



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de frenos antibloqueo (ABS) para mejorar la eficiencia de frenado en la moto lineal bajad 200 NS versión 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Fiestas de los Santos, José Antonio (ORCID: 0000-0001-5200-700X)

ASESOR:

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis primeramente a Dios por guiarme en cada paso que doy, por iluminar mi mente, fortalecer mi corazón y por haber puesto en mi camino a las personas indicadas que han sido mi guía durante todo el periodo de estudios.

A mis Padres, en especial a mi madre MARIA, que a pesar de las dificultades siempre estuvo presente en mi desarrollo profesional y que con su amor, paciencia y humildad me enseñó la perseverancia en el diario trajinar de la vida.

A mi hijo Antonio, que es mi fortaleza, mi gran orgullo y mi motivación que me impulsa a superarme cada día y seguir adelante.

José Antonio Fiestas de los Santos

Agradecimiento

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo, a sus catedráticos y personal administrativo por apoyarme y guiarme en el ámbito académico, logrando gracias a ellos mis objetivos y deseos de desarrollo personal y profesional se hicieran realidad.

José Antonio Fiestas de los Santos

Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	14
3.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL	14
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.	16
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.	17
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	18
3.5 ASPECTOS ÉTICOS.	18
3.6 CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO DE FRENOS.....	18
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
Referencias.....	54
Anexos.....	55

Índice de tablas

Tabla 1: Descripción conceptual y operacional.	15
Tabla 2: Tabla de técnicas e instrumentos.	17
Tabla 3: Resultados de mediciones de frenado sin ABS.	21
Tabla 4: Eficiencias del frenado en % sin ABS.	23
Tabla 5: Distancia de frenado en metros sin ABS.	24
Tabla 6: Parámetros de periodo de honda de frenado en km/h.	31
Tabla 7: Elementos del líquido de frenos.	35
Tabla 8: Resultados de mediciones de frenado con sistema ABS.	41
Tabla 9: Eficiencia del frenado con sistema ABS.	42
Tabla 10: Distancia de frenado en metros con sistema ABS.	44
Tabla 11: Eficiencia de frenado con sistema ABS.	45
Tabla 12: Pruebas del frenado a 80, 90, 100, km/h con sistema ABS.	46
Tabla 13: Calculo del VAN.	49
Tabla 14: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).	50

Índice de figuras

Figura 1. Freno Hidráulico.....	6
Figura 2. Elementos del freno hidráulico.	6
Figura 3. Esquema de frenos en Motos.....	10
Figura 4. Esquema del sistema ABS de una moto.	11
Figura 5. Circuito Hidráulico.	11
Figura 6. Frenos de disco delantero y posterior.	20
Figura 7. Rueda delantera sin ABS.	21
Figura 8. Mediciones del peso y fuerza de frenado del eje del y post.....	22
Figura 9. Eficiencia de frenado eje delantero y posterior y eficiencia de frenado total.....	24
Figura 10. Distancia de frenado.	25
Figura 11. Componentes del sistema de frenos ABS.	25
Figura 12. Componentes del sistema frenos ABS.....	27
Figura 13. Sistema de frenos ABS.	28
Figura 14. Presión estable del sistema de frenos.....	28
Figura 15. Disminución de la presión del líquido de frenos.....	29
Figura 16. Parámetros del sensor de velocidad.	29
Figura 17. Parámetros del rotor del ABS.....	30
Figura 18. Elementos mecánicos del sistema de frenos.....	32
Figura 19. Electroválvulas.	33
Figura 20. Datos técnicos de la electroválvula.	33
Figura 21. Señales analógicas, sistema electrónico.	39
Figura 22. Elementos actuadores.....	40
Figura 23. Mediciones del peso y fuerza de frenado con ABS.	41
Figura 24. Eficiencia de frenado eje delantero y posterior y eficiencia de frenado total.....	43
Figura 25. Mediciones del frenado con ABS.	44
Figura 26. Incremento de eficiencia de frenado rueda del, al utilizar frenos ABS.	45
Figura 27. Comparación de distancia de frenado con y sin	47

Resumen

La presente tesis denominada: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE FRENOS ANTIBLOQUEO (ABS) PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE FRENADO EN LA MOTO LINEAL BAJAD 200ns VERSIÓN 2017”, está enmarcado en la línea de investigación de modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos, en el cual mediante el diseño y la selección de los dispositivos de frenado ABS, se implementan en la moto Lineal Bajad 200ns, para luego realizar las mediciones de la mejora de la eficiencia de frenado, así como también de la distancia de frenado.

En el primer objetivo del trabajo de investigación se realiza el diagnóstico actual del funcionamiento del sistema de frenos ABS, determinando mediante protocolos establecidos, la eficiencia de frenado y la distancia de frenado. La eficiencia de frenado se realizó en las dos ruedas de la moto, para lo cual se hizo las mediciones de fuerza de frenado y peso del eje. La distancia de frenado se realizó en una pista de pruebas, en dónde se estableció una velocidad inicial de frenado, midiendo la distancia de frenado hasta que la moto lineal se detenga.

Luego, se determinó los parámetros de funcionamiento del sistema de frenos ABS, verificando la adaptabilidad del sistema de frenos; se hizo el dimensionamiento de cada dispositivo del sistema de frenos ABS, tanto hidráulico, mecánico y eléctrico; para luego de la implementación realizar las mediciones de la eficiencia y de la distancia de frenado, estableciendo la mejora de ambos indicadores.

Finalmente, se hizo la evaluación económica del proyecto, utilizando indicadores tales como valor actual neto, tasa interna de retorno, relación beneficio / costo.

Palabras Claves: Frenos Hidráulicos ABS, Eficiencia de frenado, distancia de frenado

Abstract

The present thesis denominated: "DESIGN OF AN ANTI-BLOCK BRAKE SYSTEM (ABS) TO IMPROVE THE BRAKING EFFICIENCY IN THE BAJAD LINEAR MOTORCYCLE 200ns VERSION 2017", is framed in the research line of modeling and simulation of electromechanical systems, in which by means of the design and selection of the ABS braking devices, they are implemented in the Bajad 200ns Linear motorcycle, to then make the measurements of the improvement of the braking efficiency, as well as the braking distance.

In the first objective of the research work, the current diagnosis of the functioning of the ABS braking system is carried out, determining the braking efficiency and the braking distance using established protocols. The braking efficiency was carried out on the two wheels of the motorcycle, for which measurements of braking force and axle weight were made. The braking distance was performed on a test track, where an initial braking speed was established, measuring the braking distance until the linear motorcycle stops.

Then, the operating parameters of the ABS system were determined, verifying the adaptability of the braking system; the sizing of each device of the ABS braking system was made, both hydraulic, mechanical and electrical; After the implementation, perform the measurements of the efficiency and braking distance, establishing the improvement of both indicators.

Finally, the economic evaluation of the project was made, using indicators such as net present value, internal rate of return, benefit / cost ratio.

Keywords: ABS Hydraulic Brakes, Braking Efficiency, Braking Distance.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

A Nivel Internacional

“A nivel internacional entre los accidentes más frecuentes en las vías son en las curvas debido al exceso de velocidad, generando una caída por falta de agarre en la vía, en los países en donde tienen geografías accidentadas, tales como en el territorio colombiano, como en otros países de América Latina” (Font, 2014, p.3).

Las causas de los accidentes que han ocurrido en Ecuador, en motos lineales, se deben a diferentes factores, entre los cuales se tiene la imprudencia del conductor, la imprudencia del peatón, pero también en las fallas en los sistemas electromecánicos de la moto, siendo entre ellas el sistema de frenos. Los fallos en el sistema de frenos es el responsable del 35% de accidentes por falla mecánica, debido fundamentalmente a la mala regulación, falta de mantenimiento, adaptaciones inapropiadas, así como también al desequilibrio en el frenado. (Font, 2014, p.3).

En Colombia, el 23% de los accidentes de tránsito, son causados por las motos lineales; el 50% se dan por fallas en los sistemas de la moto, tales como fallas en la dirección y en el sistema de frenos.

En Europa los vehículos desde el año 2003 tienen que contar con el sistema ABS obligatorio, por consecuente el parlamento europeo obliga a las motos lineales entre 51 a 125 cm^3 el sistema de frenada combinada (CBS). (Sánchez, 2014, p.4) Según Alemania realizó una publicación por el club automovilístico ADAC, nos indicó que el 21% de las colisiones son por no contar con el sistema ABS. (Díaz, 2015, p.7).

En Europa, a partir del mes de enero de 2016, el ABS en las motos es obligatorio, siempre que tengan una cilindrada igual o superior a 125 c.c. Con este sistema se pueden evitar casi el 38% de los accidentes con lesiones físicas y el 48% de los que terminan con heridos graves o muertes.

A nivel Nacional

“A nivel nacional (Perú) las revisiones técnicas vehiculares no tienen en su estatuto la exigencia del uso de sistemas de frenos antibloqueo, solamente que exista eficiencia y equilibrio en los frenos” (MTC, 2015, p.4).

En nuestro país (Perú), existe la informalidad en el transporte, y los vehículos livianos no escapan de esta realidad. En los talleres de fabricación de moto taxis de motos lineales, motos para carga, motos furgones; los cuales circulan sin tener el certificado de fabricación nacional (VIN). Los sistemas de estas unidades están equipados con dispositivos fabricados en talleres de la ciudad, pero gran parte de los repuestos son reciclados de motos ya utilizadas. Los sistemas de frenos de estas unidades no cumplen con la normativa, no han sido regulados, nunca han sido evaluados en las revisiones técnicas, los cuales presentan un alto riesgo en el transporte dentro de las ciudades. (MTC, 2015, p.4).

El estudio de los vehículos menores automotrices de diferentes cilindradas, los convencionales están equipados con pastillas y zapatas y en las motos actuales cuentan con un sistema de frenos antibloqueo que por lo general son las modernas; los sistemas de frenos de disco y zapatas, el cual tienen que tener un mantenimiento oportuno para la eficiencia de su frenado, en el reglamento de revisiones técnicas es del 30% de desequilibrio. (Bravo, 2017, p.23).

Las motos lineales se encuentran en un registro de mayor tasa de colisiones en el país debido a que muy fácilmente alcanzan los 80 km/h informó la positiva seguros y reaseguros. Los factores que logran agravar los accidentes son el exceso de pasajeros y no realizar un mantenimiento preventivo a las motos. (Gestion.pe, 2015).

A Nivel Local

En la ciudad de Chiclayo, el 15% de las motos lineales que circulan por la ciudad, tienen el sistema de frenos ABS, y normalmente son aquellas con placa de matrícula a partir del año 2014". (MTC, 2015, p.12)

Desde los inicios del 2000, en la ciudad de Chiclayo, se incrementó el número de motos lineales importadas, así como también las que se ensamblan dentro de la ciudad, los cuales utilizan sistemas de frenos adaptadas o fabricadas sin un control de calidad, ni mucho menos las mediciones a los valores de frenado, siendo uno de los factores que incide en los accidentes de tránsito que ocurren constantemente en la ciudad.

En vías rápidas, a pesar de estar prohibido su circulación, las motos lineales circulan con velocidades mayores a 90 Km/hora, siendo muy difíciles que el sistema

de frenos convencionales sea eficiente, las motos con sistema de frenos ABS, son las que pueden superar esta dificultad, y han evitado los accidentes de tránsito y por ende han permitido salvar muchas vidas.

Trabajos Previos

“Implementación de un sistema de frenado ABS en una motocicleta Honda Invicta CBF 150M, presentado a la Universidad de AZUAY, Cuenca, Ecuador, menciona en sus conclusiones:

- La investigación adjuntada para el estudio teórico fundamenta los principios de funcionamiento de un sistema de frenado en una motocicleta, así como de la seguridad activa que brinda el sistema de antibloqueo, permitió la actualización y apertura a conocimientos en torno al tema tratado en la realización del presente proyecto.
- Un estudio de los elementos del sistema antibloqueo, generó la capacidad de interactuar conocimientos técnicos y mecánicos que permitieron agilizar y realizar los objetivos planteados en el desarrollo del tema”, (Barros Barzallo, & Velez Tobar,, 2016, pág. 12).

“Implementación de un sistema ABS en el simulador de frenos por disco-tambor del taller de ingeniería automotriz”, presentado a la universidad tecnológica equinoccial, menciona en su resumen:

Este proyecto tiene por finalidad, analizar la implementación del ANTILOCK BRAKING SYSTEM, al banco de frenos por disco-tambor que tiene el taller de ingeniería automotriz de la universidad, con la finalidad de conocer los equipos y su labor del sistema de seguridad activa muy habitual en los carruajes que se comercializan hoy en día, para que además se pueda diferenciar la frenada de un vehículo que posee ANTILOCK BRAKING y distinto, tomando como referencia las coacciones y el trayecto de frenado en los discos de freno los cuales son sometidos. Para lo cual, la universidad adquirió elementos electrónicos, que forman parte del sistema ABS,

los actuadores, la unidad de control y los sensores. Los sensores de rpm, captan el número de vueltas en cada una de las ruedas de la unidad vehicular; Mecanismos como: Discos de freno que están puestos en marcha por un motor de combustión

interna con la ayuda de elementos de transmisión de potencia principalmente ruedas dentadas y cadenas”, (Melendez Viscarra,, 2017, pág. 15).

“Estudio de efectividad del sistema ABS en motocicletas L3 de hasta 400cc a 2800msnm”, presentado a la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, de la UIDE, menciona en su resumen:

Esta investigación nos encamina en la eficacia y precisión del sistema ABS en motos de hasta 400 CC. Al ser vehículos de dos ruedas que cuentan con una limitada superficie de contacto hacia la carretera, el nivel de dificultad para ejecutar una maniobra de emergencia es superior, y el riesgo de perder el control en la etapa de frenado aumenta. Por esto se propuso poner a prueba dos ejemplares de características similares para demostrar su desempeño, una de ellas contando con un sistema convencional de frenos y la otra asistida por ABS”, (Romero Eguiguren, & Vazquez Valencia,, 2016, pág. 18).

“Diseño e implementación de un sistema de frenos ABS para motos, presentado a la escuela politécnica del ejército en Ecuador, el cual presenta en sus conclusiones:

El sistema de frenos es un sistema fundamental, en consecuencia, a las colisiones presentadas se ha implementado el sistema de frenos ABS para la seguridad activa en motocicletas de la actualidad con tecnología de punta y a un costo asequible para el mercado automotriz y así realizar la seguridad en la conducción de este tipo de vehículos motorizados”, (Mora Intriago, & Gramal Chimarro,, 2013, pág. 9).

“Diseño y construcción de un módulo de control ABS para el banco de frenos neumáticos, del Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE Extensión Latacunga, el cual presenta en sus conclusiones:

El presente propósito de este sistema tiene como objetivo de diseñar y construir un módulo ABS para frenos neumáticos, para ello se describirá las conexiones que permitan el montaje y desmontaje de todos sus dispositivos para su publicación propia. En cual está compuesto por válvulas moduladoras ABS, y su control es el módulo”, (Arellano Rodriguez, & Noriega Brito, 2013, pág. 9).

II. MARCO TEÓRICO

Los frenos son el sistema de seguridad más importante en nuestros vehículos. Normalmente los propietarios o conductores no le prestan la debida atención al sistema de frenos y muchos de ellos esperan que tengan alguna anomalía para revisarlos o llevarlos a un taller. Recordar siempre que la potencia del frenado tiene que ser mayor a la potencia del motor.

Tipos de Frenos

Frenos neumáticos: Los frenos neumáticos son frenos de aire, trabajan con aire comprimido. Y es el freno más utilizado en los camiones porque son de alta potencia y rendimiento, como lo son los camiones, y maquinaria pesada.

Frenos mecánicos: Este sistema de frenos son accionados por la aplicación de una fuerza que es entregada mecánicamente por palancas, cables, u otros mecanismos. Se pueden reparar fácilmente. Se usan en bicicletas y frenos de mano mecánicos en vehículos.

Freno de estacionamiento: Entre los tipos de frenos de estacionamiento tenemos los de; tipo palanca que van ubicados en la parte delantera en medio de los vehículos, tipo pedal que van ubicados en la parte inferior izquierdo delantero del vehículo.

Frenos eléctricos: Son los frenos que usan un botón para activar y desactivar los frenos de estacionamiento.

Frenos hidráulicos: “Los sistemas hidráulicos tienen la función de multiplicar la fuerza, es decir mediante la acción de un líquido incompresible en el interior de un circuito hidráulico, para lo cual es necesario un mecanismo que incremente la presión al fluido, un mecanismo que lo controle, un mecanismo que distribuya la presión y un mecanismo que sea accionado por la presión del líquido.”, (Torres, 2015, p.4).

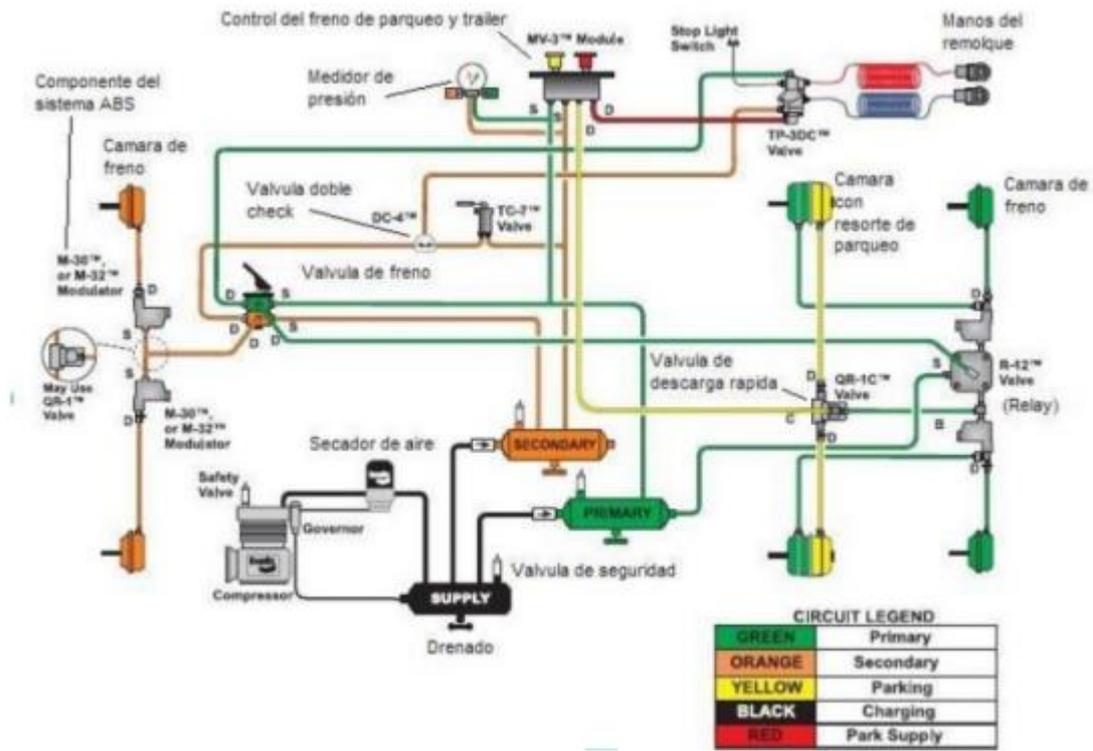


Figura 1. Freno Hidráulico.

Este sistema hidráulico está basado en la ley de Pascal. Nos permite desplegar una fuerza con el pie en el pedal, creando así una presión en el interior del fluido permitiendo que se realice el frenado.



Figura 2. Elementos del freno hidráulico.

Eficiencia de Frenado

- El frenado de servicio interviene cuando el vehículo está en movimiento, y lo detiene de una forma segura y eficaz. El freno ABS actúa con mayor

efectividad en zonas de asfaltado y deslizantes. como son pavimentos mojados o con hielo.

- El chofer tiene que lograr frenar desde el asiento del conductor, sin apartar las manos del volante.
- El punto de conexión en el momento del frenado, deberá actuar sobre todas las ruedas del vehículo.

Rendimiento de Frenado

- El conductor puede en todo momento subir o bajar la intensidad de frenado procediendo sobre el mando.
- La potencia del frenado actúa en el mismo sentido que la acción sobre el mando.
- Es viable efectuar fácilmente una regulación precisa de la potencia de frenado.

Sean F_d y F_i los valores máximos de las fuerzas de frenado de las ruedas derecha e izquierda de un eje, siendo F_d la mayor de ambas en un momento dado. El desequilibrio D , en dicho momento, vendrá expresado por la siguiente fórmula:

$$D = \frac{100 * (F_d - F_i)}{F_d}$$

La máxima frenada se desarrolla la mayor inestabilidad en las motos lineales.

La inestabilidad solo se mide en ambas fuerzas F_d o F_i , superior o igual a 600 N en vehículos livianos y 2400 N en vehículos pesados.

En conclusión, definimos la fluctuación de las fuerzas de frenado de un disco o tambor, siendo F_{max} y F_{min} las fuerzas de frenado máx. y min, siendo la fuerza de mando una constante.

$$d = \frac{100 * (F_{max} - F_{min})}{F_{max}}$$

Solo mediremos la fluctuación de fuerzas de frenada en el caso de que F_{max} sea igual o superior a 600 N en vehículos ligeros o 2.400 N en vehículos pesados.

Eficacia

La eficacia es la capacidad de realizar un efecto deseado, como la relación de las fuerzas de frenado respecto a la masa máxima autorizada (M.M.A.) o, si se trata de semirremolques, a la suma de las cargas por eje autorizadas.

Se determina con la expresión:

$$E = \frac{F}{M.M.A * g} * 100$$

Dónde:

E = El valor de la eficacia es en %.

F = Es la suma de todas las fuerzas de frenado en Newton (Suma de las lecturas del frenómetro para todas las ruedas en Newton).

$M.M.A$ = Es la masa máxima autorizada del vehículo en kg.

g = Aceleración de la gravedad.

Se calcula como:

$$z_{Mlad} = \frac{\sum F_i}{F_{Mmax}} ; \text{para vehiculos a motor}$$

Dónde:

z_{Mlad} = Eficiencia del frenado del vehículo con carga máxima.

z_{Rlad} = Eficiencia del frenado.

F_i = Potencia de frenado en la órbita del neumático sobre el eje i (N).

$F_{M.max}$ = Respuesta estática máxima del vehículo (N).

$F_{R.max}$ = Respuesta estática máxima.

Distancia de Frenado

La distancia de frenado se evalúa utilizando las ecuaciones del movimiento rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV).

Aceleración – Velocidad Inicial – Velocidad de Parada

La relación se expresa:

$$Vf = Vo + a.t$$

Dónde:

Vf = Velocidad final, que es cero.

V_o = Velocidad inicial en el cual se aplica los frenos.

a = Aceleración, en m/s^2

t = Tiempo de frenado, en segundos.

El valor de la aceleración es negativo, por lo tanto, se considera una desaceleración,

Distancia de Frenado – Velocidad Inicial – Velocidad Final

La relación expresa:

$$d = \left(\frac{V_o + V_f}{2} \right) \cdot t$$

d = Distancia de frenado, desde el instante en que el conductor aplica los frenos.

Distancia de Frenado – Velocidad Inicial – Aceleración.

La relación se expresa:

$$d = V_o \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

La relación expresa la distancia de frenado, teniendo en cuenta que el valor de la aceleración será negativo.

Velocidad Final – Velocidad Inicial – Aceleración – Distancia de Frenado

La relación se expresa:

$$V_f^2 = V_o^2 + 2 \cdot a \cdot d.$$

La velocidad final es cero, cuando la moto está detenida.

Distancia en el n ésimo segundo – Velocidad Inicial – Aceleración.

La relación expresa:

$$dx = V_o + \frac{a(2n - 1)}{2}$$

Es la distancia recorrida en el tiempo n al momento de realizar el frenado de la moto.

Frenos ABS en Motos.

En los últimos años, el equipamiento de las motos con sistemas ABS, no se ha dado rápidamente, sino que el crecimiento del equipamiento se ha dado lentamente, si es comparado con lo que sucede en las unidades vehiculares livianas. En el año 1988, apareció el sistema de frenos denominado BMW K.-100, siendo HONDA relativamente en el año 2004, que incluyó el sistema de frenos ABS en las motocicletas, (pasion, 2017).



Figura 3. Esquema de frenos en Motos

Para obtener el frenado óptimo, las ruedas tienen que frenar individualmente, y así evitar los accidentes como lo señaló Alemania en un 21%, (pasion, 2017).

Los elementos del ABS y su funcionamiento.

Los sistemas ABS tienen un control de velocidad en cada rueda, el módulo que es el gobernador, y las válvulas encargadas de liberar la presión. (Ruiz, 2017, p.3)

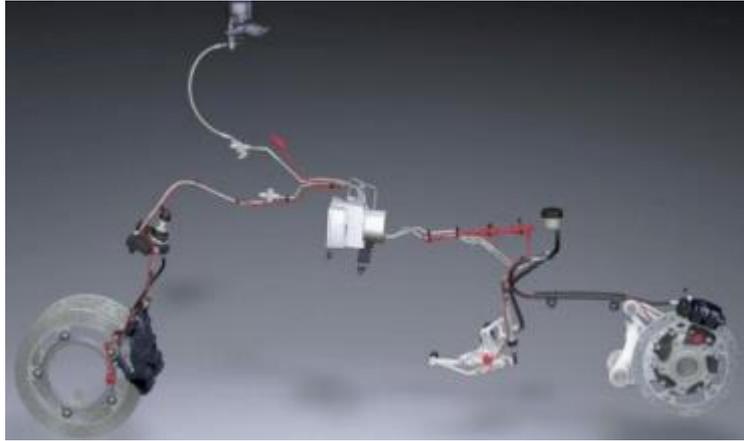


Figura 4. Esquema del sistema ABS de una moto.

Circuito Hidráulico.

El circuito hidráulico esta expuesto a altas presiones es por ello que desarrollan fuerzas más intensas, asimismo el líquido de frenos es un fluido expuesto a altas temperaturas para desarrollar una mayor potencia. Son circuitos más silenciosos. La velocidad del vástago que se obtiene es menor que en circuitos neumáticos. (Rojas, 2015, p.4).

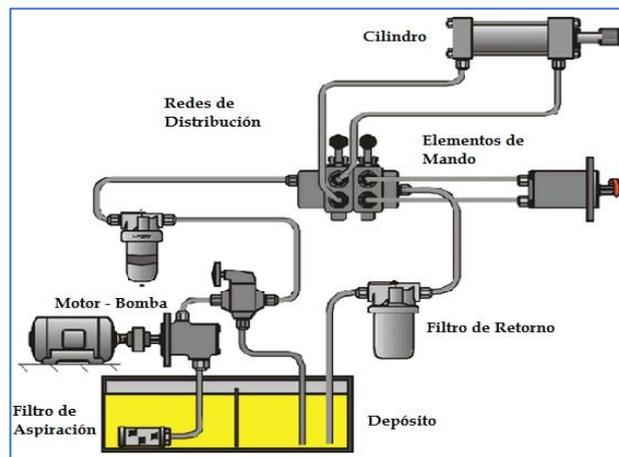


Figura 5. Circuito Hidráulico.

Formulación del Problema.

¿Cómo diseñar un sistema de frenos antibloqueo (ABS) que Permita Mejorar La Eficiencia De Frenado En La Moto Lineal Bajad 200ns Versión 2017?

Justificación de Estudio

Justificación Técnica

Se justifica técnicamente el presente proyecto de investigación porque los sistemas de frenos existentes en las motos que son los convencionales, pueden adicionarse el control electrónico de la presión del fluido, para incrementar la eficiencia del frenado, así como también la distancia del frenado será menor. La modulación de la presión del sistema de frenos hidráulicos convencionales instalados en una moto, logran la maniobrabilidad de la unidad estando frenado, lo cual hace que, al frenar en una curva, el conductor manibre la moto, evitando un posible accidente.

Justificación Económica

Económicamente se justifica, porque a pesar que se requiere de un costo de instalación del sistema ABS, los costos de mantenimiento del sistema de frenos ABS, son menores comparados con los convencionales; así mismo la instalación de este sistema a las motos, incrementa el costo de la moto, en una posible venta de la unidad.

Justificación Social.

Los sistemas de frenos ABS, disminuyen los riesgos de accidentes de tránsito, por lo cual el funcionamiento de la moto con este sistema, beneficia a la sociedad, debido a la mayor seguridad en el transporte de pasajeros en las vías públicas. Los accidentes por fallas mecánicas, son de alta incidencia.

Justificación Ambiental

La justificación ambiental aplicada en el sistema de frenos ABS es reducir la energía mecánica siendo absorbida por el sistema de frenos. Disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono entre otros gases que afectan el medio ambiente.

Hipótesis.

Si se diseña un sistema de frenos antibloqueo (ABS) se mejora la eficiencia de frenado en la moto lineal bajad 200ns versión 2017”

Objetivos.

General

Realizar un diseño de un sistema de frenos antibloqueo (ABS) para mejorar la eficiencia de frenado en la moto lineal bajad 200ns versión 2017

Específicos

- Diagnosticar el estado actual del funcionamiento del sistema de frenos en cuanto a eficiencia y distancia de frenado.
- Dimensionar los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos del sistema de frenos antibloqueo, para la implementación en la moto lineal Bajaj.
- Realizar las pruebas de eficiencia de frenado y de distancia de frenado, en la moto lineal Bajaj con el sistema de frenos ABS instalados.
- Evaluar económicamente el proyecto propuesto mediante indicadores tales como el VAN y TIR.

III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de investigación

No Experimental

Es no experimental por el motivo que en esta investigación es imposible manipular las variables, sino que se observan situaciones ya existentes.

3.2 Definición operacional

Variable Independiente

Diseño de un sistema de frenos antibloqueo (ABS).

Variable Dependiente

Eficiencia de frenado en la moto lineal bajad 200ns versión 2017.

Tabla 1: Descripción conceptual y operacional.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA MEDICIÓN	DE INSTRUMENTOS
Variable independiente, diseño de un sistema de frenos antibloqueo (ABS)	Es el conjunto de dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos que realizan la función de modelar la presión del líquido del sistema de frenos hidráulico de la moto	Su medición es con los parámetros de cada dispositivo, para lo cual con las leyes científicas referidas a la presión hidrostática y al control electrónico.	Presión. Fuerza. Tensión eléctrica. Intensidad de corriente eléctrica.	Pascal. Newton. Voltios. Amperios.	
Variable dependiente de eficiencia de frenado en la moto lineal bajad 200 NS versión 2017.	Es la respuesta del frenado entre la rueda delantera y posterior, lo que hace que la moto no derrape al momento de aplicar los frenos.	Se mide en función al tiempo de respuesta y el antibloqueo de las ruedas, es decir al deslizamiento de rueda con respecto al disco de frenos.	Tiempo de respuesta. Diferencia de giro de las ruedas.	Milisegundos, grados sexagesimales.	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Población y muestra.

Población

La localidad está constituida por las unidades MOTO LINEAL BAJAD 200ns VERSIÓN 2017, en el Departamento de Lambayeque, el cual asciende a 280 (Según SUNARP, 2017).

Muestra.

La muestra serán 5 unidades escogidos de manera aleatoria

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{Z^2(p)(q) + e^2(N - 1)}$$

Dónde:

N = Población (280).

p = Equilibrio máximo a favor del prototipo 10% (0.1)

q = Equilibrio máximo que afecta a la muestra 10% (0.1)

Z = Nivel de confianza de estudio 94% (1.88).

e = Margen de error de muestra (0.09).

Procedemos a reemplazar los siguientes datos con la ecuación para hallar el volumen del prototipo:

$$n = \frac{1.88^2(280)(0.1)(0.1)}{1.88^2(0.1)(0.1) + (0.09)^2(280 - 1)}$$

$$n = 4.31$$

$$n = 5 \text{ motos}$$

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Técnicas

Empleamos las siguientes metodologías para nuestra investigación.

Tabla 2: Tabla de técnicas e instrumentos.

TÉCNICA	USO	HERRAMIENTAS
Revisión documentaria	Se analizan los diseños existentes de motos convencionales, las teorías científicas en lo referente a transmisión de calor, así como también las características de los materiales a utilizar	Evaluación Documentaria.
Análisis.	Se analizará el comportamiento del funcionamiento de la unidad, al utilizar el sistema de frenos ABS	Guía de observación.

Fuente: Elaboración.

Instrumento de Recolección de Datos.

Guías de Información.

Esta guía de información las utilizamos antes del diseño y después de las innovaciones presentadas.

Guías de Análisis de Documento.

Se estudian los diseños existentes de las motos lineales, las teorías científicas en lo referente a sistemas de frenado, circuitos eléctricos, así como también las características de los materiales a utilizar.

Validez y Confiabilidad

Validez

La eficacia del diseño de nuestro estudio consta en incluir el sistema ABS a los frenos para obtener un frenado con mayor precisión y sobre todo una mayor

estabilidad con la moto lineal y así evitar accidentes más frecuentes logrando reducir el porcentaje de colisiones.

Confiabilidad

Para nuestro diseño de la implementación del sistema ABS utilizaremos herramientas para el desarrollo del proyecto ya otorgados por escritores que han elaborado estudios con afines al diseño.

3.4 Métodos de análisis de datos

Las pruebas de este proyecto se deben de realizar respetando los protocolos de prueba de acuerdo a lo proyectado, y los datos de los dispositivos son de alta confianza.

3.5 Aspectos éticos.

La ética aplicada en relación al estudio es la estabilidad en el momento del frenado, cuyo propósito es cuidar la vida y bienestar de las personas reduciendo el nivel de porcentaje en las colisiones, en este caso la mejora del frenado de la moto lineal con sistema ABS.

3.6 Características del líquido de frenos.

Una de las características del fluido hidráulico es la transmisión de la fuerza ejercida en el pedal del freno hacia los cilindros de freno en las ruedas de lo vehículos, en este caso hablamos de las motos lineales.

Los líquidos de frenos tienen un punto de ebullición ya que los momentos de frenado producen altas temperaturas, y la congelación es también muy baja para evitar que se congele el líquido en temperaturas frías, según el (Department of Transportation),

DOT3: son para temperaturas de 205 °C, su viscosidad es de 1500 cSt.

DOT4: son para temperaturas de 230 °C, es un líquido empleado tanto como para vehículos convencionales como para los que tienen el sistema **ABS**. Y su viscosidad es de 1800 cSt.

DOT5: son para temperaturas de 260 °C, y su viscosidad es de 0.9 cSt.

DOT 5.1: son para temperaturas de 270 °C, y su viscosidad es de 0.9 cSt.

concluimos que mientras más es el índice del DOT mayor es el punto de ebullición. Se pueden mezclarse solo dos tipos DOT3 con DOT4 ya que poseen las mismas bases de glicol.

Cuidados del líquido de frenos: el líquido de frenos se debe reemplazar cada 10.000 km, debido a los porcentajes de agua en su formación del líquido con un 3% pueden dañar los componentes de los frenos originando un vaciado de frenos, ante alguna fuga del líquido la recomendación es cambiarlo, el líquido de frenos es toxico, es por eso que hay que tener cuidado con la manipulación del mismo.

Es muy importante tener cuidado con la pintura al momento del reemplazo del líquido de frenos.

Seguridad que brinda el líquido de frenos: La seguridad va depender mucho del cambio del líquido a su debido tiempo, muchos presumen la marca del líquido de frenos, pero en realidad su factor principal de su durabilidad es el respetar los mantenimientos programados.

IV. RESULTADOS

Diagnosticar el estado actual del funcionamiento del sistema de frenos sin ABS en cuanto a eficiencia y la distancia de frenado

Eficiencia de Frenado.

Sistema de Frenos de Disco

La eficiencia de frenado en este estudio de la moto lineal cuenta con un equipamiento de frenos de disco en la rueda delantera que es accionada de manera manual y la rueda posterior es accionada con una palanca de freno accionada por el conductor. y la presión de frenado es hidráulica. La modulación de la presión, es una maniobra que realizan los conductores y de acuerdo a su pericia a las diversas circunstancias de operación de la motocicleta, el sistema permite maniobrar en el momento del frenado haciendo que la unidad no derrape y manteniendo la estabilidad en este caso la moto lineal. Los sistemas hidráulicos su función es acumular presión y utilizarla al momento de la activación del freno.



Figura 6. Frenos de disco delantero y posterior.

Se hizo la medición de la fuerza de frenado de las motos lineales objeto de estudio, para lo cual se utilizó el equipo denominado frenómetro, que está instalado dentro de un Centro de Inspección Técnico Vehicular de la ciudad de Chiclayo. En el cual se estableció un protocolo de pruebas para la medición de la fuerza de frenado.

- El régimen de medición de frenos computarizado, mide la fuerza de frenado de cada rueda, por lo tanto, se hizo el ingreso de los datos técnicos del sistema en cuánto al radio del disco y la el radio dinámico de la rueda.

- Se instaló la moto lineal en el equipo de medición, teniendo en cuenta que tenga la estabilidad, para lo cual se hizo la adaptación de soportes, tanto para la rueda delantera como la posterior.
- Verificamos el sistema del eje delantero en la máquina de prueba, el eje delantero lo posicionamos en el rodillo del freno metro y activarlo a una velocidad de 10 RPM. Luego el conductor debe subir en la moto lineal y accionar lentamente hasta alcanzar la máxima fuerza. Repetir la prueba para 3 valores por cada una de ellas.
- Realizar la prueba en la rueda posterior de la misma forma que para la rueda delantera.



Figura 7. Rueda delantera sin ABS.

Tabla 3: Resultados de mediciones de frenado sin ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Rueda Delantera		Rueda Posterior	
	Peso (N)	Fuerza de frenado (N)	Peso (N)	Fuerza de frenado (N)
7115-OE	560	456	624	546
6312-OR	540	498	618	534
7390-TE	576	482	632	567
8993-OR	545	443	623	521
8487-TE	578	459	643	578

Fuente: Elaboración propia.

De las mediciones realizadas a las cinco unidades motorizadas, se observa que la rueda posterior en todos los casos es la que posee mayor peso y mayor fuerza de

frenado; en función a ello se determina la eficiencia de frenado de cada eje, así como la eficiencia total de frenado de la motocicleta.

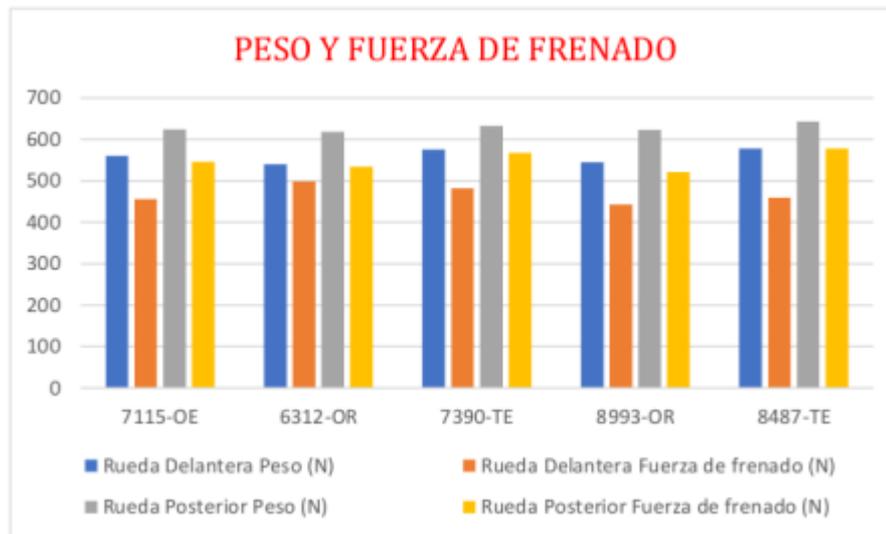


Figura 8. Mediciones del peso y fuerza de frenado del eje del y post.

La Eficiencia de Frenado del Eje.

La eficiencia del frenado en cada uno de los ejes de la motocicleta, relaciona las fuerzas de frenado y el peso del eje de la motocicleta, es decir:

$$E_r = \left(\frac{F_r}{P_r}\right)/100$$

Dónde:

E_r = Eficacia de frenado por rueda del vehículo.

F_r = Fuerza de frenado medida en esa rueda.

P_r = Peso incidente en esa rueda, en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

Eficiencia Total de frenado total.

$$E_t = \left(\frac{F_t}{P_t}\right)/100$$

Dónde:

E_r = Eficiencia total del frenado.

F_t = Suma de las fuerzas de frenado medidas en cada una de las ruedas de la motocicleta.

P_t = peso total del vehículo (suma de los pesos incidentes en cada una de las ruedas), en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

Utilizando las expresiones anteriores, se determina la eficiencia de cada eje y la eficiencia total de la unidad motorizada.

Tabla 4: Eficiencias del frenado en % sin ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Rueda Delantera	Rueda Posterior	Eficiencia Total
	Eficiencia de frenado %	Eficiencia de frenado %	
7115-OE	81.4	87.5	84.63
6312-OR	92.2	86.4	89.12
7390-TE	83.7	89.7	86.84
8993-OR	81.3	83.6	82.53
8487-TE	79.4	89.9	84.93

Fuente: propia del autor.

De la tabla 4 se puede observar que el valor de la eficacia de frenado en los ejes delanteros de la moto, oscila entre 79.4 hasta 92.2%, y en el eje posterior entre 83.6 y 89.9%, en ambos casos no superan el 90%, que es óptimo para éstos tipos de unidades en el cual por la geometría que tienen, y la fragilidad en el sistema de transporte, la precisión en la eficacia del frenado es de importancia significativa.

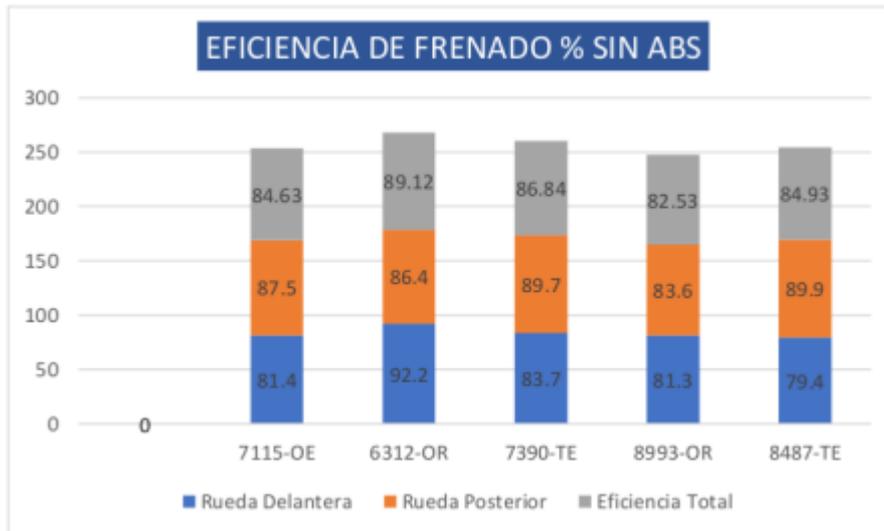


Figura 9. Eficiencia de frenado eje delantero y posterior y eficiencia de frenado total.

Distancia de Frenado

Realizamos una prueba de distancia de frenado, para ello utilizamos 5 unidades de prueba, por lo tanto, utilizamos la distancia de parada desde que el chofer realiza la operación de frenado hasta que la motocicleta se detenga.

La medición debidamente la realizamos en una pista de pruebas (pavimento de asfaltado), a fin de simular el funcionamiento de la unidad en las calles y pistas de la ciudad; se estableció tres velocidades de marcha: 80, 90, 100 Km/h como velocidad del vehículo, luego el conductor aplicó los frenos y se midió distancia que recorre hasta detenerse.

Tabla 5: Distancia de frenado en metros sin ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Distancia de Frenado (Metros)		
	Velocidad Inicial 100Km/h	Velocidad Inicial 90 Km/h	Velocidad Inicial 80 Km/h
7115-OE	22.4	17.4	15.2
6312-OR	22.2	17.1	15
7390-TE	22.8	17.6	14.9
8993-OR	22.1	16.8	15.3
8487-TE	23.1	16.7	15.1

Fuente: Elaboración propia.

Observamos en la tabla cinco, las velocidades de marcha en la moto lineal desde que se operan los frenos hasta la detención de la moto, para una velocidad de 100 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 23.1 m y la mínima distancia de 22.1m; para una velocidad de 90 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 17.6 m y la mínima distancia de 16.7 m, y para una velocidad de 80 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 15.3 m y la mínima distancia de 14.9 m.

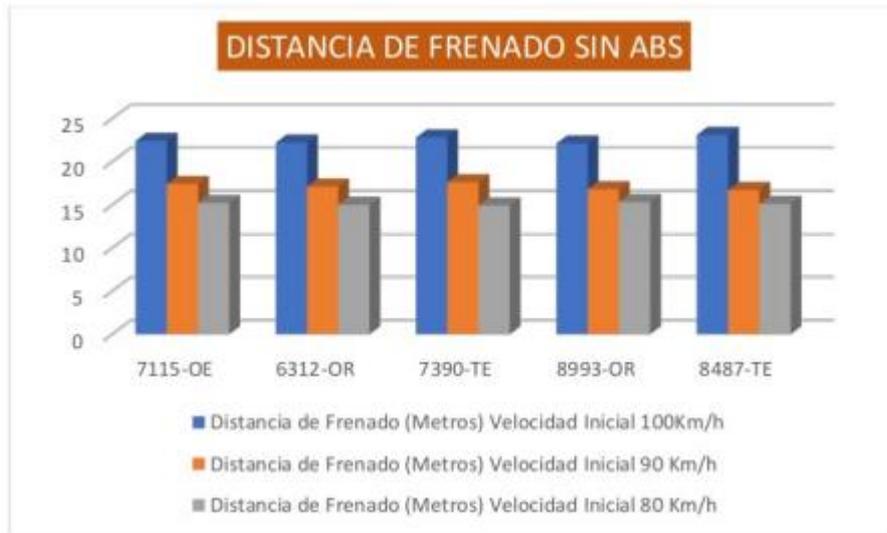


Figura 10. Distancia de frenado.

Dimensionar los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos del sistema de frenos antibloqueo, para la implementación en la moto lineal Bajaj 2017 NS con ABS

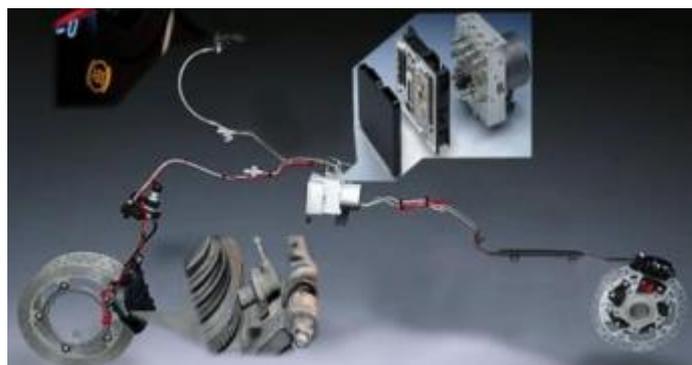


Figura 11. Componentes del sistema de frenos ABS.

ECU (Unidad de Control Electrónico).

La ECU es una microcomputadora o procesador que calcula y surte de manera exacta la función de las ruedas, motor y del acelerador, para determinar y controlar el Control Hidráulico (HCU).

HCU (Unidad de Control Hidráulico).

La unidad de control hidráulica se encarga de la distribución del fluido a través de las cañerías de los frenos, ingresando y saliendo, que se extiende con la información desde el cilindro maestro a los cilindros de rueda, junto con las tuberías.

Sensor de Velocidad.

El sensor de velocidad o captador de rueda, es un dispositivo que mide cuan rápido se mueven las ruedas de la moto, y envía constantemente esta señal a la computadora ECU.

Caja de Relés.

La caja de relés es un alojamiento del relé del motor y el relé de la válvula.

Relé de la Válvula.

Se encarga de alimentar la válvula de solenoide y la bobina de relé del motor.

Relé del Motor.

El relé del motor se encarga de alimentar el motor de la bomba de frenos, recibiendo la información de la Unidad de Control Electrónico.

Interruptor de Parada (Freno).

Avisa si se está accionando o no el pedal del freno como condición para determinar la operación del sistema de frenado.

Piloto.

Nos informa al chofer un malfuncionamiento del sistema ABS, o alguna avería del sistema, el cual se puede scanner para hallar la falla del sistema ABS.

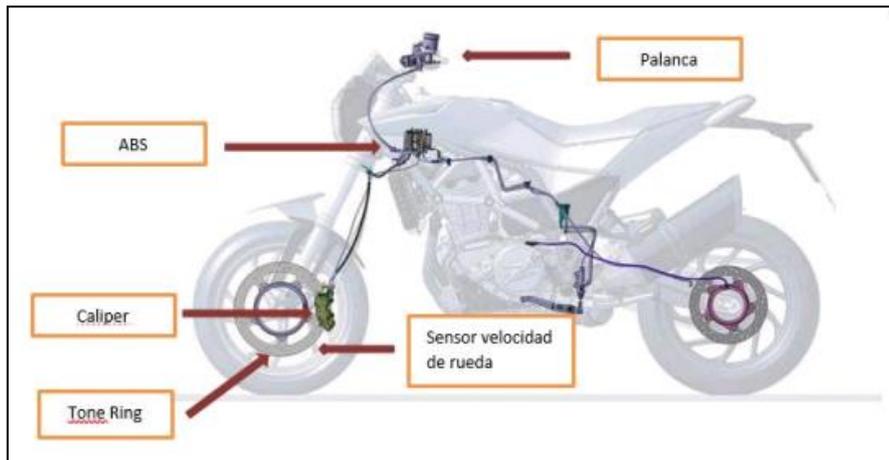


Figura 12. Componentes del sistema frenos ABS.

Bomba Hidráulica y las válvulas.

La bomba Hidráulica es un componente mecánico del sistema ABS, y tiene la función de controlar la fuerza del frenado. Y es de tipo paletas que se encarga de enviar presión al sistema constantemente, y lo controla la unidad de control electrónico. El cual determina la apertura y cierre de la válvula de descarga de la bomba hidráulica.

La presión que genera la bomba hidráulica es de 30 Bar, presión que carga al sistema ABS para su activación y regulación por parte de las electroválvulas.

Presión del líquido de frenos en el sistema ABS de Motocicleta.

La presión del líquido de frenos es modulada por la unidad de control ABS, el cual envía señales hacia la válvula solenoide exterior y solenoide interior, con lo cual permite la activación de las pastillas en el disco de frenos, con lo cual se realiza el deslizamiento de la motocicleta.

Se tiene 3 casos:

Cuando se incrementa la presión del líquido de frenos.

La presión del líquido de frenos se incrementa desde 15 a 25 Bar, por lo tanto, la unidad de control envía una señal de tensión a la válvula solenoide para activación de los frenos. Es decir, detecta que se está activando el pedal del freno, tanto de la manual como la de pie, por lo tanto, el cilindro hidráulico se activa y realiza el frenado de las ruedas.

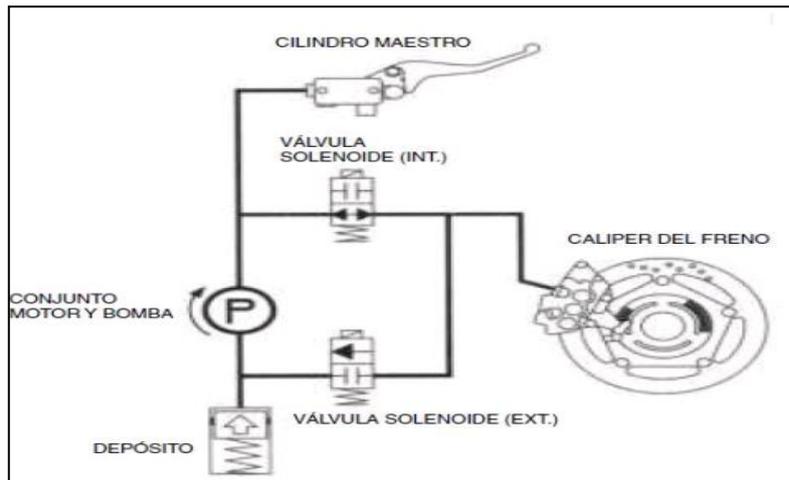


Figura 13. Sistema de frenos ABS.

Cuando la presión permanece estable.

Si al momento de frenar el vehículo, la fuerza de frenado es significativamente fuerte, capaz de bloquear alguna de las dos ruedas, en este caso se modifica la presión en el cilindro, excitando las dos electroválvulas. Es decir, al mantener la posición de frenado, la presión del líquido de frenos permanece con un valor de 25 bar.

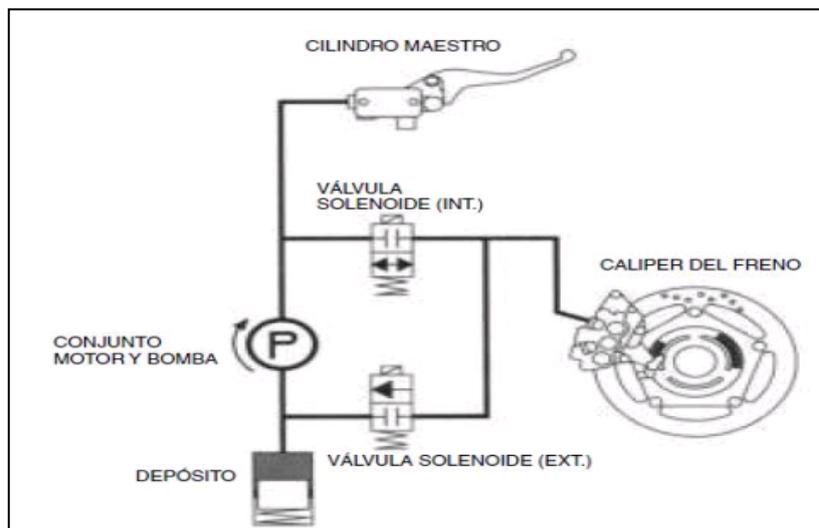


Figura 14. Presión estable del sistema de frenos.

Cuando se disminuye la presión del líquido de frenos.

Al comenzar a desactivar el pedal de freno, se disminuye la presión en el líquido de frenos, por lo tanto, la unidad de control, envía una señal eléctrica, en el cual mantiene la presión por debajo de 15 bar.

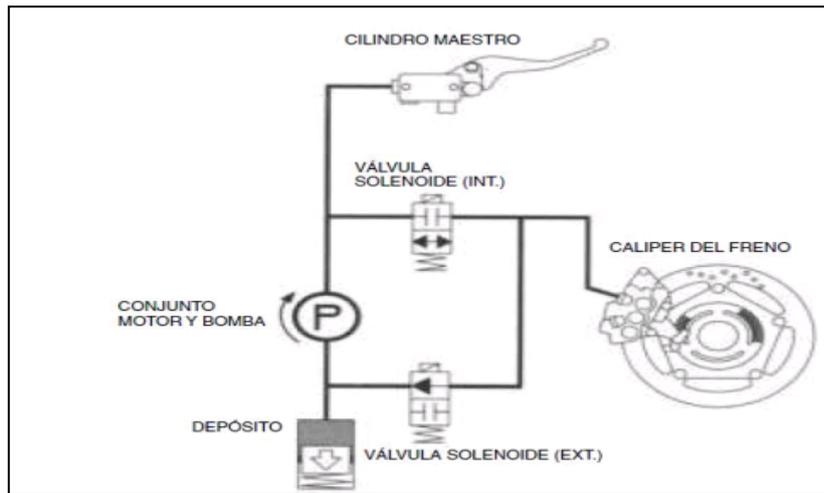


Figura 15. Disminución de la presión del líquido de frenos

Sensor de Velocidad.

Es un módulo que mide la velocidad de giro de las ruedas de la motocicleta. La medición de la velocidad se realiza por medio de un sensor inductivo de velocidad. La variación de la velocidad es por el tiempo de duración del periodo de cada onda sinodal que emite el sensor de velocidad.

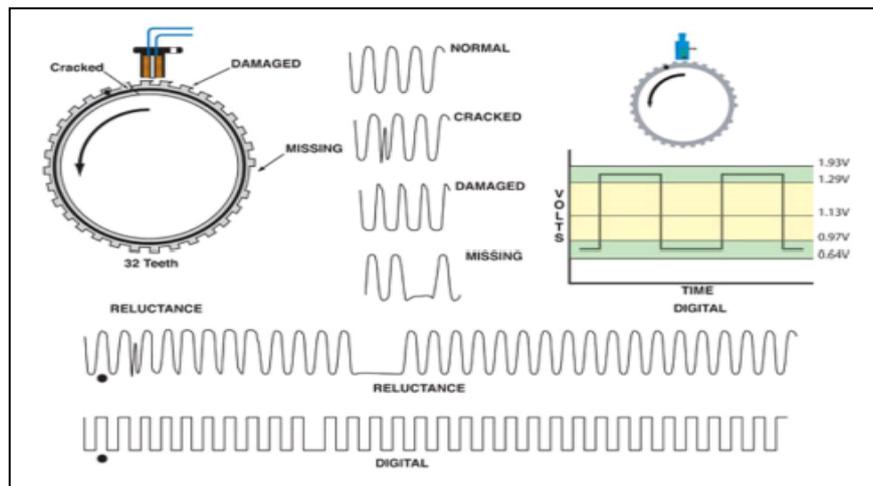


Figura 16. Parámetros del sensor de velocidad.

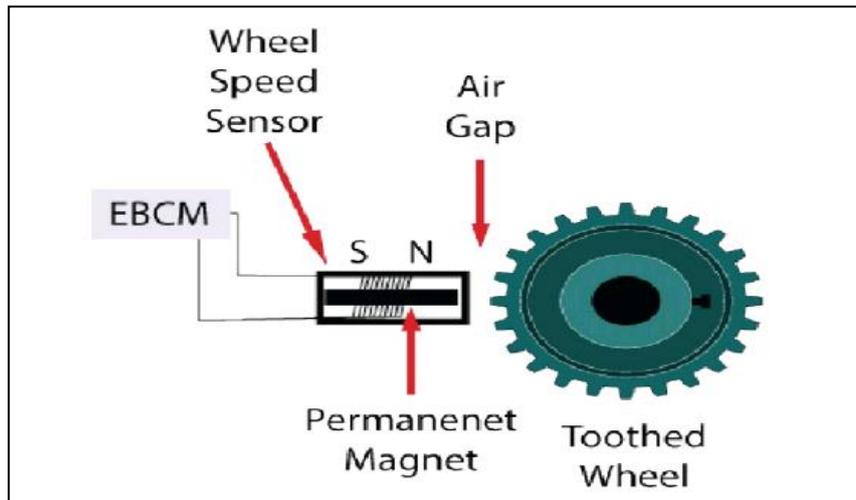


Figura 17. Parámetros del rotor del ABS.

El sensor está compuesto por una rueda fónica de 32 dientes, es decir que cada vez que gira una vuelta la rueda, se emite 32 periodos de la onda sinodal, es decir, que la duración del periodo se determina:

$$T = \frac{60}{Z * RPM}$$

Dónde:

T = Periodo de la onda senoidal, en segundos

Z = Número de dientes corona dentada, en este caso 32

RPM = Revoluciones por minuto de la rueda.

Para un diámetro dinámico de la rueda de 55 cm (0.55m), se tiene que la velocidad de la rueda en función a la velocidad de desplazamiento de la moto es:

$$RPM = \frac{60 * V * 3.6}{2 * \pi * r}$$

Dónde:

V = Velocidad del desplazamiento de la moto, en Km/h

RPM = Velocidad de giro de la rueda.

R = Radio dinámico de la rueda, 0.55m

Reemplazando RPM, en la ecuación del periodo de la onda, se tiene:

$$T = \frac{2 * \pi * r}{Z * V * 3.6}$$

Para velocidades entre 100 y 1 Km/h, se tiene el periodo de la onda senoidal del sensor de velocidad de la rueda, y se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Parámetros de periodo de honda de frenado en km/h.

Velocidad Km/h	Periodo de la Onda (Milisegundos)
100	0.30
90	0.33
80	0.37
70	0.43
60	0.50
50	0.60
40	0.75
30	1.00
20	1.50
10	3.00
9	3.33
8	3.75
7	4.28
6	5.00
5	6.00
4	7.50
3	9.99
2	14.99
1	29.98

Fuente: Elaboración propia del autor.

Dimensionar los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos del sistema de frenos antibloqueo sin ABS.

Bomba de recirculación (servofreno)

La bomba de frenos esta encargada de aumentar la presión en el momento del frenado, su funcionamiento es a través de mecanismos como las electroválvulas que se encuentran en el motor eléctrico que nos permite accionar la bomba de

recirculación del fluido. Los acumuladores de la bomba permiten actuar para determinar el trabajo del sistema ABS.

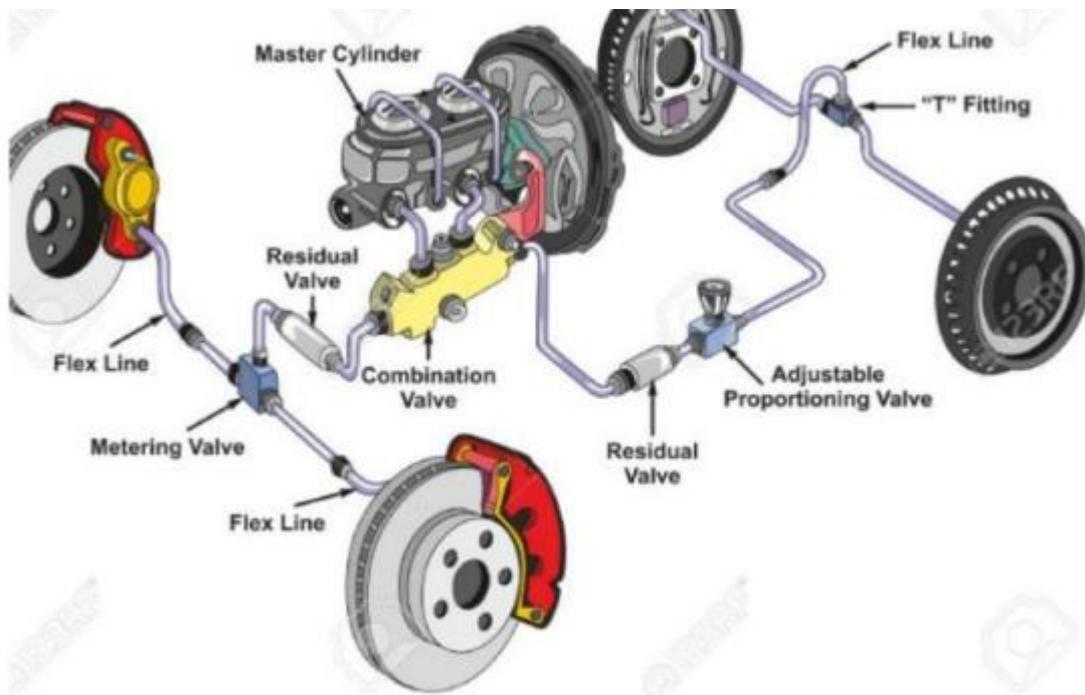


Figura 18. Elementos mecánicos del sistema de frenos.

Servofreno

Electroválvula de admisión.

Electroválvula de escape.

Motor Eléctrico.

Bomba Hidráulica.

Amortiguador de presión.

Acumuladores.

Válvula de desfrenado.

Acumuladores y cámara amortiguadora

Nos ofrecen provisionalmente cabida al fluido hidráulico para reducir la presión del líquido de frenos y están ubicados en la parte inferior del grupo hidráulico. Las cámaras observadoras son las encargadas de absorber las oscilaciones ocasionadas por la presión del fluido disminuyendo el ruido en el frenado.

Electroválvulas

Están ubicadas en la parte superior del sistema hidráulico.

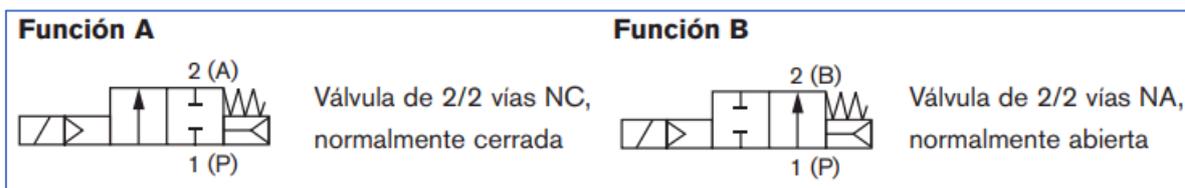


Figura 19. Electroválvulas.

Selección de Electroválvula

La válvula de tipo 6281 es una electroválvula con servocontrol, de la serie S.EV. Para su funcionamiento es necesario una presión diferencial mínima. entre ellas tenemos una variedad de materiales y modos de acción, cumple con los requisitos y normas europeas.

Datos técnicos	
Orificio	DN13 - 50 mm
Material del cuerpo	Latón según DIN EN 50930-6 (opcionalmente, acero inox., resistente a desgalvanización)
Parte int. de la válvula	Acero inoxidable, latón, plástico (PPS)
Material de juntas	NBR, EPDM, FKM
Conexión	
NBR	Fluidos neutros; por ejemplo, aire comprimido, agua
EPDM	Fluidos libres de grasas y aceites, agua caliente, acetona, disoluciones acuosas alcalinas
FKM	Aire caliente, disoluciones de peróxidos
Temperatura ambiente	Máx. +55 °C
Temp. del medio	
NBR	-10 a +80 °C
EPDM	-30 a +90 °C (+100 °C con bobina epoxi)
FKM	0° a +90 °C (+120 °C con bobina epoxi)
Tensión de aliment.	024/CC, 024/50-60, 230/50-60
Tolerancia de tensión	±10%
Ciclo de servicio	100% en continuo
Conexión eléctrica	Pines de conexión según DIN EN 175301-803 forma A (antes DIN 43650) para conector Tipo 2508 (ver la Tabla de códigos para accesorios de la pág. 10)
Clase de protección	IP65 con conector y conexión de cable IP65 con caja de conexiones
Instalación	Según requisitos, preferiblemente con el actuador en vertical
Tiempos de respuesta²⁾	0,1 - 4 s (en función del orificio y de la presión diferencial)
Clase de aislamiento de la bobina	Poliamida clase B Epoxi clase H

Figura 20. Datos técnicos de la electroválvula.

Cálculos de la presión de la bomba de frenos delantera y posterior.

Con esta fórmula hallamos los cálculos del área de la sección 1 de la bomba de presión.

$$A1 = \frac{\pi * D1^2}{4}$$

La presión que se genera sobre el fluido se determina:

$$P = \frac{F1}{A1}$$

Análogamente la fuerza en 2 será:

$$F2 = \frac{F1 * A2}{A1}$$

Seleccionando el diámetro de los cilindros: d1 = 20 mm, y d2 = 30 mm, F= 111mm, reemplazando se tiene:

$$A1 = \frac{\pi * (20)^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \frac{\pi * (30)^2}{4} = 706.86 \text{ mm}^2$$

$$P = \frac{111N}{0.000314m^2} = 353.3KPa$$

Dónde P es la presión que se aplica al cilindro 1, con una fuerza promedio F1.

Luego reemplazamos:

$$F2 = \frac{111 \text{ N} * 0.000706 \text{ m}^2}{0.000314m^2} = 249,7 \text{ N}$$

Cálculo de la Potencia de la Bomba Hidráulica.

La potencia de la bomba hidráulica, se determina con la expresión.

$$P = \frac{\gamma * Q * h}{\varphi}$$

Dónde:

P = Potencia de la Bomba Hidráulica, en Watt

γ = Peso específico de líquido de frenos.

Q = Caudal de líquido de frenos

h = Altura de impulsión, en metros.

φ = Eficiencia mecánica, 0.9

El peso específico del líquido de frenos, está determinado por los elementos que contiene el líquido de frenos, siendo:

Tabla 7: Elementos del líquido de frenos.

Elementos del Líquido de frenos
Butiltriglicol
Butildiglicol
Dietilenglicol
Metildiglico, poliglicol

Fuente: Elaboración Propia.

El peso específico del líquido de frenos con los elementos descritos es de 10006.2 N/m³ (1020 Kg/m³)

El caudal de líquido está dado por el volumen del cilindro hidráulico (Bombín de freno), el cual para este caso se utiliza el cilindro de un diámetro de 3cm y una carrera de 4 cm, es decir el volumen del líquido de frenos es:

$$V = \frac{\pi \cdot Dc}{4} * L$$

Dónde:

V = Volumen del cilindro hidráulico.

Dc = Diámetro del cilindro hidráulico.

L = Carrera del pistón hidráulico.

Reemplazando:

$$V = \frac{\pi * 3^2}{4} * 4 = 28.27 \text{ cm}^3$$

El tiempo en el cual el cilindro hidráulico demora en recorrer la carrera es de 0.05 segundos, valor característico de respuesta del cilindro seleccionado.

Por lo tanto, el caudal es la relación entre el volumen desplazado entre el tiempo de recorrido del pistón, es decir $Q = 28.27 / 0.05 = 565.4 \text{ cm}^3/\text{s}$ (0.565 Litros /segundo, 0.000565 m³/s).

El valor de h , se determina en función a la pérdida de presión,

Cálculo de Pérdidas de Carga (h):

$$h = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2gD}$$

Dónde:

h = Altura de Pérdida de presión, (m).

f = Factor de fricción.

L = Longitud (m)

V = Velocidad del fluido, en (m/s).

D = Diámetro de la cañería entre la bomba hidráulico y cilindro hidráulico. (m)

Para hallar el factor de fricción lo determinamos utilizando la ecuación de Coolebrok

$$\frac{1}{f} = -2 \text{Log} \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Dónde:

f = Factor de fricción.

D = Diámetro de la tubería (m).

Re = Número de Reynolds. (adimensional).

k = Factor por tipo de accesorio. (adimensional).

Con la siguiente formula hallamos el número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\vartheta}$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds.

v = Velocidad (m/s).

D = Diámetro de la tubería, (m).

ϑ = Viscosidad (Pa. s).

ρ = Densidad del agua (kg/ m³).

Para obtener la velocidad aprox. del flujo en tuberías la determinamos con la siguiente formula:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

El caudal Q de la bomba hidráulica es de 0.00014 m³/s Y el diámetro de la tubería es de 1/4" = 0.00635 m, con lo cual la velocidad del líquido de freno por la tubería es:

$$V = \frac{4 \times 0.000565}{\pi (0.00635)^2} = 17.84 \text{ m/s}$$

La viscosidad del líquido de freno DOT 4, a 20°C, es de 1.8 c St (1,8×10⁻³ Pa·s), y la densidad de 1020 Kg/m³.

Por lo tanto:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1030 \times 17.84 \times 0.00635}{0.0018} = 64826$$

Se considera un flujo turbulento a el número de Reynolds mayor a 4000.

Factor de fricción:

Reemplazamos con la ecuación de Coolebrok, se tiene que el factor f de fricción, con una rugosidad E para tubería de PVC de 0,0015mm o sea 0.0000015m es de: Obtenemos con la siguiente formula los datos siguientes:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{0.0000015}{3.7 \times 0.00635} + \frac{2.51}{64826 \sqrt{f}} \right)$$

$F_f = 0.0206$ factor de fricción.

Reemplazamos la Ecuación de Darcy, para obtener la perdida de presión en las cañerías del sistema, la longitud total de la tubería es de 0.6 m.

$$h_f = \frac{0.0206 \times 0.6 \times (17.84)^2}{2 \times 9.81 \times 0.00635} = 31.60 \text{ m.}$$

Luego, obtenemos con la ecuación de la potencia de la bomba hidráulica:

$$P = \frac{10006.2 * 0.00014 * 31.6}{0.9} = 49,16 \text{ Watt}$$

Potencia del motor eléctrico.

$$Pe = \frac{P}{\varepsilon}$$

Dónde

Pe = Potencia motor eléctrico.

ε = Eficiencia del motor eléctrico 0.9

$Pe = 49,16 / 0.9 = 54.66 \text{ Watt}$

El motor eléctrico es de corriente continua con tensión de alimentación de la batería de la moto lineal, de 12 voltios, por lo tanto, la corriente eléctrica que requiere el motor eléctrico para activar la bomba hidráulica es:

$I = 54.66 / 12 = 4.55 \text{ Amperios.}$

Unidad de control.

Es la encargada de regular el sistema de frenos en la moto lineal, recibiendo señales eléctricas de los sensores y para enviarles señal a los actuadores ubicados en las ruedas delantera y posterior, para un funcionamiento óptimo del sistema.

Estructura.

La estructura del sistema de frenos se encuentra bien protegidos en cajas metálicas o plásticas. Los actuadores están integrados en la caja de la unidad de control para una mejor disipación térmica en el entorno.

Procesamiento de datos

Los datos son transmitidos desde la unidad de control hasta los actuadores por medio de los sensores, cableados que son fuente de información, señales digitales, estas señales son enviadas por el microcontrolador tomando como referencia un cambio de voltaje de 0 a 5 voltios emitiendo señales.

Microcontrolador

Es necesario tener un software para el cálculo. Este programa está almacenado en la memoria en forma de valores numéricos binarios, divididos en juego de datos. El CPU obtiene estos valores, capta y ejecuta a través de los actuadores.

Sensores

Para transmitir el funcionamiento del sistema los encargados de enviar las señales son los sensores y actuadores forman la interface entre el vehículo y la ECU.

Sensores de aceleración de efecto hall

Los automóviles con ABS cuentan con el programa electrónico de estabilidad EPS, y sensores de velocidad de giro en las ruedas. El efecto Hall sirve para las mediciones longitudinales de los autos.

Colocación de sensores de velocidad

El rango de los sensores de ruedas tiene una separación afónica (0.4 ~ 1.6) mm. Para la eficacia del sistema ABS es muy importante que no haya impurezas en las instalaciones de alojamiento de los sensores, y estén a la medida exacta.

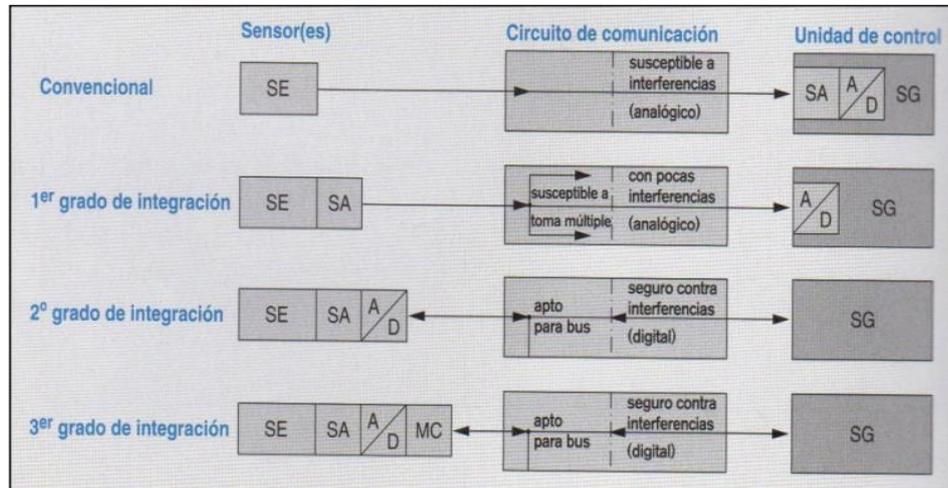


Figura 21. Señales analógicas, sistema electrónico.

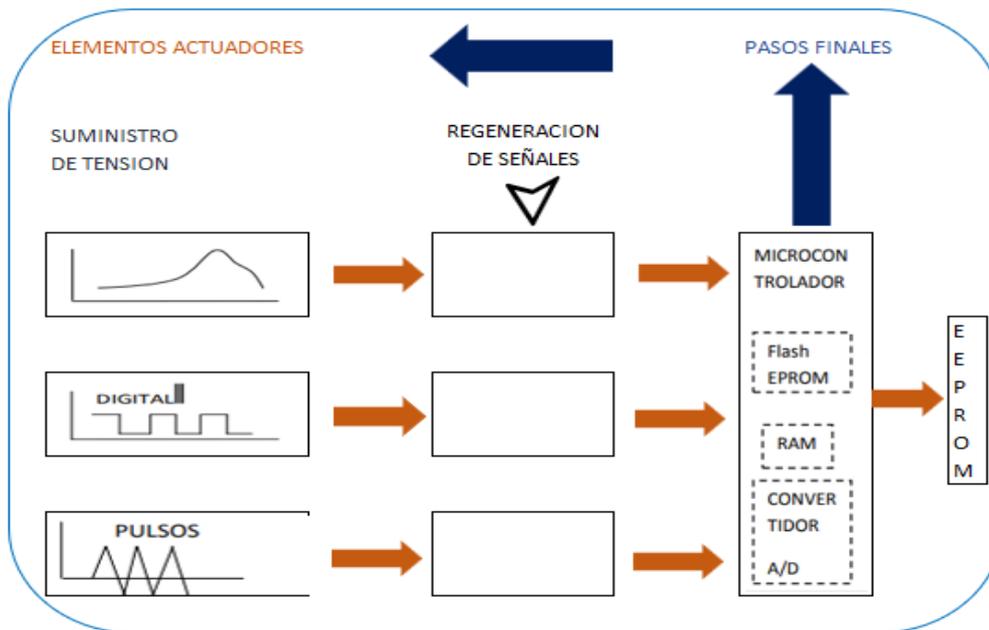


Figura 22. Elementos actuadores.

Realizar las pruebas de eficiencia de frenado y de distancia de frenado, en la moto lineal Bajad con el sistema de frenos ABS instalados

Mediciones realizadas con frenos ABS.

Luego de realizar la instalación del sistema de frenos ABS, se realiza las pruebas de manera análoga que se realizó al sistema de frenos hidráulicos convencionales.

Se hizo la medición de la fuerza de frenado de las motos lineales objeto de estudio, para lo cual se utilizó el equipo denominado frenómetro, que está instalado dentro de un Centro de Inspección Técnico Vehicular de la ciudad de Chiclayo. En el cual se estableció el mismo protocolo de pruebas para la medición de la fuerza de frenado.

Los valores del peso de las ruedas y de las fuerzas de frenado, se muestran en la tabla 8

Tabla 8: Resultados de mediciones de frenado con sistema ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Rueda Delantera		Rueda Posterior	
	Peso (N)	Fuerza de frenado (N)	Peso (N)	Fuerza de frenado (N)
7115-OE	560	480	624	586
6312-OR	540	534	618	587
7390-TE	576	524	632	599
8993-OR	545	488	623	576
8487-TE	578	502	643	603

Fuente: Elaboración propia.

De las mediciones realizadas a las cinco unidades motorizadas, se observa que la rueda posterior en todos los casos es la que posee mayor peso y mayor fuerza de frenado; en función a ello se determina la eficiencia de frenado de cada eje, así como la eficiencia total de frenado de la motocicleta.

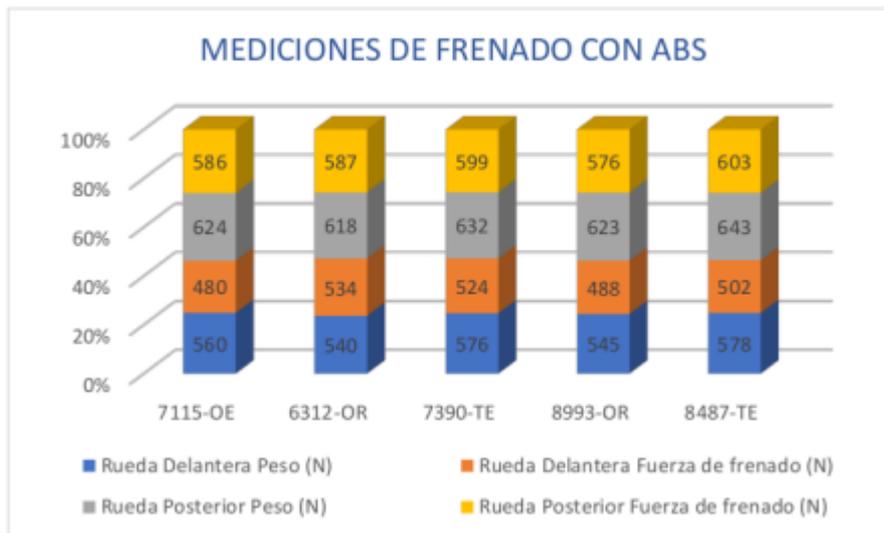


Figura 23. Mediciones del peso y fuerza de frenado con ABS.

La eficiencia de frenado del eje.

La eficiencia del frenado en cada uno de los ejes de la motocicleta, relaciona las fuerzas de frenado y el peso del eje de la motocicleta, es decir:

$$E_r = (F_r/P_r)/100.$$

Dónde:

E_r = Eficacia de frenado por rueda del vehículo.

F_r = Fuerza de frenado medida en esa rueda

P_r = Peso incidente en esa rueda, en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

Eficiencia Total de frenado total.

$$E_t = (F_t/P_t)/100.$$

Dónde:

E_t = Eficiencia total de frenado

F_t = Suma de las fuerzas de frenado medidas en cada una de las ruedas de la motocicleta.

P_t = Peso total del vehículo (suma de los pesos incidentes en cada una de las ruedas), en el instante del ensayo, expresado en la misma unidad de medida que la fuerza de frenado.

Utilizando las expresiones anteriores, se determina la eficiencia de cada eje y la eficiencia total de la unidad motorizada.

Tabla 9: Eficiencia del frenado con sistema ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Rueda Delantera	Rueda Posterior	Eficiencia Total
	Eficiencia de frenado %	Eficiencia de frenado %	
7115-OE	85.7	93.9	89.8
6312-OR	98.9	95.0	96.9
7390-TE	91.0	94.8	92.9
8993-OR	89.5	92.5	91.0
8487-TE	86.9	93.8	90.3

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 9 se puede observar que el valor de la eficiencia de frenado en los ejes delanteros de la moto, oscila entre 85.7 hasta 98.9%, y en el eje posterior entre 92.5 y 95.0%, en ambos casos superan el 90%, que es óptimo para estos tipos de

unidades en el cual por la geometría que tienen, y la fragilidad en el sistema de transporte, la precisión en la eficiencia del frenado es de importancia significativa.

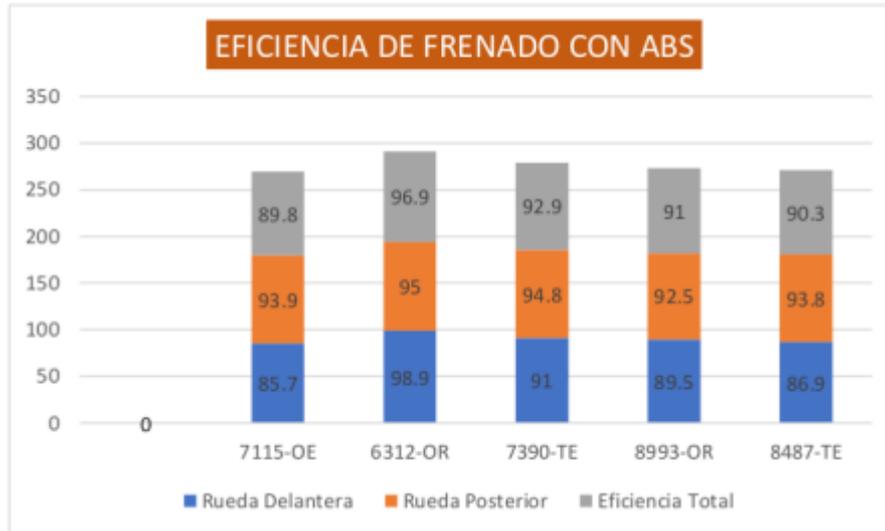


Figura 24. Eficiencia de frenado eje delantero y posterior y eficiencia de frenado total

Distancia del frenado.

Se hizo la prueba de distancia de parada utilizando las cinco unidades de prueba, en los cuales se hizo las mediciones de la distancia de parada, desde que el conductor realiza la operación de frenado hasta que la motocicleta se detenga.

La medición se realizó en una pista de pruebas, el cual tiene pavimento de asfalto, a fin de simular el funcionamiento de la unidad en las calles y pistas de la ciudad; se estableció tres velocidades de marcha: 100, 90 y 80 Km/h como velocidad del vehículo, luego el conductor aplicó los frenos y se midió distancia que recorre hasta detenerse.

Tabla 10: Distancia de frenado en metros con sistema ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Distancia de Frenado (Metros)		
	Velocidad Inicial 100Km/h	Velocidad Inicial 90 Km/h	Velocidad Inicial 80 Km/h
7115-OE	13.30	11.40	9.50
6312-OR	13.20	11.30	9.23
7390-TE	13.31	11.54	9.45
8993-OR	13.21	11.12	9.32
8487-TE	13.13	11.65	9.42

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se observa de la tabla 10, que para velocidades de marcha de la moto desde que se operan los frenos ABS hasta la detención de la moto, para una velocidad de 100 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 13.31 m y la mínima distancia de 13.13m; para una velocidad de 90 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 11.65 m y la mínima distancia de 11.12 m, y para una velocidad de 80 Km/h, la distancia máxima de frenado fue de 9.50 m y la mínima distancia de 9.23 m.

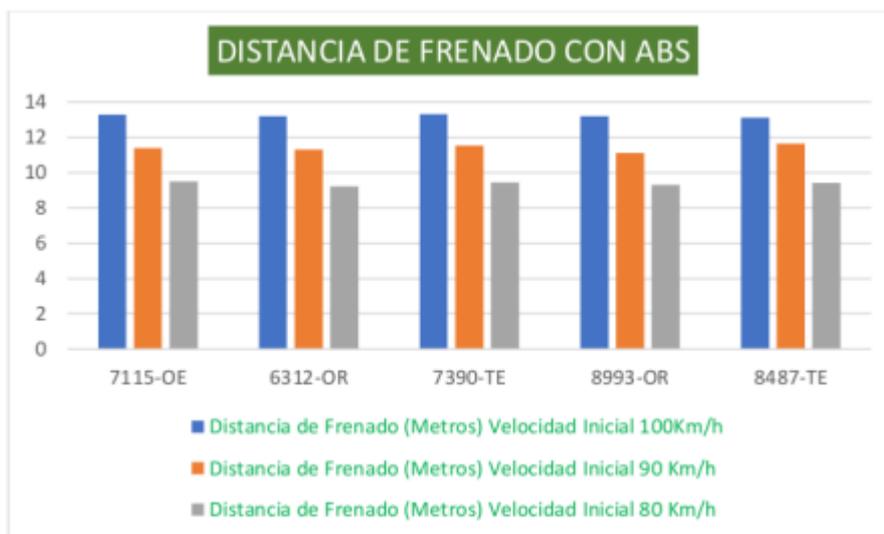


Figura 25. Mediciones del frenado con ABS.

Comparación de eficiencia y distancia de frenado entre sistema convencional y sistema ABS.

De las cinco motos a las cuales se hizo la modificación del sistema de frenos, se observa que, en la rueda delantera existe un incremento de la eficiencia de frenado, en todos los casos superar en 85% de eficiencia, llegando hasta un valor de 98%; en el caso de las ruedas posteriores, la eficiencia de frenado llega hasta un valor de 95%; en ambos casos los valores de eficiencias son elevados, los cuales garantizan una eficiencia en el frenado al momento de ocurrir el evento.

Tabla 11: Eficiencia de frenado con sistema ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Eficiencia de Frenado %			
	Rueda Delantera		Rueda Posterior	
	CON ABS	SIN ABS	CON ABS	SIN ABS
7115-OE	85.7	81.4	93.9	87.5
6312-OR	98.9	92.2	95.0	86.4
7390-TE	91.0	83.7	94.8	89.7
8993-OR	89.5	81.3	92.5	83.6
8487-TE	86.9	79.4	93.8	89.9

Fuente: Elaboración propia.

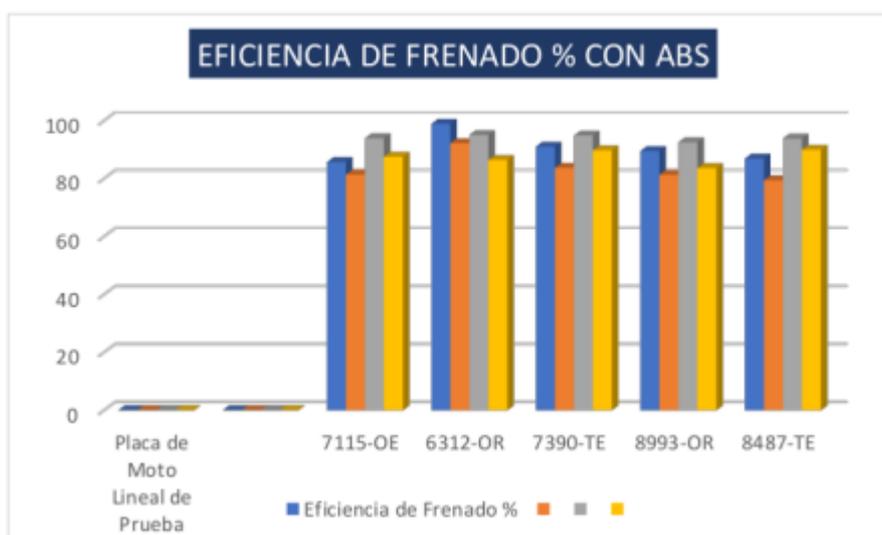


Figura 26. Incremento de eficiencia de frenado rueda del, al utilizar frenos ABS.

Interpretación:

De las cinco motos de la tabla 12, a los que se hizo el cambio de sistema de frenos ABS, se ha evidenciado que a diferentes velocidades al momento que se aplica los frenos, existe una disminución de la distancia del frenado; en el caso de 100 Km/h entre 8 y 9 metros de distancia de frenado, para 90 Km/h una disminución de distancia de frenado entre 5 y 6 metros, y para una velocidad de 80 Km/h, se obtuvo una disminución de la distancia de frenado de 5 metros en promedio.

Tabla 12: Pruebas del frenado a 80, 90, 100, km/h con sistema ABS.

Placa de Moto Lineal de Prueba	Distancia de frenado (Metros), a diferentes velocidades inicial con y sin ABS								
	Velocidad Inicial 100Km/h			Velocidad Inicial 90 Km/h			Velocidad Inicial 80 Km/h		
	CON ABS	SIN ABS	Diferencia de distancia de frenado	CON ABS	SIN ABS	Diferencia de distancia de frenado	CON ABS	SIN ABS	Diferencia de distancia de frenado
7115-OE	13.3	22.4	9.1	11.4	17.4	6	9.5	15.2	5.7
6312-OR	13.2	22.2	9	11.3	17.1	5.8	9.23	15	5.77
7390-TE	13.3	22.8	9.49	11.5	17.6	6.06	9.45	14.9	5.45
8993-OR	13.2	22.1	8.89	11.1	16.8	5.68	9.32	15.3	5.98
8487-TE	13.1	23.1	9.97	11.6	16.7	5.05	9.42	15.1	5.68

Fuente: Elaboración propia del autor.



Figura 27. Comparación de distancia de frenado con y sin ABS a velocidad inicial de 100 Km/h.

Evaluar económicamente el proyecto propuesto mediante indicadores tales como el VAN y el TIR.

Inversión del Proyecto.

El kit de conversión de los frenos ABS para una moto lineal, tiene un costo de 430 Soles, el costo de instalación de 140 Soles, lo cual hace que el costo de inversión de instalación de los frenos ABS para la moto es 570 Soles. Es decir, para la instalación en las cinco motos se hizo la inversión de 2850 Soles.

Ingresos y Egresos Estimados del Proyecto.

En el ítem 3.3, se determinó que existe una disminución entre 5 y 9 metros de distancia de frenado, es decir que para un recorrido de 1000 Km a velocidades entre 80 y 100 Km/h, se tiene una disminución del recorrido promedio de 70 metros por distancia de frenado.

Además, existe un incremento de la seguridad en la conducción de la moto. Se estima que tanto por el menor recorrido de frenado y el incremento de la seguridad en la conducción, un valor del 15% en ahorro de combustible.

Una moto con sistema de frenos convencional tiene un consumo específico de 2.48 Litros / 100 Km, o su equivalente de rendimiento de 152.4 Km/galón. Para un recorrido de 3000 Km tendrá un consumo de 2.48 litros * (3000 /100) = 74. 4 galones

mensuales; para el caso del freno ABS tendrá un consumo de $0.85 \cdot 74.4 = 63.24$ Galones; es decir que el ahorro mensual será: $74.4 - 63.24 = 11.16$ Galones mensuales.

Para el caso de las cinco motos, se tiene un ahorro mensual de $131.68 \cdot 5 = S/658.44$

Los egresos lo representan los costos de mantenimiento que es el 5% mensual de la inversión inicial, es decir $0.5 \cdot 570 \cdot 5 = 142.5$ Soles al mes.

Flujos de Caja

Se establece el flujo de caja del proyecto, por el tiempo de 12 meses al ser un proyecto de corto plazo.

Análisis con indicadores económicos.

Valor Actual Neto (VAN).

El Valor Actual Neto de los ingresos y egresos mensuales son llevados al mes cero, donde se inicia el proyecto, con una tasa de interés del 1.5% mensual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector privado. Esta tasa es exclusivamente para proyectos de inversión de mediano plazo.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$I_a = \frac{I_n * [(1 + i)^n - 1]}{i * (1 + i)^n}$$

Dónde:

I_a = Interés restaurado al mes 0.

I_m = Interés Mensual (Ingresos – Egresos).

i = Tasa de Interés 1.5 % Mensual.

n = Número de meses 12.

Utilizamos el comando VAN, del Software Microsoft Excel y tablas APA sexta edición:

Tabla 13: Cálculo del VAN.

		VAN						
		Meses						
	0	1	2	3	11	12		
Inversión Inicial S/.	2850							
Ingresos S/.		658.44	658.44	658.44	658.44	658.44		
Egresos (Mantenimiento) S/.		142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	VAN	
Utilidad S/.	-2850	515.94	515.94	515.94	515.94	515.94	S/. 5,806.94	

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del Valor Actual Neto.

Se obtiene: $I_a = S/. 5806.94$

El valor actual neto es la variabilidad entre la utilidad actualizada del diseño (I_a) y el coste de inversión: $5806.94 - 2850 = S/. 2956.94$

Tasa Interna de Retorno.

Para hallar la Tasa Interna de Retorno, determinamos los ingresos más actualizados con una tasa de interés viable a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{I_a * [(1 + TIR)^n - 1]}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv = Inversión Inicial S/. 2850.

I_a = Utilidades Mensuales.

TIR = Tasa Interna de Retorno.

n = Número de meses: 12.

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno.

Utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 14.56 % mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual que es 1.5% mensual, lo cual hace viable la ejecución del proyecto.

Tabla 14: Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

	Meses						
	0	1	2	3	11	12	
Inversión Inicial S/	2850						
Ingresos S/		658.44	658.44	658.44	658.44	658.44	
Egresos (Mantenimiento) S/		142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	TIR
Utilidad S/	-2850	515.94	515.94	515.94	515.94	515.94	14.56%

Fuente: Elaboración propia del autor.

V. DISCUSIÓN

La utilización de los sistemas de frenos ABS en las motos lineales, cada vez es una necesidad, y en las últimas versiones desde los años 2014, las motos tienen el sistema de frenos antibloqueo, sin embargo, en el mercado existen motos que no tienen el sistema, pero que su adaptación con frenos ABS es de fácil instalación, lo cual técnicamente, a la moto le ocasiona mayor seguridad para el conductor.

La modulación de la presión es el fenómeno que origina que los frenos no se bloqueen cuando se aplican, es decir que el conductor puede seguir efectuando maniobras en el timón, a pesar de haber aplicado los frenos, esto evita los accidentes de tránsito.

La disminución de la distancia de frenado en el motor a diferentes velocidades, y la eficiencia de frenado, son los dos indicadores que hacen técnicamente viable la ejecución del proyecto.

Para velocidades superiores a los 100 Km/h, la eficiencia de frenado inclusive aumenta, debido a que el sensor de velocidad informa a cada momento a la unidad de control la velocidad del vehículo, para la modulación de la presión del líquido de frenos, en el sistema hidráulico que posee.

VI. CONCLUSIONES

En las mediciones efectuadas, se puede establecer que el valor de la eficiencia de frenado en los ejes delanteros de la moto, oscila entre 79.4 hasta 92.2%, y en el eje posterior entre 83.6 y 89.9%, en ambos casos no superan el 90%, que es óptimo para estos tipos de unidades en el cual por la geometría que tienen, y la fragilidad en el sistema de transporte, la precisión en la eficiencia del frenado es de importancia significativa.

Se realizó la instalación del kit de frenos ABS, en el cual se determinó que la potencia que requiere el sistema es de 54.66 Watt El motor eléctrico es de corriente continua con tensión de alimentación de la batería de la moto lineal, de 12 voltios, por lo tanto, la corriente eléctrica de 4.55 Amperios.

De las cinco motos a los que se hizo el cambio de sistema de frenos ABS, se ha evidenciado que a diferentes velocidades al momento que se aplica los frenos, existe una disminución de la distancia del frenado; en el caso de 100 Km/h entre 8 y 9 metros de distancia de frenado, para 90 Km/h una disminución de distancia de frenado entre 5 y 6 metros, y para una velocidad de 80 Km/h, se obtuvo una disminución de la distancia de frenado de 5 metros en promedio.

Se hizo el análisis económico, y se determinó un valor actual neto de S/. 2956.94 y una tasa interna de retorno (TIR) de 14.56%, indicadores que hacen viables la ejecución del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de los demás sistemas de la moto, como es el motor de combustión interna, sistema de amortiguación, sistema de dirección, a fin de que la instalación de los frenos ABS funcione de manera correcta.

Analizar el incremento de la seguridad al utiliza el sistema de frenos ABS, específicamente en circulación a altas velocidades, y la reducción del número de accidentes de la moto, al efectuar maniobra con el sistema ABS propuesto.

Hacer mantenimiento periódico de la moto, y del sistema de frenos, después de 10000 Km de recorrido a fin de ajustar y cambiar elementos del sistema evitar fallas en los sistemas.

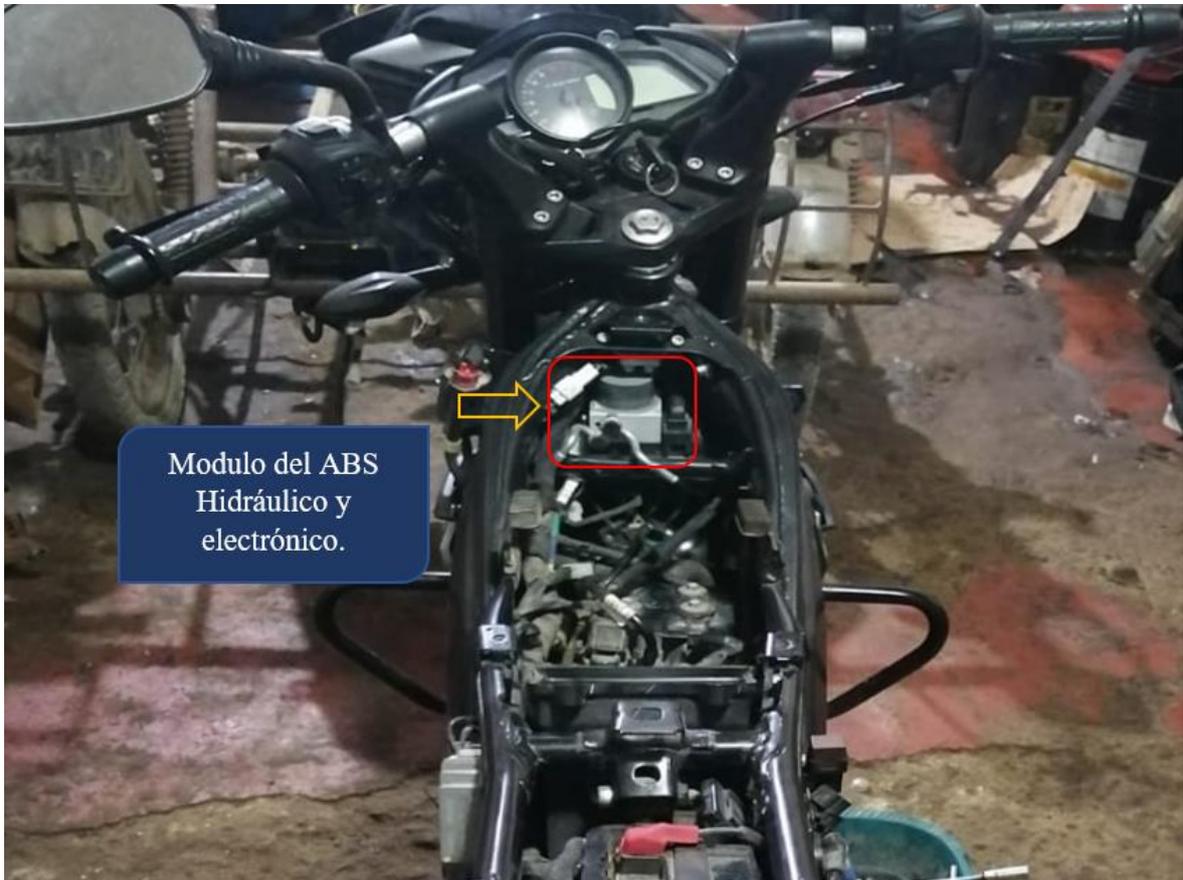
Plan de concientización a los conductores de motos, a fin de tener en cuenta la seguridad de utilizar el sistema de frenos ABS.

Referencias

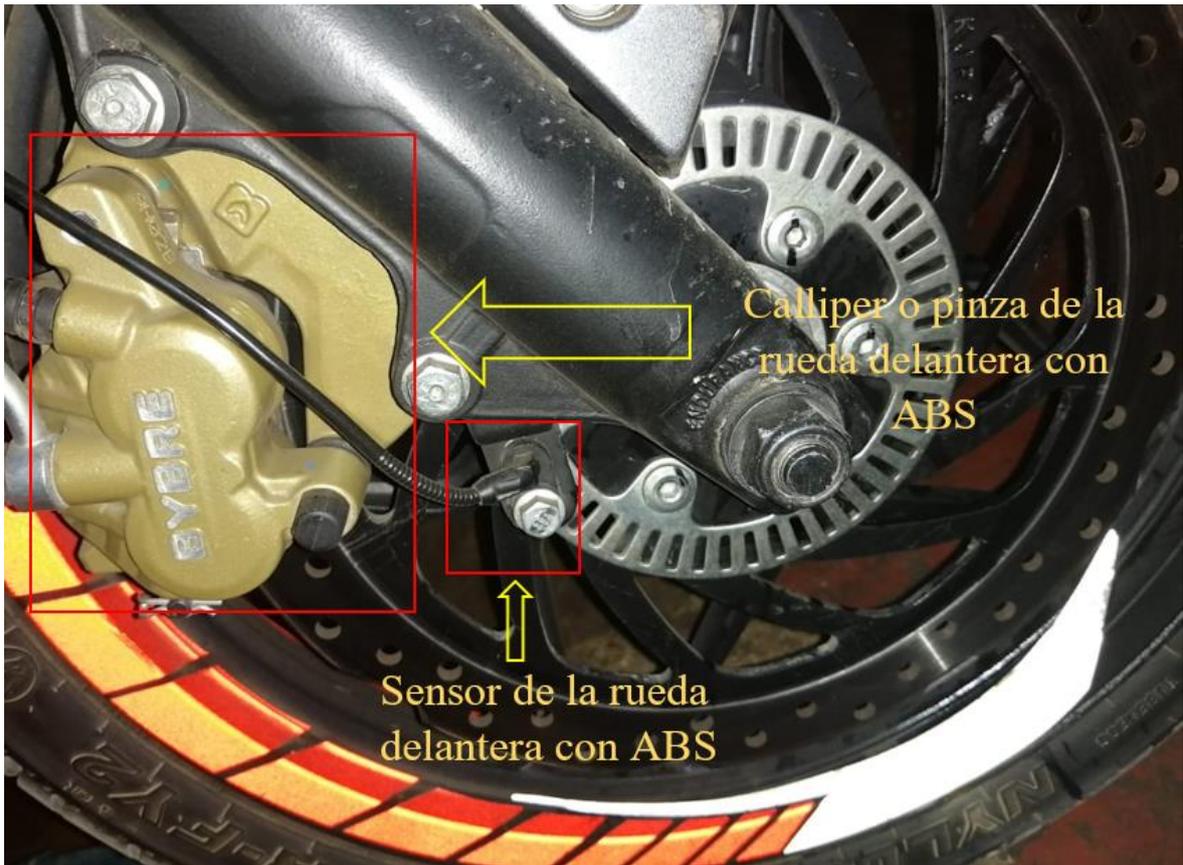
- Arellano Rodriguez,, L. M., & Noriega Brito, S. D. (05 de Mayo de 2013). *Diseño y construcción de un módulo de control ABS para el banco de frenos neumáticos, del Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE Extensión Latacunga*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6399>
- Bajaj motocicletas. (Mayo de 2015). Obtenido de <https://www.globalbajaj.com/media/20668/manual-bajaj-pulsar-ns200-y-as200-png.pdf>
- Barros Barzallo,, E. M., & Velez Tobar,, P. G. (Abril de 2016). *Implementación de un sistema de frenado ABS en una motocicleta Honda Invicta CBF 150M, presentado a la Universidad de AZUAY, Cuenca, Ecuador*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5576>
- Continental visionZero. (28 de Febrero de 2017). Obtenido de <https://www.motorpasion.com/continentalvisionzero/lo-que-nadie-te-conto-sobre-el-abs-para-motocicletas>
- Melendez Viscarra,, G. G. (Abril de 2017). *Implementación de un sistema ABS en el simulador de frenos por disco-tambor del taller de ingeniería automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial*. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/16542>
- Mora Intriago,, B. A., & Gramal Chimarro,, J. J. (03 de Marzo de 2013). *Diseño e implementación de un sistema de frenos ABS para motos*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6145>
- pasion, M. (20 de 02 de 2017). *Continental Vision Zero*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/continentalvisionzero/lo-que-nadie-te-conto-sobre-el-abs-para-motocicletas>
- Romero Eguiguren,, M. A., & Vazquez Valencia,, J. M. (Julio de 2016). *Estudio de efectividad del sistema ABS en motocicletas L3 de hasta 400cc a 2800msnm*. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1208>
- Wikimedia, p. (2020). Sistema antibloqueo de ruedas. *Wikipedia la enciclopedia libre*, 40.

Anexos

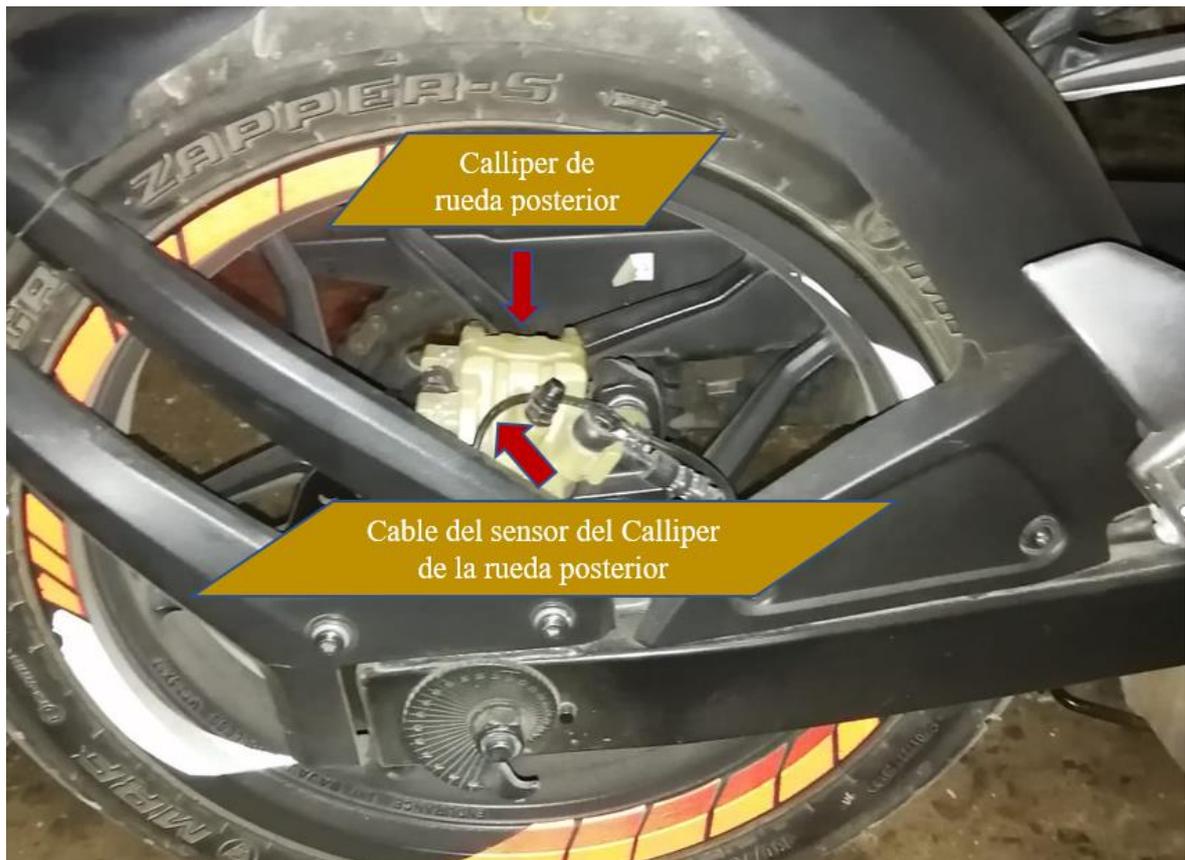
Anexo 1. Características de las motos en las cuales se ha realizado las pruebas en el ítem 4.4



Rueda delantera con ABS.



Rueda posterior con ABS



Modulo ABS



Bomba del líquido de frenos



Mantenimiento y cambio del líquido de frenos



Reemplazo del líquido de frenos

Instrumento para medir el grado del líquido de frenos del ABS



Check del sistema ABS en el tablero



Check del ABS
en el tablero

Conector para el escáner de los sistemas electrónicos.



Instalación del módulo hidráulico y electrónico del ABS.



Anexo 2. Frenos Neumáticos



Frenos eléctricos tipo botón y módulo del ABS.



Circuito del cableado del Sistema ABS.

