado a 10 años

| PERIODOS | FLUJO POR AÑO | | | | | | | | | | TOTAL PROYECCION | |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0 2019 | 1 2020 | 2 2021 | 3 2022 | 4 2023 | 5 2024 | 6 2025 | 7 2026 | 8 2027 | 9 2028 | | 10 2029 |
| EGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| 1. Costos de produccion | \$ 60.931.764,08 | \$ 63.740.718,40 | \$ 66.549.672,72 | \$ 69.358.627,05 | \$ 72.167.581,37 | \$ 74.976.535,70 | \$ 77.785.490,02 | \$ 80.594.444,34 | \$ 83.403.398,67 | \$ 86.212.352,99 | \$ 89.021.307,31 | \$ 824.741.892,65 |
| N Baterías Boxer Llenadas al año | | 57406 | 75776 | 100024 | 132032 | 174282 | 230052 | 303669 | 400843 | 529113 | 698430 | |
| Desperdicio anual | | 200921 | 265216 | 350085 | 462112 | 609988 | 805184 | 1062843 | 1402952 | 1851897 | 2444504 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 2. costos por perdida de acido Moto Boxer | \$ - | \$ 411.959,58 | \$ 567.750,47 | \$ 781.062,88 | \$ 1.072.757,59 | \$ 1.471.156,06 | \$ 2.014.679,18 | \$ 2.755.410,72 | \$ 3.763.907,29 | \$ 5.135.687,61 | \$ 6.999.983,22 | \$ 24.974.354,60 |
| N Baterías Pulsar Llenadas | | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | |
| Desperdicio anual | | 37 | 41 | 45 | 49 | 54 | 60 | 66 | 72 | 79 | 87 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 3. costos por perdida de acido Moto Pulsar 150 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| N resto de motos llenados al año | | 13286 | 17272 | 22453 | 29189 | 37946 | 49330 | 64129 | 83368 | 108378 | 140891 | |
| Desperdicio anual | | 47431 | 61660 | 80158 | 104206 | 135468 | 176108 | 228940 | 297623 | 386909 | 502982 | |
| Precio del gr de Acido | \$ 1,96 | \$ 2,05 | \$ 2,14 | \$ 2,23 | \$ 2,32 | \$ 2,41 | \$ 2,50 | \$ 2,59 | \$ 2,68 | \$ 2,77 | \$ 2,86 | |
| 4. costos por perdida de acido resto de Motos | \$ - | \$ 97.250,48 | \$ 131.997,00 | \$ 178.838,89 | \$ 241.906,20 | \$ 326.718,38 | \$ 440.646,31 | \$ 593.526,35 | \$ 798.476,24 | \$ 1.072.978,70 | \$ 1.440.319,77 | \$ 5.322.658,31 |
| TOTAL EGRESOS | -\$ 64.249.928,45 | -\$ 67.249.420,20 | -\$ 70.318.528,83 | -\$ 73.482.245,15 | -\$ 76.774.410,13 | -\$ 80.240.815,51 | -\$ 83.943.381,41 | -\$ 87.965.782,20 | -\$ 92.421.019,30 | -\$ 97.461.610,31 | -\$ 794.107.141,48 | |
| INGRESOS | | | | | | | | | | | | |
| Inversión | -\$ 138.948.342,00 | | | | | | | | | | | |
| Ahorro | | \$ 43.003.022,32 | \$ 45.066.195,96 | \$ 47.198.986,48 | \$ 49.426.384,70 | \$ 51.782.231,57 | \$ 54.312.318,84 | \$ 57.078.566,63 | \$ 60.164.649,31 | \$ 63.683.568,30 | \$ 67.787.841,20 | |
| | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| TOTAL INGRESOS | \$ 43.003.022 | \$ 45.066.196 | \$ 47.198.986 | \$ 49.426.385 | \$ 51.782.232 | \$ 54.312.319 | \$ 57.078.567 | \$ 60.164.649 | \$ 63.683.568 | \$ 67.787.841 | | |
| FLUJO DE CAJA | -\$ 138.948.342,00 | \$ 43.003.022,32 | \$ 45.066.195,96 | \$ 47.198.986,48 | \$ 49.426.384,70 | \$ 51.782.231,57 | \$ 54.312.318,84 | \$ 57.078.566,63 | \$ 60.164.649,31 | \$ 63.683.568,30 | \$ 67.787.841,20 | -\$ 794.107.141,48 |

| | |
|------------|--------------------------|
| VPN | \$ 179.921.647,12 |
| TIR | 33% |

15. BIBLIOGRAFÍA

- Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Andres, A. T. (2010). *Kaizen: Un Caso De Estudio. Kaizen: Un Caso De Estudio*. Universidad Tecnológica de Pereira Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- ARGOTI, D. A. (2017). *PROYECTO DE DISMINUCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO*. Bogotá.
- Arreche Cano, A. &. (2012). *Estructura de capital eficiente para el sector ensamblador de motocicletas japonesas (Doctoral dissertation, Universidad EIA)*.
- Barrera, R. V. (2008). *Estadística II*. Bogotá: Escuela Superior de Administración Pública.
- Carlos, R. (2008). *Automatización Industrial: Áreas De Aplicación Para Ingeniería*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Criollo, R. G. (1998). *estudio del trabajo: medicion del trabajo*. Mexico: Editorial McGraw-Hill.
- Emmanuel, P. S. (2009). *Automatizacion de una maquina industrial cerradora de tapas*. Mexico .
- Ernesto, C. N. (2006). *Manufactura y automatizacion. Manufactura y automatizacion*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Jose, V. C. (2004). *Proyectos de Automatizacion. Como justificar proyectos de automatizacion*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima peru.
- Manotoa, O. X. (2017). *Evaluación financiera y análisis de riesgos de un proyecto de inversión para la elaboración de chocolate artesanal orgánico en el Ecuador*. quito: Universidad Andina Simón Bolívar .
- Matias, S. (2009). *Diagrama de Pareto*. Ealde Business School, Chia Colombia.
- Romero Bermúdez , E., & Díaz Camacho, J. (2010). *Uso del diagrama causa efecto en el analisis de datos*. Centro de Estudios Educativos, A.C., Distrito federal mexico.