



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Título

“Aplicación de varios tipos de lubricantes y vibraciones en sistemas de transmisión de engranajes en procesos industriales para controlar la temperatura laboral”

Proyecto de Titulación para optar al Título de Ingeniero Industrial

Autores:

Auqui Montenegro Anderson Stiven

Shilquigua Guamán Leidy Mishel

Tutor:

Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg.

Riobamba – Ecuador. 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Auqui Montenegro Anderson Stiven con cédula de ciudadanía 0603733270 y Shilquigua Guamán Leidy Mishel con cédula de ciudadanía 0606040624, autores del trabajo de investigación titulado **“APLICACIÓN DE VARIOS TIPOS DE LUBRICANTES Y VIBRACIONES EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA LABORAL”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autores de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 23 días del mes de AGOSTO de 2022.



Auqui Montenegro Anderson Stiven

C.I: 0603733270



Shilquigua Guamán Leidy Mishel

C.I: 0606040624

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“APLICACIÓN DE VARIOS TIPOS DE LUBRICANTES Y VIBRACIONES EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA LABORAL”** por Auqui Montenegro Anderson Stiven con cédula de identidad número 0603733270 y Shilquigua Guamán Leidy Mishel con cédula de identidad número 0606040624, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, a los 23 días del mes de AGOSTO de 2022.

Ing. Carlos Mesías Bejarano Naula, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Ángel Alberto Silva Conde, Mg.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Ing. María Magdalena Paredes Godoy, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg.
TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“APLICACIÓN DE VARIOS TIPOS DE LUBRICANTES Y VIBRACIONES EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA LABORAL”** por Auqui Montenegro Anderson Stiven con cédula de identidad número 0603733270 y Shilquigua Guamán Leidy Mishel con cédula de identidad número 0606040624, bajo la tutoría de Ing. Luis Stalin López Telenchana; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

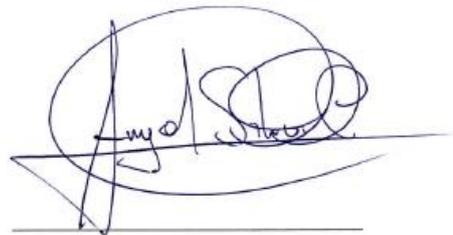
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, a los 23 días del mes de AGOSTO de 2022.

Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg.



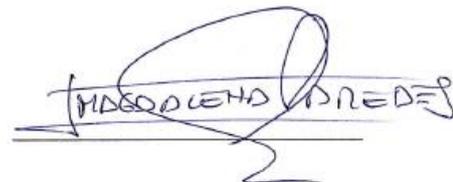
TUTOR DEL PROYECTO

Ing. Ángel Alberto Silva Conde, Mg.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. María Magdalena Paredes Godoy, Mgs.



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR

Yo, Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg, docente de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Chimborazo.

CERTIFICO

Haber revisado y asesorado en calidad de Tutor, el informe final del proyecto de investigación titulado: **APLICACIÓN DE VARIOS TIPOS DE LUBRICANTES Y VIBRACIONES EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA LABORAL**, luego de haber revisado el proceso de la investigación elaborada por los señores Auqui Montenegro Anderson Stiven con C.I: 0603733270 y Shilquigua Guamán Leidy Mishel con C.I: 0606040624, egresados de la carrera de Ingeniería Industrial, el mismo que cumple con los requisitos establecidos por la institución y méritos para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal designado.



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg.

TUTOR DEL PROYECTO

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Yo, Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg, docente de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Chimborazo.

CERTIFICO

Que, **AUQUI MONTENEGRO ANDERSON STIVEN** con CC: **0603733270** y **SHILQUIGUA GUAMÁN LEIDY MISHEL** con CC: **0606040624**, estudiantes de la Carrera **INDUSTRIAL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado ” **APLICACIÓN DE VARIOS TIPOS DE LUBRICANTES Y VIBRACIONES EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES EN PROCESOS INDUSTRIALES PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA LABORAL**”, y este cumple con el **6 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 23 de agosto de 2022.



Ing. Luis Stalin López Telenchana, Mg.

TUTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico primero a **Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, es quien ha guiado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto.

A mis padres, **Luis Auqui** y **Maricela Montenegro**, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, todos mis logros se los debo a ustedes, sobre todo este, ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, todo esto de la manera más desinteresada y llena de amor, gracias por todo mi Don Lu y mi Marita.

A mis hermanos, **Alex** y **Dayana**, por ser ese ejemplo y guía para siempre superarme, para no quedarme atrás y para entender que un resbalón no es caída, porque supieron estar a mi lado en cada uno de los momentos donde más necesitaba de sus consejos y enseñanzas.

A mis **tres sobrinos**, que sin duda alguna se han convertido en mi motor y mis ganas de seguir superándome cada día más y en un futuro poder ser su guía y su apoyo incondicional.

A mis docentes y amigos, que estuvieron conmigo a lo largo de la carrera, brindándome su soporte y compartiendo momentos que los llevaré en mi corazón y especialmente a mi compañera de tesis, por toda la ayuda, apoyo y consejos que me ha brindado en todo este proceso.

Y finalmente, a un ángel, quien fue la pieza fundamental que me acompañó durante toda mi etapa estudiantil, que estoy muy seguro de que estaría muy orgulloso de saber en lo que su nieto se ha convertido.

Anderson Auqui Montenegro

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico primero a **Dios** y a la **Virgen de Agua Santa**, por forjar mi camino y levantarme siempre de mi continuo tropiezo y por regalarme vida y sabiduría para poder cumplir este tan anhelado sueño.

A mi madre, **María Guamán**, por ser el pilar fundamental de mi vida, por haberme acompañado en cada noche de desvelo, por haberme enseñado que debo luchar por mis sueños y no descansar hasta conseguirlos, por haberme impartido valores, principios, ética y lealtad que me han permitido ser la persona que ahora soy y por haberme demostrado que nada en la vida es imposible a menos que no lo intente, mamita este logro no es mío, es nuestro. Y, a mi padre, **Julio Shilquigua**, por sus palabras de aliento que me sirvieron para continuar en este largo camino recorrido.

A mis hermanos, **Inés, Rosita, Héctor, Darío y Javier**, por no dejarme sola cuando sentía que ya no podía continuar, por ser un apoyo continuo en mi vida personal y académica, por celebrar conmigo cada triunfo y extenderme el hombro en cada derrota y por darme su ejemplo de amor incondicional, esperanza y bondad. Y, a mis cuñados, **Fredy y Fernando**, por ser como mis hermanos y confiar en cada paso que doy.

A mis sobrinos mayores, **Karen, Estiven y Aldair**, por haber creído en mi incluso en los momentos en los que ni yo mismo lo hacía, por haberme impulsado para ser grande y por haber sido como mis mejores amigos desde pequeños. Y, a mis sobrinos pequeños, **Kristhell, Mateo, Alan, Matías, Isaac, Benjamín y Sarahi**, por curarme el alma con cada abrazo, y por darme una razón más para vivir, ser un buen ejemplo para ustedes.

Finalmente, a mis docentes y amigos, con los que compartí momentos inolvidables a lo largo de mi carrera estudiantil y especialmente a mi compañero de tesis, por ser un ángel de luz en mi vida, sin él, este proceso se hubiese tornado aburrido.

Leidy Mishel Shilquigua

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, nosotros agradecemos a Dios por ser el inspirador y darnos fuerzas en el caminar de nuestro proceso para obtener uno de nuestros anhelos más deseados y que en todo momento estuvo junto a nosotros ayudándonos a aprender de nuestros errores y a no cometerlos otra vez.

A nuestra querida Universidad Nacional de Chimborazo quien nos acogió en su alma mater brindándonos una educación de calidad y formándonos como excelentes profesionales y seres humanos, en especial a la carrera de Ingeniería Industrial por abrirnos las puertas para explorar los conocimientos nuevos que adquirimos con el paso del tiempo, gracias a la enseñanza y paciencia de sus distinguidos docentes quienes forjan líderes para el mañana.

A nuestro tutor del proyecto, Ing. Luis López, Mg, quien con su desinteresado apoyo supo guiarnos en cada paso que dimos para la realización de la presente investigación, convirtiéndose más que un docente, en un amigo (*PF*) para nosotros, ya que gracias a su conocimiento, orientación y motivación supo cimentar las bases para nuestra futura vida profesional como Ingenieros Industriales.

A nuestros miembros de tribunal, Ing. Ángel Silva, Mg, e Ing. Magdalena Paredes, Mgs, quienes con su conocimiento nos brindaron un apoyo fundamental para el desarrollo de nuestra investigación, ya que, mediante sus enseñanzas a lo largo de nuestra vida universitaria, se pudo cumplir de mejor manera los objetivos planteados.

A nuestro Director de Carrera, Ing. Fabián Silva, Mg, por brindarnos las facilidades técnicas para el desarrollo experimental de nuestra tesis, y finalmente, a nuestros familiares, amigos y compañeros, quienes de una u otra manera formaron parte de esta maravillosa etapa.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. El Problema.....	19
1.2. Objetivos.....	20
1.2.1. Objetivo General.....	20
1.2.2. Objetivos Específicos.....	20
1.3. Justificación.....	21
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
1.4. Antecedentes de la Investigación.....	22
1.5. Estado del Arte.....	23
1.6. Fundamentación Teórica.....	28
1.6.1. Sistemas de transmisión mecánicas.....	28
1.6.2. Engranajes.....	28
1.6.3. Vibraciones mecánicas.....	28
1.6.4. Lubricación.....	28
1.6.5. Propiedades de los lubricantes.....	28
1.6.6. Clasificación de los aceites lubricantes.....	29
1.7. Definición de términos básicos.....	29
1.7.1. Confort Térmico.....	29
1.7.2. Disconfort Térmico.....	30

1.7.3.	Temperatura Operativa.....	30
1.7.4.	Sensación de Calor	30
1.7.5.	Sensación de Frio.....	30
1.7.6.	Medidor de Estrés Termino	30
1.7.7.	Lubricante.....	30
1.7.8.	ANOVA Multifactorial.....	31
1.7.9.	RStudio	31
1.7.10.	Significancia	31
1.7.11.	Normalidad	31
1.7.12.	Homocedasticidad.....	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		32
2.1.	Diseño de la Investigación	32
2.2.	Tipo de investigación.....	32
2.2.1.	Según la profundidad.....	32
2.2.2.	Según el carácter.....	32
2.3.	Población y Muestra	32
2.4.	Técnica de Recolección de Datos	33
2.5.	Técnicas Análisis e Interpretación de la información.....	33
2.6.	Operacionalización de las Variables	34
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		36
3.1.	Análisis de la Investigación	36
3.1.1.	Módulo de Experimentación	36
3.1.2.	Equipos de Medición.....	36
3.1.3.	Lubricantes	37
3.2.	Toma de Datos	38
3.3.	Hipótesis de la Investigación	40
3.3.1.	Hipótesis de Significancia	40
3.3.2.	Hipótesis de Normalidad	40
3.3.3.	Hipótesis de Homocedasticidad.....	41
3.4.	Análisis de Varianza	42
3.4.1.	Ordenamiento de Datos	42
3.4.2.	Programación de ANOVA Multifactorial en RStudio	44
3.4.3.	Contrastación de las Hipótesis.....	47
3.4.4.	Gráfico de Interacción	50
3.5.	Interpretación de Resultados.....	52

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
4.1. Conclusiones	52
4.2. Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las Variables del Proyecto de Investigación.....	34
Tabla 2: Elementos del Módulo de Experimentación	36
Tabla 3: Equipos de Medición.....	37
Tabla 4: Tipos de Lubricantes	37
Tabla 5: Datos de Vibración y Temperatura Operativa de la Investigación.	40
Tabla 6: Datos de Viscosidad, Vibración y Temperatura para el Análisis Estadístico.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Código de Programación en RStudio para Lectura de Datos.	44
Figura 2: Visualización de la Lectura de "data" en RStudio.	45
Figura 3: Código de Programación para Transformación de Variables en Factores.	45
Figura 4: Código de Programación para Aplicar el ANOVA de Dos Factores.	46
Figura 5: Visualización de la Lectura del Código de Aplicación del ANOVA de dos Factores.	46
Figura 6: Significancia de la Variable Viscosidad.	47
Figura 7: Significancia de la Variable Vibraciones.	47
Figura 8: Significancia de la Interacción de Viscosidad vs. Vibraciones.	48
Figura 9: Código de Programación para la Prueba de Shapiro – Wilk.	48
Figura 10: Prueba de Shapiro para Análisis de Normalidad de los Residuales.	49
Figura 11: Código de Programación para la Prueba de Levene.	49
Figura 12: Prueba de Levene para Análisis de Homocedasticidad de Temperatura vs. Viscosidad.	50
Figura 13: Prueba de Levene para Análisis la Homocedasticidad entre Temperatura vs. Vibraciones.	50
Figura 14: Código de Programación para el Gráfico de Iteración.	50
Figura 15: Gráfico de Interacción de Viscosidad, Vibraciones y Temperatura.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Gráfica de la Medición de Temperatura Con y Sin Aditivo.....	58
Anexo 2: Módulo de Experimentación.	59
Anexo 3: Medidor de Estrés Térmico.	60
Anexo 4: Medidor de Vibraciones.	60
Anexo 5: Apartado de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001.	61
Anexo 6: Lubricante original “Lubricante Multifuncional”.	61
Anexo 7: Desmontaje del sistema de transmisión por engranajes y limpieza del lubricante ya utilizado.	62
Anexo 8: Segundo lubricante, aceite de dos tiempos conocido como aceite mono grado – Castrol 140.....	63
Anexo 9: Tercer lubricante, lubricante de segundo uso específicamente un Havoline 30.	64
Anexo 10: Cuarto lubricante aceite multiusos conocido comúnmente como aceite 3 en 1.	65
Anexo 11: Quinto lubricante, aceite multigrado, específicamente un Havoline 20W – 50.	66
Anexo 12: Evidencia fotográfica de la obtención de datos.	67
Anexo 13: Evidencia de la base de datos, arrojada por el medidor de vibraciones y exportado en Microsoft Excel.....	68
Anexo 14: Lubricante Multifuncional.....	70
Anexo 15: Aceite Mongrado (Castrol 140).....	71
Anexo 16: Aceite de segundo uso (Havoline 30).....	72
Anexo 17: Aceite Tres En Uno.	74
Anexo 18: Aceite multigrado (Havoline 20w – 50).....	75
Anexo 19: Código de programación haciendo uso del Software RStudio.....	77

RESUMEN

El presente trabajo de investigación establece la influencia que tiene variables propias de procesos industriales como la, viscosidad de aceites lubricantes y las vibraciones en la variación de la temperatura operativa en sistemas de transmisión de potencia. Para lo cual se realizaron mediciones con equipos industriales como el medidor de estrés térmico y el medidor de vibraciones, utilizando cinco lubricantes industriales de distintas características técnicas, también se modificó el nivel de templado de la banda del sistema de transmisión y se cambió la posición de la caja de engranajes logrando de esta manera conseguir las condiciones propias de un sistema productivo con carga. Estos datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA Multifactorial, obteniendo como resultado del fundamento de significancia que, de la interacción de las variables, solamente la viscosidad es la variable independiente que influye directamente en el cambio de la temperatura operativa. Además, mediante el fundamento de normalidad se obtuvo que, los residuales de los datos pertenecen a una distribución normal y mediante la prueba de Levene para la verificación del fundamento de homocedasticidad se determinó la homogeneidad entre las varianzas de los datos.

Finalmente, cuando la viscosidad del aceite lubricante se encuentra entre el rango de 82.3 cSt y 120 cSt, la temperatura varía en un rango de 2 °C, mientras que, si la viscosidad del lubricante está entre 157.8 cSt y 360 cSt, la temperatura varía en un rango de 4 °C.

Palabras Claves: Lubricante, Viscosidad, Temperatura, Operativa, Vibraciones, Homocedasticidad, Normalidad, Significancia.

ABSTRACT

The present research establishes the influence of industrial process variables such as the viscosity of lubricating oils and vibrations in the operating variation temperature in power transmission systems. The measurements were made with industrial equipment such as the thermal stress meter and the vibration meter, using five industrial lubricants with different technical characteristics. The level of the transmission system tempering band was also modified, and the position of the gearbox. They were achieving the conditions of a productive system with the load. These data were statistically analyzed by Multifactorial ANOVA statistically obtained because of the significant basis that from the interaction of the variables, only viscosity is the independent variable that directly influences the change in operating temperature. In addition, through the foundation of normality. The residuals of the data belong to a normal distribution, and using the Levene test to verify the foundation of homoscedasticity, the homogeneity between the data variations will be reduced.

Finally, when the lubricating oil viscosity is between the range of 82.3 cSt and 120 cSt, the temperature varies in a range of 2 °C while the lubricant viscosity is between 157.8 cSt and 360 cSt, the temperature varies in a range of 4 °C.

Keywords: Lubricant, Viscosity, Temperature, Operation, Vibrations, Homocedasticity, Normality, Significance.



Firmado electrónicamente por:
MARCELA PATRICIA
GONZALEZ ROBALINO

Reviewed by:
Mgs. Marcela González Robalino
English Professor
c.c. 0603017708

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas buscan una rentabilidad estable en base a los procesos que ejecutan, consiguiéndola, mediante la optimización de los recursos que tienen a su disposición. Uno de los elementos fundamentales en cualquier organización es el trabajador, por ende, su salud, confort y bienestar en su puesto de trabajo son de vital importancia, es por ello que los Ingenieros Industriales deben conocer como las variables propias de un proceso afectan directamente en la *temperatura operativa* a la que los usuarios estarán expuestos durante una jornada laboral.

Es fundamental establecer las variables que generan cambios en la *temperatura operativa*, ya que según Stérling (2015) “la existencia de altas temperaturas en el ambiente laboral constituye una fuente de problemas para el rendimiento en la producción y especialmente en el confort y la salud de los trabajadores” (p. 5).

Con el presente proyecto de investigación se demuestra que los procesos industriales, sobre todo en los que se involucran sistemas de transmisión tanto de potencia como de movimiento desprenden calor, que influye en la temperatura operativa del puesto de trabajo dentro de una empresa, para esto se realizaron mediciones en un banco de pruebas con elementos rotativos.

Las variables independientes a analizar en este estudio son los lubricantes y vibraciones, debido a que de estos depende el buen funcionamiento de los sistemas de transmisión bajo carga. Para el establecimiento de la relación de dependencia de la temperatura operativa con respecto a las variables de vibraciones y tipos de lubricantes, se hace uso de un método estadístico denominado ANOVA Multifactorial, que analiza la varianza de los datos en función de los fundamentos de normalidad, simplicidad y homocedasticidad mediante la utilización del Software “RStudio”.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El Problema

A nivel mundial, los ingenieros industriales han sido los encargados de salvaguardar la integridad de los trabajadores en el ámbito laboral, intentado mitigar, reducir o eliminar en medida de lo posible, los distintos tipos de riesgos desde su fuente de origen. Por ello, se basan en sistemas técnicos de gestión que involucran de forma óptima la administración y control, con el fin de preservar la seguridad en los procesos técnicos que estudian.

A nivel mundial, la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) define al *confort térmico* como, “aquella condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. Además, según Cabrera & Salazar (2016), el confort término es el punto de equilibrio entre las sensaciones psíquicas y fisiológicas del ser humano y su entorno inmediato, por lo que se considera a este como un estado mental en el que se involucran variables objetivas y subjetivas entre el cuerpo humano y su contexto (p. 79).

Internacionalmente, Neffa (2002) menciona que “Al incrementarse la carga térmica por encima de los valores considerados normales por el propio trabajador, este experimenta molestias, incomodidad y progresivamente disminuye su actividad mental” (p. 35).

En teoría se sabe que, cuando un sistema de transmisión por engranajes sufre un desgaste por fricción, que a su vez puede ser generado por una inadecuada lubricación, este provoca que la temperatura del sistema aumente de forma gradual, por ende, la temperatura operativa también se podría ver afectada. Según Pérez (2021) manifiesta que “Los fallos en engranajes se asocian principalmente a la lubricación inadecuada y a malas prácticas en la manipulación del sistema de transmisión”.

En Ecuador, Noriega, Simbaña, & Torres (2018) mencionan que “es importante estudiar una de las características que poseen los aceites lubricantes tales como la disminución del coeficiente de rozamiento por las propiedades del aditivo, y paralelamente si disminuye su rozamiento, la temperatura tendrá un valor menor” (p. 3). Asimismo, según Espinoza (2019) indica que “los análisis vibratorios permiten conocer e identificar las fallas más comunes en los equipos rotatorios ocasionados por, temperaturas inadecuadas, malos alineamientos, golpeteos por desgastes, engranajes en posiciones no correctas.”

Es importante destacar que un módulo de experimentación permite realizar ensayos de transmisión, facilitando la simulación de las condiciones reales del contacto entre los elementos y la evaluación de su comportamiento.

Además, se conoce que cuando los trabajadores realizan sus labores en un ambiente con desconfort térmico, alta humedad o sensación de calor, estos podrían ser causales de problemas, que se los conocen como trastornos producidos por el calor.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Aplicar varios tipos de lubricantes y vibraciones en sistema de transmisión de engranajes en procesos industriales para controlar la temperatura operativa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar el estado del arte relacionado a la temperatura operativa y el confort térmico.
- Aplicar distintos tipos de lubricantes en el sistema de transmisión determinando la temperatura operativa a la cual está sometido.
- Determinar el comportamiento de la temperatura operativa cuando varía el valor de las vibraciones en el sistema de transmisión.
- Analizar la dependencia de la temperatura operativa en función de la variación de las vibraciones y del tipo de lubricante empleado mediante ANOVA de Dos Factores.

1.3. Justificación

La Universidad Nacional de Chimborazo genera investigaciones que aporten de manera significativa a solucionar problemas en el sector industrial, formando profesionales de Ingeniería Industrial capaces de evaluar procesos industriales con el fin de establecer las condiciones adecuadas y óptimas para los usuarios de las diferentes áreas dentro de cualquier sistema de producción.

La presente investigación va encaminada a mejorar la productividad y el desarrollo sustentable y sostenible de las industrias, mediante el empleo de conocimiento teórico-práctico que involucra aplicar distintos tipos de lubricantes y vibraciones para determinar el comportamiento de la temperatura operativa en un sistema de transmisión.

Se ha decidido relacionar las variables de lubricantes y vibraciones debido a que por lo general, los procesos industriales necesitan de sistemas de transmisión que incluyen componentes que requieren condiciones adecuadas de funcionamiento, además de que emplean motores, que de acuerdo con su capacidad emiten vibraciones y generan temperaturas que pueden alterar el confort térmico de los usuarios.

Para que un trabajador se sienta realmente cómodo dentro de su puesto de trabajo, es indispensable que los estudios de confort térmico, se basen en datos obtenidos mediante mediciones de campo. Por este motivo, es fundamental que los ingenieros industriales conozcan la relación de dependencia de la temperatura con respecto a las vibraciones y los tipos de lubricantes, en procesos industriales con sistemas de transmisión, mediante el análisis de los datos cualitativos obtenidos, para de este modo, dejar de lado los estudios técnicos basados en supuestos empíricos y pasar a generar estudios basados en conocimientos reales.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

1.4. Antecedentes de la Investigación

La temperatura operativa viene siendo desde la antigüedad, un aspecto fundamental a tomar en cuenta para mantener al trabajador dentro de un ambiente laboral adecuado. Que un trabajador se encuentre expuesto a sensaciones de calor o frío, puede generar que su desempeño se vea afectado, por este motivo se han desarrollado varios estudios en este aspecto, algunos de estos se presentan a continuación:

En la Dirección de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el autor Vargas Reinosos Ediam Cristiano, en el año 2014 desarrolla un proyecto de investigación titulado *“Evaluación de las Condiciones Ambientales de Temperatura y su Incidencia en la Salud Laboral de los Trabajadores en los Procesos Productivos de la Empresa Nevado – Ecuador en el Año 2013. Diseño de una Propuesta de Intervención”* donde se concluyó que aparte de las molestias inmediatas ocasionadas por la exposición a temperaturas operativas de frío y calor, también estas causas alteraciones en la salud de los trabajadores de forma directa, estas enfermedades se derivaron en Faringoamigda, BactAgud; Sd. Gripal; Faringitis bacteriana, entre otras, como consecuencia de la exposición a temperaturas en los diferentes procesos de la empresa.

En el artículo científico publicado por Molina & Veas (2012) que se titula como "Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno", se logró concluir que para un primer análisis sobre el confort térmico se debe tener en cuenta la preferencia de vestimenta de los usuarios, las actividades que realiza, sus hábitos y costumbres de moda, ya que estos pueden influir en la variación leve del confort.

En la tesis de Pesántes (2012) de la Universidad de Cuenca, la cual se titula *“CONFORT TÉRMICO EN EL ÁREA SOCIAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CUENCA-ECUADOR.”* se menciona la importancia de que un área o local no solo tenga una calidad estética, sino una calidad ambiental en lo que se refiere a temperaturas, todo esto como consecuencia de una razonable aplicación de estrategias. Dentro de sus conclusiones se destaca que con las condiciones terminas ideales podemos promover un ahorro de recursos energéticos, debido a que evitamos el empleo de ventiladores u otros elementos que consuman energía para disminuir la temperatura de manera artificial.

Con estas investigaciones se pone en evidencia la importancia de gestionar el ambiente laboral desde el punto de vista del confort térmico, para controlar la sensación de frío o calor que está estrechamente ligado con la temperatura operativa y su influencia sobre los trabajadores.

Por otro lado, con respecto a las variables independientes como son los tipos de lubricantes y las vibraciones, que son las variables que se manejarán dentro de los procesos industriales que contengan un sistema de transmisión por engranajes, los cuales son muy comunes en las empresas industriales, se presentan los siguientes estudios:

En la tesis de Villareal (2020) publicada en el repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo, con el título “*Análisis de espectros de frecuencia de vibraciones de engranajes en el reductor planetario Flender de la transmisión del molino 3 del área de Extracción de la Agroindustrial Cartavio S.A.A.*”, investigación con la cual se logró llegar a la conclusión de que las vibraciones dentro del molino en estudio, se producen principalmente debido al desalineamiento y pulsaciones en la primera estación helicoidal y a la frecuencia de ensamble de engranajes en ambas estaciones planetarias, afectando de este modo directamente al mal funcionamiento de la máquina y por ende a la productividad de la empresa.

Además, en el artículo científico de Criollo, Guasumba, Ñato, & Segarra (2021) que responde al título “*Caracterización Tribológica en Combinación en Varios Aceites y Aditivos Lubricantes en Sistemas Automotrices*” publicado en la Revista Científica Dominio de las Ciencias. El autor logró dejar evidenciado que, a mayor calidad de lubricante, mayor rendimiento de la transmisión por engranajes, además de que concluye que con una adecuada dosificación y empleo del lubricante se puede lograr un menor índice de fricción, por ende, la temperatura que esta fricción emana se verá reducida gradualmente.

1.5. Estado del Arte

Desde hace algunos años atrás, se ha vuelto característico estudiar el comportamiento y o alteración de la **temperatura** en los diferentes ambientes laborales, evaluar las condiciones térmicas de un determinado lugar para saber las afecciones que estas provocan en los trabajadores, se ha convertido un tema controversial en las investigaciones de los involucrados en el área de la Seguridad y Salud Ocupacional.

Por este motivo, se destaca un trabajo de investigación que responde al nombre “*Evaluación de las Condiciones Ambientales de Temperatura y su Incidencia en la Salud Laboral de los Trabajadores en los Procesos Productivos de la Empresa Nevado – Ecuador en el Año 2013. Diseño de una Propuesta de Intervención*”, realizado por Vargas Reinosos Ediam Cristiano, en el año 2014.

En la investigación antes mencionada, se destacan dos objetivos generales, los cuales centran sus esfuerzos en evaluar las condiciones ambientales de la empresa en estudio y proponer una propuesta de intervención enfocada a prevenir los riesgos que se fueron presentando durante el estudio. Y, dentro de los objetivos específicos se detallan los siguientes:

1. Determinar las condiciones ambientales de temperatura en el control del índice de estrés térmico en los trabajadores de los procesos productivos.
2. Valorar las alteraciones en la salud laboral de los trabajadores para el establecimiento de condiciones adecuadas de trabajo.
3. Establecer las medidas de prevención y protección, resaltando su grado de fiabilidad y confort por intermedio de los resultados obtenidos de las evaluaciones dirigidos hacia el mejoramiento y optimización de las condiciones de trabajo.
4. Diseñar una propuesta de intervención delineando programa de prevención laboral evitando los riesgos laborales mediante capacitaciones y adiestramiento, aclimatación, vigilancia a la salud, instalaciones

adecuadas, aislamientos, tiempos de exposición, rotación de personal entre los trabajadores considerando los factores físicos detectados como peligrosos, en la empresa Nevado – Ecuador. (Vargas, 2014, p. 12,13)

La *Empresa Nevado – Ecuador*, donde se llevó a cabo la investigación mencionada, se dedica básicamente al cultivo, producción y exportación de rosas de alta calidad. Esta empresa se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, específicamente en el Cantón Salcedo. La justificación para realizar el estudio dentro de dicha empresa, se basa en las molestias que presentan los trabajadores a consecuencia de los cambios de temperatura, aun cuando trabajan a campo abierto y dentro de invernaderos simultáneamente.

El autor del documento, Vargas Ediam, detalla una gestión técnica de riesgos laborales como procedimiento para llevar a cabo su investigación, esto se manifiesta debido a que detalla cuatro fases en su estudio, como son la identificación inicial, medición, evaluación y control de los riesgos que se encuentren dentro del proceso productivo de las rosas. Para esto, Vargas hace uso de una *Matriz de Evaluación de Riesgos Laborales* basada en la metodología INSHT.

Una vez que se identificó que la exposición al frío y calor es un riesgo fuera de control catalogado como *riesgo importante* en la empresa, y que el WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature – Índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo*) está fuera de los límites permisibles según la norma de referencia, el autor concluye su estudio asegurado que el estrés térmico presente dentro de la industria *Nevado – Ecuador* es la principal causa de enfermedades profesionales en los trabajadores.

Además, asevera que las diferentes molestias que presentaron los trabajadores, como dolor de cabeza, desconcentración, etc., se deben principalmente al discomfort térmico que se palpa en cada uno de los puestos de trabajo, por lo que recomienda que se estudie la incidencia de las condiciones ambientales de temperatura en el rendimiento adecuado de los trabajadores.

Finalmente, en la propuesta de intervención que presenta el autor para la empresa *Nevado – Ecuador*, destaca diferentes medidas de control (de tipo correctivas y preventivas) como la medicina preventiva; exámenes pre-ocupacionales y ocupacionales; y el control semestral de los riesgos, estas medidas están encaminadas a reducir el estrés térmico en la empresa y de este modo mitigar las molestias que presentan los trabajadores, para así aumentar su rendimiento laboral.

Por otro lado, para la presente investigación, es importante también indagar en estudios basados en el uso de los diferentes *tipos de lubricantes*, estos se conocen también como *Análisis Tribológico* y basan sus principios en el diagnóstico de la fricción, lubricación y desgaste de dos superficies que se encuentran interactuando entre sí, por ejemplo, las chumaceras o los engranajes.

De ahí que, se hace énfasis en el artículo de investigación realizado por Noriega Marcelo, Simbaña Diego y Torres Darío, en el año 2018, titulado “*Estudio Tribológico en Función de la Temperatura utilizando Aditivos No Sólidos*”.

En la investigación citada anteriormente, los autores resumen que el estudio se justifica debido a que, en la actualidad se ofertan numerosos tipos de aditivos que mejoran la eficacia del motor, en el presente proyecto estudió los comportamientos tribológicos en función de la temperatura ya que esta variable establece el pulso de inyección adecuado a una temperatura determinada; analizando la curvatura del punto elástico al punto plástico, y como está pendiente puede variar hasta que el motor llegue a su temperatura ideal de trabajo, lo que significa que si se controla esta temperatura los materiales obtendrán tratamientos térmicos a temperaturas controladas y constantes, prolongando su vida útil ya que se disminuye el coeficiente de fricción al utilizar aditivos no sólidos con una estabilidad de 80000km. (Noriega, Simbaña, & Torres, 2018)

Para la investigación, los autores tienen como finalidad distinguir las diferentes características de los aditivos no sólidos que se añaden al aceite para disminuir el desgaste del motor en función de la *temperatura* que emana el mismo, los autores manifiestan esto, debido a que aseguran que los aditivos no sólidos no pierden sus propiedades en cada cambio de aceite, lo que hace que la vida útil del mismo sea más extensa.

Los autores utilizan para la investigación el *Método Inductivo*, que se caracteriza por hacer uso del pensamiento global o general en cuanto a una afirmación, es decir la hipótesis en estudio puede aceptarse, sin embargo, esto no garantiza la total veracidad de la misma.

Para el estudio, los autores emplean materiales como un vehículo que servirá como “banco de pruebas” para la extracción de datos; un lubricante estándar para todo el estudio que en este caso es el Mobil-20W50; un aditivo no sólido para determinar las características del mismo y el equipo de medición que en este caso se trata del Scanner G-SCAN2 que permitió observar el comportamiento de la temperatura en un periodo de tiempo determinado, cabe recalcar que el equipo utilizado permite la toma de datos en tiempo real.

Los investigadores establecieron una temperatura estándar de inicio de 23°C y con este dato, tomaron los datos necesarios donde se evidencia el incremento gradual de la temperatura del motor hasta llegar a la temperatura ideal de trabajo que según el manual es de 93°C, cuando este se encuentra con el aceite lubricante sin el aditivo no sólido.

Por el contrario, cuando se adiciona el aditivo no sólido al lubricante, y se vuelve a efectuar la toma de datos, se muestra gráficamente (**Ver Anexo 1**) como la temperatura haciendo de forma menos prolongada hasta la temperatura ideal, por tal motivo, los autores afirman que el uso del aditivo en el lubricante si controla el aumento abrupto de la temperatura en el motor.

En conclusión, los autores llegaron a determinar la dependencia de la temperatura en función del uso del lubricante que incluya un aditivo sólido, ya que según manifiestan ellos, el aditivo sólido disminuye de forma significativa la fricción existente y, por ende, el desgaste del motor, además citan que para que dichas propiedades mejoren, la mezcla debe ser de 4 onzas/galón de aceite lubricante.

Finalmente, los autores añaden que con este método se controló el tratamiento térmico de la estructura interna del motor, logrando así una vida útil más larga para los elementos rotacionales presentes en el subsistema.

A medida que seguimos con la investigación, es muy importante tener conocimiento sobre información que involucre a las *vibraciones*, que vienen hacer consideradas como una oscilación o movimiento en constantes repeticiones que sufre un objeto que se encuentre en equilibrio. De aquí que parten los fundamentos de realizar análisis vibracional, lo cual involucra, capturar una señal de vibración para establecer una relación medible y que se pueda interpretar con el estado actual de un activo.

Es por esto que mencionamos y hacemos énfasis en un trabajo de investigación realizado por Norma Angélica Benítez González, en el año 2011, el cual se titula. *“Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort.”*

La autora de esta investigación la resume en que el cuerpo humano siempre estará expuesto a consecuencias originadas por las vibraciones que provengan de diferentes fuentes y que estas pueden generar un discomfort en la persona, logrando que esta no se desempeñe como debería hacerlo y provocando incomodidad al momento de realizar trabajos donde se exponga a vibraciones mecánicas.

En este trabajo se desarrolla un sistema de medición y análisis de señales de vibración. Estimar mecánicamente el grado de su impacto en la salud y el confort humanos expuesto. El sistema permite la medición y análisis de señales de vibración en el dominio tiempo y frecuencia en dos etapas, la primera de recolección y almacenamiento de datos. La segunda es analizar la información de la señal para obtener información. Sobre el grado de cambio en el confort y la salud.

A medida que se va desarrollando la investigación la autora menciona que:

La complejidad de la vibración y la diversidad en la respuesta humana genera interés en el desarrollo científico para poder establecer relaciones entre la vibración y sus efectos no solo en la salud sino también en la temperatura que está presente para el discomfort del trabajador. La vibración tiene formas diversas. La evolución de la vibración debe considerar su magnitud, su contenido en frecuencia, así como de la dirección de propagación y cómo cambia con el tiempo. (González, 2011)

El estudio presenta la generalidad de la exposición humana a las vibraciones, que características, formas de adquisición y métodos de medición y evaluación de todo el cuerpo. También se mencionan herramientas con las cuales, el procesamiento de señales digitales es útil para extraer características de vibraciones, cómo realizar análisis espectrales, etc. Reconocimiento de patrones y proporcionando información importante para identificar y clasificar posibles efectos en la salud, comodidad humana.

La autora finalmente logró tener un sistema el cual obtuvo un 90% de efectividad en el reconocimiento de herramientas de trabajo y un 75% en el reconocimiento de posibles alteraciones a la salud. Mide efectivamente todos los valores requeridos en las Normas

correspondientes. Esto se comprobó en pruebas con un equipo CESVA SC310 con función de vibración. (González, 2011)

Concluyendo así que, al momento de analizar señales de vibraciones mecánicas y extraer características importantes sobre la salud y el confort de las personas expuestas. Dentro del alcance de la investigación realizada en el campo y la información disponible, el sistema puede determinar el nivel de molestia que está ligado a las vibraciones en el cuerpo y a que genera un alza en la temperatura del sitio de trabajo lo que provoca mayor discomfort laboral.

1.6. Fundamentación Teórica

1.6.1. *Sistemas de transmisión mecánicas*

Se denominan transmisiones mecánicas a los mecanismos que se emplean para transmitir la energía mecánica, desde la máquina o elemento motor a los órganos de trabajo de una máquina, con transformaciones de las velocidades, de las fuerzas o momentos, y a veces con la transformación del carácter y de la ley del movimiento. (Flores, 2012, p. 19)

1.6.2. *Engranajes*

Un engranaje es un mecanismo utilizado para transmitir y transformar el movimiento rotacional. Es utilizado para realizar un cambio en la velocidad o para variar el par de salida de un dispositivo que se encuentra girando. Un ejemplo muy claro es la caja de velocidades de un auto, el cual permite variar la velocidad y el par de salida dependiendo de lo requerido con la potencia que dispone el motor del automóvil. (Benites, 2012, p. 46)

1.6.3. *Vibraciones mecánicas*

Una vibración mecánica puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de una posición de equilibrio, sin que se produzca desplazamiento "neto" del mismo. Si el objeto que vibra entra en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos, que dependen de las características de la vibración. (IDEARA, 2014, p. 9)

1.6.4. *Lubricación*

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante (gaseoso, líquido o sólido) de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste. El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, etc. (Linares, 2017, p. 3)

1.6.5. *Propiedades de los lubricantes*

El uso de los lubricantes es tan común que no nos damos cuenta de que sus propiedades físicas y químicas hacen la diferencia en el desempeño de cualquier máquina, por eso es necesario destacarlas y dar una visión de la necesidad de aprovecharlos en la operación. Aquí mencionaremos sólo las propiedades físicas y químicas más destacadas, en cuanto a propiedades físicas se describe densidad, viscosidad, untuosidad, los puntos de inflamación, combustión y congelación y el color y las propiedades químicas, acidez, índice de basicidad y oxidación. (Salazar, y otros, 2015, p. 64)

Propiedades Físicas

- Densidad
- Viscosidad
- Untuosidad
- Punto de inflamación
- Punto de combustión
- Punto de congelación
- Color

1.6.6. Clasificación de los aceites lubricantes

Hay muchas maneras en las que se puede clasificar a los lubricantes, por ejemplo, por normas de calidad, por proceso o por su procedencia. La clasificación por su origen es la más interesante ya que permite observar qué tan difícil es la fabricación de éstos. (Salazar, y otros, 2015, p. 65).

Los aceites minerales proceden de la destilación del aceite, por lo que su origen es 100% natural. El aceite mineral inferior se compone de tres tipos de compuestos: parafínico, naftalina y aromático, y tiene la mejor lubricidad, por lo que el primero se encuentra en la mayoría (60~70%), pero la naftalina y los compuestos aromáticos: especialmente a bajas temperaturas. Fragancias que contienen ingredientes que no se encuentran en las parafinas, como el buen carácter y la pérdida de peso. (Salazar, y otros, 2015, p. 65).

Según (Salazar, y otros, 2015) “**Los aceites sintéticos** no tienen un origen directo. Está hecho de petróleo crudo o petróleo, pero es un subproducto del petróleo. realmente perdido Debido a su rendimiento y durabilidad mejorados, son más caros que los aceites minerales”. (p. 65).

Los aceites semisintéticos son los resultantes de mezclar o combinar minerales y sintéticos. No más de un 30% de sintético y el restante de mineral. Gracias a esta combinación se obtienen buenas ventajas de ambos aparte que son más baratos que los sintéticos. (Salazar, y otros, 2015, p. 65).

1.7. Definición de términos básicos

1.7.1. Confort Térmico

Según Pesántes (2012) “El confort térmico tiene como objetivo brindar parámetros referentes para así poder valorar las condiciones micro climáticas de un espacio y determinar si son adecuados térmicamente para el uso del ser humano.” (p. 17)

1.7.2. *Disconfort Térmico*

La principal condición para que una situación pueda resultar confortable es que satisfaga la ecuación del balance térmico, o lo que es lo mismo, es necesario que los mecanismos fisiológicos de la termorregulación sean capaces de llevar al organismo a una situación de equilibrio térmico entre la ganancia de calor y la eliminación del mismo. Cuando esta situación no es posible y el ambiente es caluroso o frío se encuentran en una situación no confortable o de disconfort, que dista mucho de ser una situación de estrés térmico. (Vargas, 2014, p. 22)

1.7.3. *Temperatura Operativa*

La temperatura operativa es útil para la evaluación del confort térmico, gracias a que de manera más fidedigna representa la temperatura “sentida” por una persona en un ambiente interior. Es, de manera simplificada, el valor medio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media. (Blender, 2015, p. 1)

1.7.4. *Sensación de Calor*

En el cuerpo humano, el sensor de calor en el hipotálamo envía los impulsos cuando la **temperatura excede 37°C**, y con los aumentos de temperatura el número de impulsos aumenta. Se cree que las señales de estos dos sistemas de sensores forman la base para nuestra evaluación del ambiente térmico. (Chávez del Valle, 2002, p. 25)

1.7.5. *Sensación de Frío*

El cuerpo humano experimenta sensación de frío cuando la temperatura de la piel cae **debajo de 34°C**, nuestros sensores fríos empiezan a enviar los impulsos al cerebro; y cuando la temperatura continúa cayéndose, los impulsos aumentan en número. El número de impulsos también es una función de la velocidad con que desciende la temperatura de la piel, una rápida caída de la temperatura resulta en muchos impulsos enviados en forma de “titiriteos”. (Chávez del Valle, 2002, p. 25)

1.7.6. *Medidor de Estrés Térmico*

Los medidores de estrés térmico se emplean fundamentalmente para evaluar el puesto de trabajo. Estos medidores de estrés detectan la temperatura y la clasifican dependiendo de la humedad. La denominación estándar mundial para ello es la WBGT (Wet Bulb Globe Temperature Index) (PCE-IBERICA, 2022)

1.7.7. *Lubricante*

Los lubricantes son sustancias que facilitan el deslizamiento y disminuyen, por tanto, el rozamiento entre partes de piezas de máquinas o mecanismos en movimiento relativo. En la más amplia acepción del vocablo, un lubricante puede ser un sólido, un líquido o un gas. (Salazar, y otros, 2015, p. 63)

1.7.8. ANOVA Multifactorial

Si la(s) variable(s) explicativas son categóricas en vez de continuas entonces nos enfrentamos ante un caso típico de análisis de la varianza o ANOVA (ADEVA en español). Al igual que antes, si $p = 1$, el análisis se denomina ANOVA unifactorial, mientras que si $p > 1$ el análisis se denomina ANOVA multifactorial. Si en vez de una variable respuesta continua tenemos dos o más Y, entonces el análisis se denomina ANOVA multivariado (MANOVA) de uno o varios factores. Este tipo de análisis también queda fuera del ámbito de esta sesión. (Cayuela, 2014, p. 4).

1.7.9. RStudio

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R. Incluye una consola, un editor de resaltado de sintaxis que admite la ejecución directa de código, así como herramientas para el trazado, el historial, la depuración y la gestión del espacio de trabajo. R es un entorno de software libre (licencia GNU GPL) y lenguaje de programación interpretado, es decir, ejecuta las instrucciones directamente, sin una previa compilación del programa a instrucciones en lenguaje máquina. El término entorno, en R, se refiere a un sistema totalmente planificado y coherente, en lugar de una acumulación de herramientas específicas e inflexibles, como suele ser el caso en otros softwares de análisis de datos. (RStudio, 2022)

1.7.10. Significancia

El término denota la probabilidad de error al decidir rechazar la hipótesis nula asumiendo que es verdadera (denominado “error tipo I” o “falso positivo”). Para tal caso, se utiliza como criterio de decisión el nivel de significancia (por conveniencia, 0.05) y cuando el valor de p es inferior a este criterio, se rechaza la hipótesis nula. (Ventura León, 2017)

1.7.11. Normalidad

Según (Amat Rodrigo, 2017), los análisis de normalidad, también llamados contrastes de normalidad, tienen como objetivo analizar cuánto difiere la distribución de los datos observados respecto a lo esperado si procediesen de una distribución normal con la misma media y desviación típica.

1.7.12. Homocedasticidad

Para (Amat Rodrigo, 2017), el supuesto de homogeneidad de varianzas, también conocido como supuesto de homocedasticidad, considera que la varianza es constante (no varía) en los diferentes niveles de un factor, es decir, entre diferentes grupos.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de la Investigación

Teniendo en cuenta que la finalidad de esta investigación es conocer datos específicos y reales con los cuales un ingeniero industrial se pueda basar para generar un sistema de gestión, capaz de relacionar los cambios de temperatura operativa con las vibraciones y el tipo de lubricante utilizados en un sistema de transmisión, esta puede catalogarse bajo un diseño de investigación experimental ya que tendremos variables que se mantengan en función de otras, en este caso será la temperatura y también se cuenta con variables que serán manipuladas, es decir, sometidas a experimentación, como es el caso de las vibraciones y los tipos de lubricantes.

Según (Ramos, 2021) cita que “la investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente”. Tal y como se va a llevar a cabo el presente proyecto de investigación.

2.2. Tipo de investigación

2.2.1. Según la profundidad

La presente investigación es del tipo *causal*, a la cual también se le denomina *explicativa* pues esta pretende estudiar la relación existente entre dos o más variables de estudio y busca definir el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado en las variables independientes. Este tipo de investigación es tanto experimental como estadística, y se puede realizar bajo la supervisión del investigador tanto en un laboratorio como en campo.

Según Nicomedes (2018) indica que “la investigación explicativa es un nivel más complejo, profundo y riguroso de la investigación básica, cuyo objetivo principal es la verificación de hipótesis causales o explicativas; el descubrimiento de nuevas leyes científico-sociales, de nuevas micro teorías sociales que expliquen las relaciones causales de las propiedades o dimensiones de los hechos, eventos del sistema y de los procesos sociales”. (p. 2)

2.2.2. Según el carácter

La presente investigación es del tipo *cuantitativa* ya que consistirá en la recolección y el análisis de los datos, los cuales permitirán identificar tendencias y comprobar relaciones entre variables, en este caso la temperatura, los lubricantes y las vibraciones.

Según, (Neill, 2018) indica que la investigación cuantitativa “pretende establecer el grado de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados por medio de una muestra permite realizar inferencias causales a una población que explican por qué sucede o no determinado hecho o fenómeno”. (p. 69)

2.3. Población y Muestra

En cuanto a la *población* empleada para esta investigación se determina que asciende a un número total de **50 ensayos** que se realizarán en el Módulo de Experimentación del Sistema

de Transmisión por Engranajes. Este valor se toma como población total debido a que, para dar una idea concreta sobre el comportamiento de la variable independiente se requieren un número significativo de ensayos para que justifiquen el estudio.

Y, para la *muestra* se tiene el cálculo mediante fórmula del número de ensayos que se deberá tomar para tener una idea significativa acerca de la tendencia de la población, entonces:

- N = Total de la población 50
- $Z\alpha$ = Desviación estándar, 1.96 según el 95% del nivel de confianza.
- p = Probabilidad de que un evento ocurra 50% (0.5)
- q = Probabilidad de que un evento no ocurra 50% (0.5)
- e = Margen máximo de error, 5% (0.05)
- n = Tamaño de la muestra.

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

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5) \cdot (50)}{(50 - 1) \cdot (0.05)^2 + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}$$

$$n = 44.5 \rightarrow \mathbf{45 \text{ ensayos}}$$

El número de tomas a realizarse en el módulo de experimentación es de **45 ensayos**. Para la realización de cada ensayo se va a seguir la *Norma ISO 17025 (2005)*.

2.4. Técnica de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos que se utilizara para esta investigación son:

- La **observación**, ya que se pretende conocer cómo se mantiene el comportamiento de la variable dependiente que en este caso es la temperatura operativa, cuando se manipulan las variables independientes como son las vibraciones y los tipos de lubricantes en el módulo de experimentación y de este modo analizar los datos.

Según Sordo (2021) la observación permite “conocer el comportamiento de tu objeto de estudio de forma directa, hacer una observación es una de las mejores metodologías, pues es una forma discreta y sencilla de inspeccionar datos sin depender de un intermediario”.

- La **documentación**, ya que, una vez que se manipulen las variables se tendrán que registrar los datos de la variable dependiente para poder verificar, sustentar y validar el comportamiento de esta.

2.5. Técnicas Análisis e Interpretación de la información

Para la interpretación de los datos de la presente investigación, se usó un ANOVA Multifactorial desarrollado en el Software Estadístico RStudio, que permitió realizar un análisis adecuado en cuanto a la relación de dependencia que presenta la variable

dependiente, temperatura, con respecto a las variables dependientes, Lubricantes y Vibraciones.

Además, se hizo uso de gráficos estadísticos que facilitaron entender de forma precisa el comportamiento de cada una de las variables en estudio.

2.6. Operacionalización de las Variables

Tabla 1

Operacionalización de las Variables del Proyecto de Investigación.

Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Variables Independientes	En un sistema de transmisión se debe analizar:				
Tipos de Lubricantes	El tipo de lubricante que se utiliza porque de este depende el correcto trabajo del sistema, evitando a toda costa la fricción que genera un leve incremento de temperatura.	Extracción de Datos	Cambio de aceite lubricante	Observación	-Módulo de Experimentación - Tipos de Lubricantes
	Las vibraciones, puesto que estas se generan en su mayoría cuando los engranajes se encuentran desalineados provocando fatiga en la máquina que involucra una elevación de temperatura.		Visualización de vibraciones (m/s ²)	Uso de Instrumentos de Medida	- Medidor de Vibraciones
Vibraciones	La temperatura operativa es sumamente importante al momento de gestionar la ergonomía en un ambiente térmico (confort térmico) puesto que bajo	Extracción de Datos	Visualización de temperatura (°C)	Documentación	- Reporte generado por el equipo - Registro Estadístico en "R"
Variable Dependiente					
Temperatura Operativa				Uso de Instrumentos de Medida	- Medidor de Estrés Térmico

condiciones ideales el cuerpo humano del operario no debería sufrir sensaciones ni de calor, ni de frío, al momento de ejecutar su trabajo.

Documentación - Reporte generado por el equipo
- Registro Estadístico en “R”

Nota. Elaborado por los autores.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de la Investigación

Como se conoce técnicamente, el confort térmico dentro del puesto de trabajo, es el pilar fundamental para el buen desempeño del operario, por tal motivo se considera fundamental el estudio de la temperatura operativa y la dependencia de ésta, en función de los lubricantes usados con más frecuencia en la industria y las vibraciones propias de los elementos generadas dentro del sistema de transmisión en estudio.

3.1.1. Módulo de Experimentación

Para la presente investigación se utiliza un módulo de experimentación (**Ver Anexo 2**), que simula los elementos existentes en un proceso productivo, teniendo en cuenta tanto sistemas de transmisión de movimiento como sistemas de transmisión de potencia, además cuenta con una carga que transforma el movimiento circular en lineal, estos se detallan en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Elementos del Módulo de Experimentación

Ítem	Elemento	Especificación
1	Motor eléctrico	Jaula de ardilla de ½ HP
2	Sistema de transmisión por poleas y bandas	Polea de 3 y 6 inch; Banda A-42
3	Sistema de transmisión por cadena y catalina	Catalina 2 y 4 inch; Cadena Industrial
4	Caja reductora	40 – 15
5	Eje	Acero SAE 1045 de 2 inch
6	Chumaceras	$D_{\text{interno}} = 5 \text{ cm}$; $D_{\text{externo}} = 6 \text{ cm}$
7	Rodamientos	Rígido de bolas con $D_{\text{ext}} = 5 \text{ cm}$
8	Cabezote de Compresión	Sistema biela – manivela

Nota. Elaborado por los autores.

Este módulo permite modificar las condiciones mecánicas de los elementos del sistema en estudio, es decir, desalinear la banda, templar la cadena, lubricar con diferentes tipos de aceites, entre otros; y consigo, realizar las mediciones de los parámetros de temperatura operativa y vibraciones en procesos industriales.

3.1.2. Equipos de Medición

Para la toma de datos de esta investigación, se requiere de dos equipos, los cuales tienen como función principal medir parámetros de vibraciones y de temperaturas, estos se enlistan a continuación en la **Tabla 3**.

Tabla 3*Equipos de Medición*

Ítem	Equipo	Marca	Modelo	Estado
1	Medidor de Estrés Térmico	TENMARS	TM-188D	Optimo
2	Medidor de Vibraciones	UNI-T	UT315A	Nuevo

Nota. Elaborado por los Autores.

Con el Medidor de Estrés Térmico (**Ver Anexo 3**) se puede medir 3 tipos de temperaturas, como son, la temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y de globo; sin embargo, para este análisis se utiliza únicamente la temperatura de bulbo seco para hacer referencia a la temperatura operativa.

Por otro lado, con el Medidor de Vibraciones (**Ver Anexo 4**) se logra obtener datos de vibración en función de la aceleración (m/s^2) y velocidad (m/s); en este caso utilizaremos los valores de aceleración que son emitidos por el módulo de experimentación.

3.1.3. Lubricantes

En cuanto a los lubricantes, se hace uso de los más comunes a nivel industrial, esto con el fin de que la investigación proporcione datos reales y sea aplicable a nivel nacional, estos lubricantes se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4*Tipos de Lubricantes*

Ítem	Tipo de Lubricante	Marca
1	Grasa Multifuncional (Azul)	Total – Multis EP1
2	Aceite Monogrado	Castrol Axle GL-5 85W-140
3	Aceite de Segundo Uso	Chevron – Havoline 30
4	Aceite Multigrado	Texaco – Havoline 20W-50
5	Aceite Tres en Uno	3 – EN – UNO

Nota. Elaborado por los Autores.

Estos lubricantes se emplean para determinar si existe algún cambio significativo en el comportamiento de las condiciones operativas del sistema, simulando los cambios en las rutas de lubricación que suceden en la industria, y establecer en función del uso de cada tipo de lubricante la influencia que tendrá en la temperatura operativa a la que estará expuesto el operario.

3.2. Toma de Datos

En primer lugar, se debe considerar que, para que los datos presenten continuidad, estos deben ser tomados bajo condiciones iniciales de trabajo, es decir, mantener un horario establecido para cada uno de los ensayos. Además, según la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2002 (**Ver Anexo 5**) la cual menciona que, lo ideal para realizar mediciones con equipos de estrés térmico, es estabilizar el equipo por 30 minutos antes de realizar la toma de un dato, ya que con esto se logra conseguir la repetitividad y reproducibilidad del análisis de estos.

Cabe mencionar que, el módulo es capaz de generar, un sobre templado, un temple adecuado y un temple inadecuado, en la banda del sistema de transmisión por poleas, además del alineamiento y desalineamiento de la cadena del sistema de transmisión por catalina, que conectan a la caja de engranajes, permitiendo así, manipular la variable independiente denominada “Vibraciones”.

Por otro lado, los distintos lubricantes (variable independiente), juegan un papel fundamental en la investigación, debido a que, de estos depende el correcto funcionamiento del sistema de transmisión, y a su vez, determina el comportamiento de la variable dependiente en estudio, que es la temperatura operativa del puesto de trabajo. Por tal motivo, se establecieron y generaron 5 condiciones de lubricación, con lubricantes diferentes (**Ver Tabla 4**) para efectos de experimentación y modificación de condiciones de trabajo habituales en procesos industriales.

Tomando en cuenta estas condiciones y haciendo énfasis en los 45 ensayos, que se determinaron en la metodología de esta investigación, se considera factible que estos ensayos se lleven a cabo durante 15 días seguidos con tres tomas por día. Estas tomas se distribuyen según el desalineamiento de la banda, la primera se realiza cuando la banda esta sobre templada es decir con un temple mayor al establecido por el fabricante de la banda, luego cuando la banda esta templada bajo los estándares de transmisión para los cuales fue diseñado este elemento. Y finalmente cuando la banda esta destemplada con evidentes movimientos irregulares en la transmisión.

Por todo lo antes mencionado, se establece que el módulo de experimentación entre en funcionamiento a las 08H30 a.m. de cada día, sin embargo, la primera toma de datos de vibración y temperatura operativa se efectúa a las 09H00 a.m., respetando el principio de estabilización del medidor de estrés térmico de 30 minutos. De igual modo, la segunda toma se efectúa a las 09H30 a.m., y, por último, la tercera toma se realiza a las 10H00 a.m. simulando un trabajo bajo carga del sistema de transmisión que afecta directamente a la estabilidad operacional del ambiente laboral.

Las tomas de la presente investigación iniciaron con el uso del lubricante original (**Ver Anexo 6**), el cual bajo sus especificaciones es un lubricante multifuncional, usado en el sistema de transmisión por engranajes del módulo de experimentación, el lunes 11 de julio bajo la condición de sobre templado, el martes 12 de julio bajo la condición de templada y finalmente el miércoles 13 de julio bajo la condición de destemplada.

Cabe mencionar que, los cambios de los aceites lubricantes, se los realizó mediante el desmontaje del sistema de transmisión por engranajes y su correspondiente limpieza del lubricante ya utilizado, colocando siempre 150 ml de los aceites para cada experimentación, con la finalidad de no alterar las condiciones de funcionamiento (**Ver Anexo 7**),

Posteriormente, se realizó el cambio al segundo lubricante, el cual es un aceite de dos tiempos, técnicamente conocido como aceite monogrado, específicamente un aceite Castrol 140 (**Ver Anexo 8**), iniciando el jueves 14 de julio bajo la condición de sobre templada, el viernes 15 de julio bajo la condición de templada y por último el sábado 16 de julio bajo la condición de destemplada.

Continuando con la toma de datos, se realizó el cambio al tercer lubricante, este fue un aceite lubricante de segundo uso, específicamente un Havoline 30 (**Ver Anexo 9**), empezando las mediciones el domingo 17, lunes 18 y martes 19 de julio bajo las condiciones de sobre templado, templado y destemplado, respectivamente.

Para el cuarto cambio del lubricante se utilizó un aceite multiusos, conocido comúnmente como aceite 3 en 1 (**Ver Anexo 10**), iniciando el miércoles 20, jueves 21 y viernes 22 de julio bajo las condiciones de sobre templado, templado y destemplado, respectivamente.

Y finalmente para el quinto y último lubricante, se empleó un aceite multigrado, específicamente un Havoline 20W – 50 (**Ver Anexo 11**), en los días sábado 23 de julio bajo la condición de sobre templada, el domingo 24 de julio bajo la condición de templada y finalmente el lunes 25 de julio bajo la condición de destemplada.

A continuación, en la **Tabla 5** se muestran los datos obtenidos de los 45 ensayos, tomados en un periodo constante de 15 días seguidos desde el 11 de julio hasta el 25 de julio del presente año, en todos estos ensayos se precauteló las condiciones de funcionamiento (**Ver Anexo 12, 13**).

Con ello se garantiza que los resultados obtenidos y las soluciones propuestas sean las apropiadas, y puedan ser aplicadas en cualquier ámbito, desde un nivel básico hasta un nivel industrial, pues los resultados establecen de manera veraz la dependencia de la temperatura operativa a la que estará expuesta una persona en función de variables que tienden a cambiar en cualquier proceso industrial.

Tabla 5*Datos de Vibración y Temperatura Operativa de la Investigación.*

	Alineación de la Banda (mm)					
	0		12		18	
	SOBRETEMPLADA		TEMPLADA		DESTEMPLADA	
Tipo de Lubricante	Vib (m/s ²)	T (°C)	Vib (m/s ²)	T (°C)	Vib (m/s ²)	T (°C)
Lubricante Multifuncional	3.4	23.8	3.0	23.8	2.8	23.5
	3.1	24.4	3.2	23.7	2.7	23.6
	2.9	24.1	3.3	23.6	2.8	23.5
Aceite Monogrado	4.2	23.6	4.4	23.8	3.6	23.1
	4.3	25.3	3.9	23.6	4.1	23.2
	4.6	24.4	4.0	23.2	3.6	22.6
Aceite de Segundo Uso	3.3	21.8	3.9	22.1	3.3	22.1
	3.4	22.5	4.1	22.5	3.1	22.2
	3.7	22.8	4.3	22.7	3.2	22.1
Aceite Tres en Uno	4.1	20.4	4.2	21.5	3.1	22
	4.3	21.2	4.1	21.6	3.5	21.9
	4.3	21.9	4.4	21.4	3.6	21.9
Aceite Multigrado	4.8	22.3	4.6	22.1	3.1	22.0
	4.3	22.1	4.5	22.0	3.1	21.7
	4.2	22.4	4.3	22.0	3.1	21.7

Nota. Elaborado por los Autores.**3.3. Hipótesis de la Investigación****3.3.1. Hipótesis de Significancia** H_0 = No existe un par de medias distinto. H_1 = Al menos un par de medias es distinto. $\alpha = 0.05$ **3.3.2. Hipótesis de Normalidad** H_0 = Los residuales siguen una distribución normal.

H_1 = Los residuales no siguen una distribución normal.

$\alpha = 0.05$

3.3.3. Hipótesis de Homocedasticidad

H_0 = No existe diferencia entre las varianzas.

H_1 = Existe diferencia entre las varianzas.

$\alpha = 0.05$

3.4. Análisis de Varianza

3.4.1. Ordenamiento de Datos

Para realizar el análisis de varianza se requirió primero efectuar un ordenamiento de los datos, en forma vertical y ascendente, es decir de menor a mayor, para esto se emplean las tres variables en estudio, como son, los aceites lubricantes empleados a través del valor de viscosidad en *centistokes* (cSt), las vibraciones en *metros sobre segundo al cuadrado* (m/s^2) y la temperatura operativa en *grados centígrados* ($^{\circ}C$).

Es importante destacar que, para diferenciar cada tipo de lubricante se hace uso de la propiedad de viscosidad debido a que como menciona Espitia, Delgado & Camargo (2019) en su artículo “la viscosidad de un fluido de tipo newtoniano no es dependiente del tiempo en el que haya una aplicación de esfuerzo, pero sí puede asociarse tanto a la temperatura como a la presión a la que se encuentre” (p. 193).

Por tal motivo, en cuanto a las viscosidades de los diferentes lubricantes se tiene que:

- Para el *lubricante multifuncional*, la viscosidad es de 150 cSt según las especificaciones de su ficha técnica (**Ver Anexo 14**)
- Para el *aceite monogrado (Castrol 140)*, la viscosidad es de 360 cSt según las especificaciones de su ficha técnica (**Ver Anexo 15**)
- Para el *aceite de segundo uso (Havoline 30)*, la viscosidad es de 82.3 cSt según las especificaciones de su ficha técnica (**Ver Anexo 16**)
- Para el *aceite tres en uno*, la viscosidad es de 120 cSt según las especificaciones de su ficha técnica (**Ver Anexo 17**)
- Por último, para el *aceite multigrado (Havoline 20w – 50)*, la viscosidad es de 157.8 cSt según las especificaciones de su ficha técnica (**Ver Anexo 18**).

A continuación, en la **Tabla 6** se muestran los datos obtenidos mediante la experimentación para la presente investigación ordenados verticalmente para iniciar con el análisis estadístico, donde se identifican los parámetros de viscosidad, vibraciones y temperatura operativa.

Tabla 6

Datos de Viscosidad, Vibración y Temperatura para el Análisis Estadístico.

Lubricante	Viscosidad cSt	Vibraciones m/s^2	Temperatura $^{\circ}C$
Havoline 30	82.3	3.3	21.8
	82.3	3.4	22.5
	82.3	3.7	22.8
	82.3	3.9	22.1
	82.3	4.1	22.5
	82.3	4.3	22.7
	82.3	3.3	22.1
	82.3	3.1	22.2

	82.3	3.2	22.1
	120	4.1	20.4
	120	4.3	21.2
	120	4.3	21.9
Aceite	120	4.2	21.5
Tres en Uno	120	4.1	21.6
	120	4.4	21.4
	120	3.1	22.0
	120	3.5	21.9
	120	3.6	21.9
	150	3.4	23.8
	150	3.1	24.4
	150	2.9	24.1
Lubricante	150	3.0	23.8
Multifuncional	150	3.2	23.7
	150	3.3	23.6
	150	2.8	23.5
	150	2.7	23.6
	150	2.8	23.5
	157.8	4.8	22.3
	157.8	4.3	22.1
	157.8	4.2	22.4
Havoline	157.8	4.6	22.1
20w – 50	157.8	4.5	22.0
	157.8	4.3	22.0
	157.8	3.1	22.0
	157.8	3.1	21.7
	157.8	3.1	21.7
	360	4.2	23.6
	360	4.3	25.3
	360	4.6	24.4
	360	4.4	23.8
Castrol 140	360	3.9	23.6
	360	4.0	23.2
	360	3.6	23.1
	360	4.1	23.2
	360	3.6	22.6

Nota. Elaborado por los Autores.

3.4.2. Programación de ANOVA Multifactorial en RStudio

Para el análisis estadístico de los datos se hizo uso del Software RStudio y toda su librería gráfica, en el cual se digitó un código específico de programación (Ver Anexo 19) que permitió el análisis estadístico apropiado de los datos obtenidos experimentalmente y con ello, llegar a establecer las conclusiones adecuadas de la presente investigación.

Es importante mencionar que, en RStudio se utiliza el numeral “#” que permite que el programa interprete lo escrito tras este símbolo como un texto estático. A continuación, se detalla el desarrollo y correcto funcionamiento del código de programación.

En primer lugar, el programa debe leer la base de datos mediante la interpretación del código que se detalla a continuación en la **Figura 1**, cabe recalcar que con esta función podemos cambiar rápidamente la base de datos y permitir observar los cambios significativos que se obtienen con datos distintos a los originales.

Figura 1

Código de Programación en RStudio para Lectura de Datos.

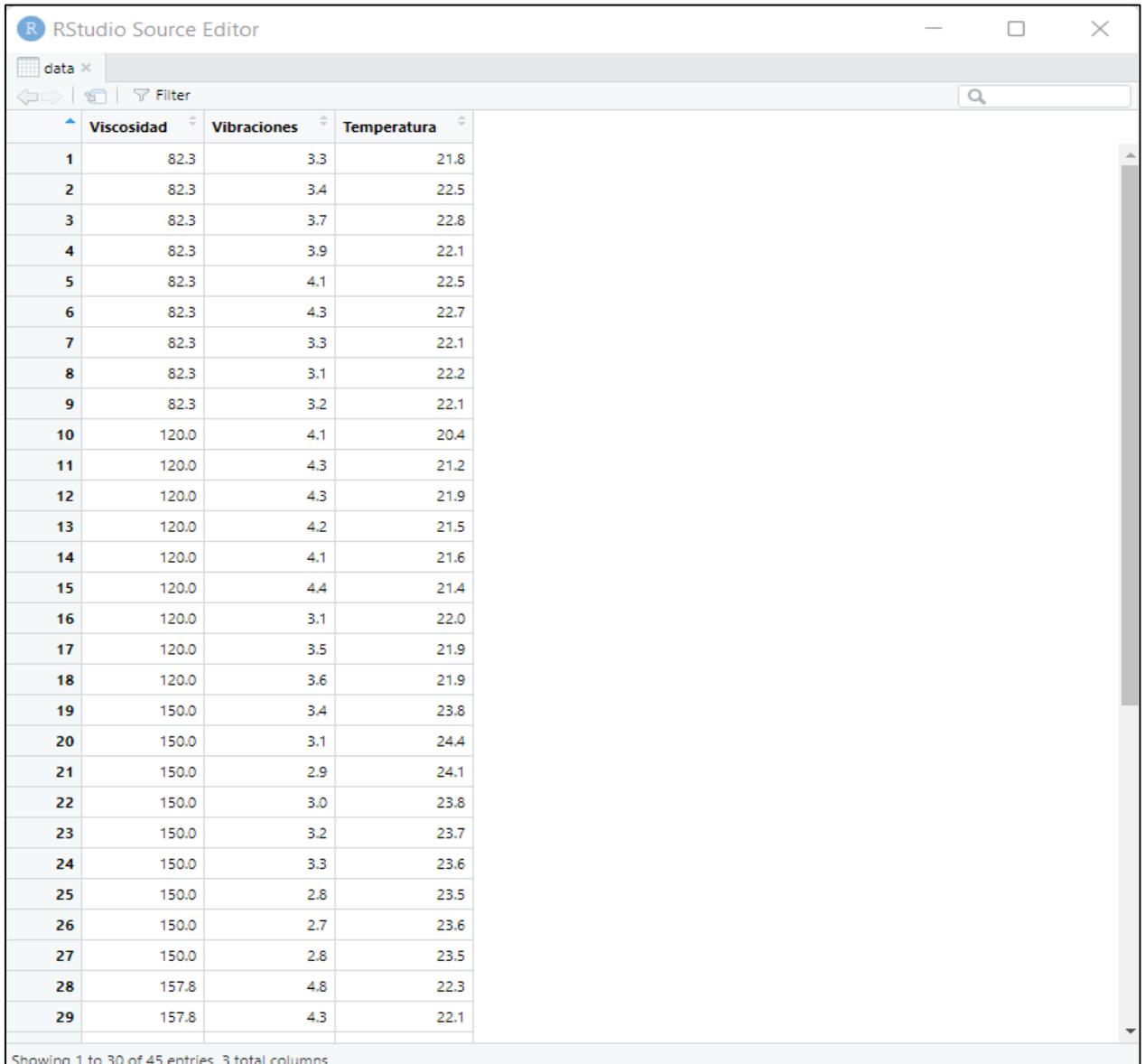
```
#LEEMOS LOS DATOS  
data=read.table("clipboard",header=T)  
attach(data)
```

Descripción: La expresión “*data*” es el nombre que se le da dentro del programa al conjunto de datos sometidos a análisis estadístico para la investigación. Por su parte la expresión “*read.table*” permite que el programa lea un conjunto de datos organizados de forma tabular, a su vez la expresión “*clipboard*” es el nombre del archivo de donde se van a leer los datos y el comando “*header = T (true)*” permite que el programa identifique que la primera fila de la tabla de datos corresponde al nombre de las variables. Finalmente, el comando “*attach*” permite que el programa identifique a las columnas directas únicamente por el nombre.

Una vez que se pone en marcha esta parte del código mediante la opción “*run*”, el programa RStudio automáticamente crea la base de datos tal y como se muestra en la **Figura 2**.

Figura 2

Visualización de la Lectura de "data" en RStudio.



The screenshot shows the RStudio Source Editor window with a data table. The table has 29 rows and 3 columns: Viscosidad, Vibraciones, and Temperatura. The data is as follows:

	Viscosidad	Vibraciones	Temperatura
1	82.3	3.3	21.8
2	82.3	3.4	22.5
3	82.3	3.7	22.8
4	82.3	3.9	22.1
5	82.3	4.1	22.5
6	82.3	4.3	22.7
7	82.3	3.3	22.1
8	82.3	3.1	22.2
9	82.3	3.2	22.1
10	120.0	4.1	20.4
11	120.0	4.3	21.2
12	120.0	4.3	21.9
13	120.0	4.2	21.5
14	120.0	4.1	21.6
15	120.0	4.4	21.4
16	120.0	3.1	22.0
17	120.0	3.5	21.9
18	120.0	3.6	21.9
19	150.0	3.4	23.8
20	150.0	3.1	24.4
21	150.0	2.9	24.1
22	150.0	3.0	23.8
23	150.0	3.2	23.7
24	150.0	3.3	23.6
25	150.0	2.8	23.5
26	150.0	2.7	23.6
27	150.0	2.8	23.5
28	157.8	4.8	22.3
29	157.8	4.3	22.1

Showing 1 to 30 of 45 entries, 3 total columns

Seguido de esto, se transformó en factores las variables de viscosidad y vibraciones (variables independientes) con el objetivo de que éstas se interpreten como vectores de datos categóricos, es decir que se encuentren establecidos en columnas, para esto se utiliza el código que se describe en la **Figura 3**.

Figura 3

Código de Programación para Transformación de Variables en Factores.

```
# TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
Viscosidad=factor(viscosidad)
Vibraciones=factor(vibraciones)
```

A continuación, para aplicar el método estadístico ANOVA multifactorial, se definió el objeto “*aovdata*” dentro de la programación, básicamente este objeto contiene el ANOVA de Dos Factores y se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4

Código de Programación para Aplicar el ANOVA de Dos Factores.

```
# TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
viscosidad=factor(viscosidad)
vibraciones=factor(vibraciones)
aovdata=aov(Temperatura~viscosidad+vibraciones+viscosidad*vibraciones)
summary(aovdata)
```

Descripción: La expresión “*viscosidad*” es el objeto que se le da a la columna del conjunto de datos que titulan bajo el mismo nombre y el comando “*factor*” por su parte, permite que cada uno de los datos de la columna viscosidad se convierta en vector para mejor visualización, a su vez, la siguiente línea del código funciona del mismo modo con la expresión “*vibraciones*”. Por su parte, el comando “*aov*” se emplea para realizar análisis de varianza a un conjunto determinado de datos, que es una de las tres funciones estadísticas principales del programa RStudio, esta relación entre variables se define mediante la expresión descrita entre paréntesis, que se sitúa seguido a la expresión “*aov*”. Por último, el comando “*summary*” permite que el programa muestre los resultados obtenidos del estudio en un resumen.

Inmediatamente después de ejecutar este párrafo del código de programación, el programa automáticamente evidencia el sumario total de los resultados obtenidos a partir del tratamiento de los datos de las mediciones, tal y como se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Visualización de la Lectura del Código de Aplicación del ANOVA de dos Factores.

```
> # TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
> viscosidad=factor(viscosidad)
> vibraciones=factor(vibraciones)
> aovdata=aov(Temperatura~viscosidad+vibraciones+viscosidad*vibraciones)
> summary(aovdata)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
viscosidad	4	36.02	9.005	28.234	9.07e-05 ***
vibraciones	19	2.18	0.115	0.360	0.968
viscosidad:vibraciones	13	4.46	0.343	1.075	0.476
Residuals	8	2.55	0.319		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Descripción: De los datos mostrados en el resumen se puede destacar que la columna denominada “*Pr (>F)*” corresponde al valor a comparar para determinar la significancia de las variables en estudio.

Una vez que se obtuvo el resumen de los resultados del ANOVA de Dos Factores, se realizó la contrastación de las hipótesis mediante pruebas respectivas para cada una de ellas,

esto se explica de forma detallada en el siguiente apartado, y del mismo modo, se detalla el código de programación en su totalidad.

3.4.3. Contrastación de las Hipótesis

Para la contrastación de hipótesis de la presente investigación, se analizó inicialmente la “Significancia” de las variables, mediante los resultados que arrojó el ANOVA de Dos Factores aplicado anteriormente, obteniendo de este modo las siguientes derivaciones.

En primer lugar, se analizó la SIGNIFICANCIA DE LA VARIABLE VISCOSIDAD detallada a continuación en la **Figura 6**, obteniendo de este modo que:

Figura 6

Significancia de la Variable Viscosidad.

```
> # TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
> viscosidad=factor(viscosidad)
> vibraciones=factor(vibraciones)
> aovdata=aov(Temperatura~viscosidad+vibraciones+viscosidad*vibraciones)
> summary(aovdata)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
viscosidad	4	36.02	9.005	28.234	9.07e-05 ***
vibraciones	19	2.18	0.115	0.360	0.968
viscosidad:vibraciones	13	4.46	0.343	1.075	0.476
Residuals	8	2.55	0.319		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Interpretación: El valor de p para la variable VISCOSIDAD es de $9.07e^{-05}$, valor que se encuentra por debajo del umbral de $0,05$ y por tal motivo, *rechazo* H_0 . Es decir que, uno o más pares de esos resultados que se han obtenido en cuanto a la variable VISCOSIDAD son significativos y por lo tanto, VISCOSIDAD si es significativa.

A continuación, se analizó la SIGNIFICANCIA DE LA VARIABLE VIBRACIONES, basándonos del mismo modo, en los resultados obtenidos del uso del ANOVA de Dos Factores, esto se detalla a continuación en la **Figura 7**, obteniendo entonces que:

Figura 7

Significancia de la Variable Vibraciones.

```
> # TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
> viscosidad=factor(viscosidad)
> vibraciones=factor(vibraciones)
> aovdata=aov(Temperatura~viscosidad+vibraciones+viscosidad*vibraciones)
> summary(aovdata)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
viscosidad	4	36.02	9.005	28.234	9.07e-05 ***
vibraciones	19	2.18	0.115	0.360	0.968
viscosidad:vibraciones	13	4.46	0.343	1.075	0.476
Residuals	8	2.55	0.319		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Interpretación: El valor de p para la variable *VIBRACIONES* es de 0.968, el mismo que se encuentra por encima del umbral de 0,05, por este motivo, *acepto* H_0 lo que significa que *VIBRACIONES* no es significativa.

Seguido de esto, se analizó la *SIGNIFICANCIA DE LA INTERACCIÓN DE VISCOSIDAD vs. VIBRACIONES*, lo que significó realizar el análisis de la significancia de la relación entre las dos variables independientes en estudio, esto se detalla en la **Figura 8**:

Figura 8

Significancia de la Interacción de Viscosidad vs. Vibraciones.

```
> # TRANSFORMAS A FACTOR Y LUEGO APLICAR ANOVA
> viscosidad=factor(viscosidad)
> vibraciones=factor(vibraciones)
> aovdata=aov(Temperatura~viscosidad+vibraciones+viscosidad*vibraciones)
> summary(aovdata)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
viscosidad	4	36.02	9.005	28.234	9.07e-05 ***
vibraciones	19	2.18	0.115	0.360	0.968
viscosidad:vibraciones	13	4.46	0.343	1.075	0.476
Residuals	8	2.55	0.319		

```
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Interpretación: El valor de p para la *INTERACCIÓN* entre las variables de *VISCOSIDAD vs. VIBRACIONES* es de 0.476, este valor se encuentra por encima del umbral 0,05, por lo que, *acepto* H_0 , es decir que, la *INTERACCIÓN* no es significativa.

Adicional a las pruebas de significancia y para comprobar la confiabilidad de los resultados, se verificó también si el conjunto de datos cumple con los supuestos, iniciando con la *PRUEBA DE NORMALIDAD*.

Debido a que se cuenta únicamente con un conjunto de datos pequeño (45 datos), se emplea la *Prueba de Shapiro – Wilk* que permite determinar si la muestra proviene de un conjunto de datos que sigue una distribución normal o no. Esta prueba se denota en el código de programación tal y como se muestra en la **Figura 9**.

Figura 9

Código de Programación para la Prueba de Shapiro – Wilk.

```
#NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES
shapiro.test(aovdata$residuals)
```

Descripción: En el programa RStudio, el comando “*shapiro.test*” permite que las funciones estadísticas del software apliquen la prueba al conjunto de datos mencionado entre paréntesis, en este caso, a los residuales del ANOVA de Dos Factores.

Una vez que se ejecuta el código, mediante el comando “*run*” en el programa, este procede a arrojar los resultados de la Prueba de Shapiro – Wilk, tal y como se detallan en la **Figura 10**. Con el resultado del p -value se procede a tomar la decisión de aceptar o rechazar

la hipótesis nula en función del nivel de significancia que, en este caso corresponde a un valor de 0.05, obteniendo de este modo que:

Figura 10

Prueba de Shapiro para Análisis de Normalidad de los Residuales.

```
shapiro-wilk normality test
data:  aovdata$residuals
w = 0.67615, p-value = 0.22
```

Interpretación: El valor de p de los residuales es de 0.22, este valor se encuentra por encima del umbral 0,05, por lo que, *acepto* H_0 . Lo que significa que los *RESIDUALES* siguen una Distribución Normal.

Por último, se procede a verificar la *HOMOCEASTICIDAD* de los datos, esto se hizo mediante el uso de la *Prueba de Levene*, la cual basa sus apartados en función de la igualdad de las varianzas de la muestra. Para esta prueba se utiliza el código de programación que se describe a continuación en la **Figura 11**.

Figura 11

Código de Programación para la Prueba de Levene.

```
#VERIFICACION DE HOMOCEASTICIDAD
library(lawstat)
levene.test(Temperatura,viscosidad)
levene.test(Temperatura,vibraciones)
```

Descripción: En RStudio, el comando “*library*” permite buscar dentro del paquete del programa el efecto descrito entre paréntesis, en este caso “*lawstat*” que es la librería que debe estar activa para efectuar la prueba. Por otro lado, el comando “*levene.test*” permite que el programa realice la prueba de igualdad de varianzas para tomar decisiones, en la primera línea para “*Temperatura vs. Viscosidad*” y en la línea posterior, para “*Temperatura vs. Vibraciones*”.

Una vez que el programa lee las líneas de programación mediante la opción “*run*”, se obtiene los resultados de la *HOMOCEASTICIDAD* entre las variables de *Temperatura* contra *Viscosidad*, estos se muestran a continuación en la **Figura 12**.

Figura 12

Prueba de Levene para Análisis de Homocedasticidad de Temperatura vs. Viscosidad.

```
> #VERIFICACION DE HOMOCEASTICIDAD
> library(lawstat)
> levene.test(Temperatura,Viscosidad)

      Modified robust Brown-Forsythe Levene-type test based on the absolute deviations from the median

data: Temperatura
Test Statistic = 2.02, p-value = 0.11
```

Interpretación: El valor de p para la *homocedasticidad de TEMPERATURA contra VISCOSIDAD* es de 0.11 , valor que se encuentra por encima del umbral de 0.05 , por lo que, *acepto* H_0 . Esto dignifica entonces que, *existe* homogeneidad de varianzas entre *TEMPERATURA contra VISCOSIDAD*.

En cambio, al ejecutar el código para verificar la *HOMOCEASTICIDAD* entre las variables de *Temperatura vs. Vibraciones*, se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación, en la **Figura 13**.

Figura 13

Prueba de Levene para Análisis la Homocedasticidad entre Temperatura vs. Vibraciones.

```
> levene.test(Temperatura,vibraciones)

      Modified robust Brown-Forsythe Levene-type test based on the absolute deviations from the median

data: Temperatura
Test Statistic = 1.4841, p-value = 0.1758
```

Interpretación: El valor de p para la *homocedasticidad de TEMPERATURA contra VIBRACIONES* es de 0.1758 , valor que está por encima del umbral de 0.05 , es decir, *acepto* H_0 . Esto significa que, *existe* homogeneidad de varianzas entre *TEMPERATURA contra VIBRACIONES*.

3.4.4. Gráfico de Interacción

En cuanto al gráfico de interacción, este sale como resultado del uso del código de programación descrito en la **Figura 14**.

Figura 14

Código de Programación para el Gráfico de Iteración.

```
#REALIZAMOS GRAFICO DE INTERACCION
interaction.plot(viscosidad,vibraciones,Temperatura,main="Grafico de Interaccion")
```

Descripción: En el software RStudio, el comando “*interaction.plot*” permite realizar la gráfica de los factores que se describen entre paréntesis, dentro de la función, en este caso, se representaron los factores de *viscosidad, vibraciones y temperatura* en función de la

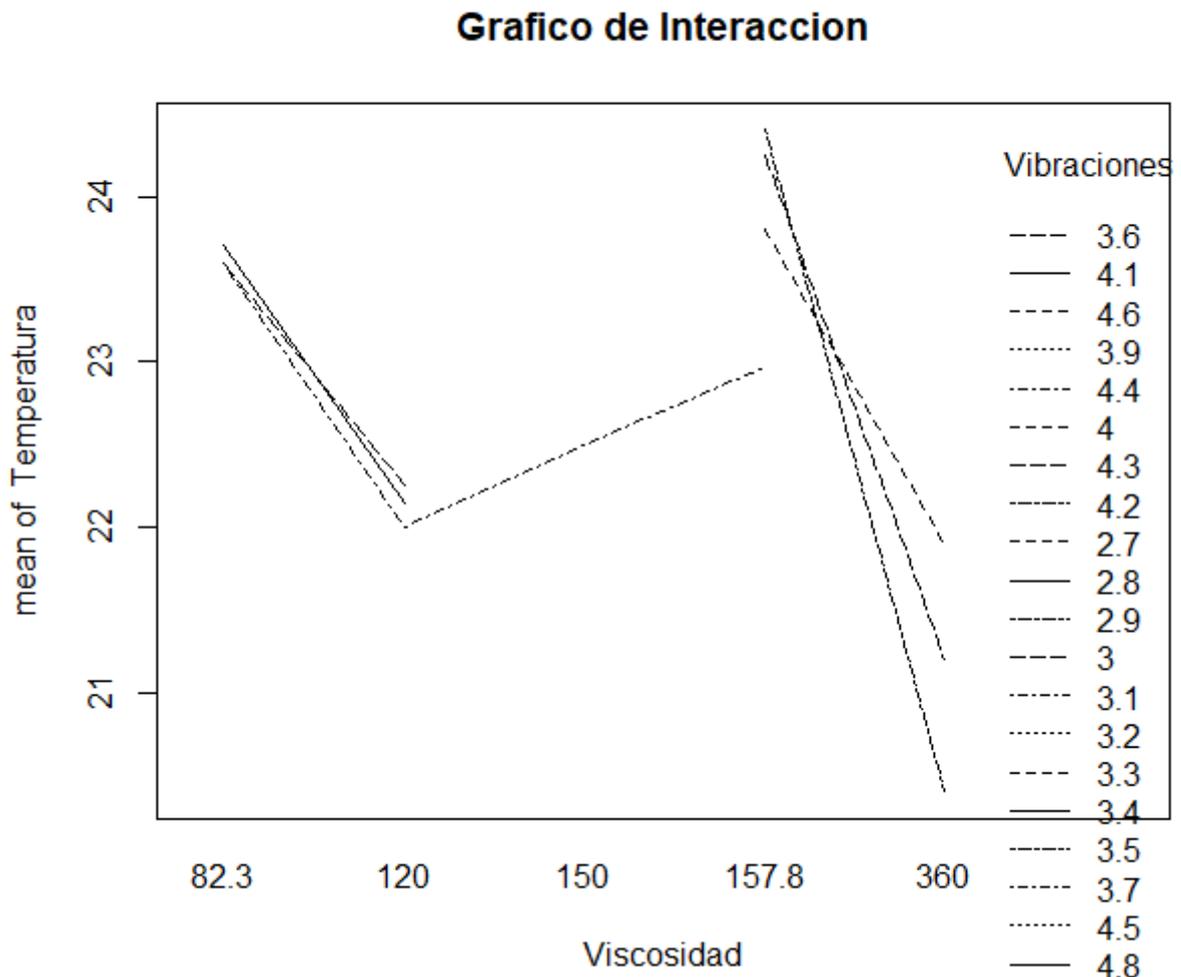
relación de dependencia que se tienen entre estas variables. Por su parte, el comando “main” permite denotar el título que llevará la gráfica, este se escribe seguido de un “=” y entre comillas.

Al ejecutar el código de programación mediante el comando “run”, el programa inmediatamente arroja la gráfica en el apartado “plots”, este gráfico permite observar la relación existente entre las variables y también, permite mejor interpretación para las conclusiones de la presente investigación.

El “GRÁFICO DE INTERACCIÓN” se muestra a continuación en la **Figura 15**.

Figura 15

Gráfico de Interacción de Viscosidad, Vibraciones y Temperatura.



Interpretación: Gráficamente, se logró identificar que la interacción entre las variables es *significativa*. La *viscosidad* a 157.8 cSt y a 360 cSt, con todas las categorías de las *vibraciones* son las que dan mayores magnitudes a la *temperatura*, es decir que con el lubricante *Havoline 20w-50* y el lubricante *Castrol 140* respectivamente, el sistema genera la temperatura máxima de funcionamiento, más alta y más baja correspondientemente.

3.5. Interpretación de Resultados

Con los parámetros establecidos en el apartado anterior, se pudo establecer que:

- La VISCOSIDAD influye en el cambio de la temperatura operativa del Sistema de Trabajo.
- Las VIBRACIONES no influyen en el cambio de la temperatura operativa del Sistema de Trabajo.
- La INTERACCIÓN entre las dos variables independientes (*Viscosidad y Vibraciones*) no influye en el cambio de la temperatura operativa del Sistema de Trabajo.
- Se determinó que los residuales siguen una Distribución Normal.
- Existe homogeneidad de varianzas entre TEMPERATURA contra VISCOSIDAD.
- Existe homogeneidad de varianzas entre TEMPERATURA contra VIBRACIONES.
- En el gráfico podemos establecer que los lubricantes que presentan mayor viscosidad generan un decremento significativo de temperatura, por ejemplo, los lubricantes que tienen una viscosidad de 80 a 120 cSt generan un decremento de temperatura operativa de aproximadamente 2°C, por otro lado, los lubricantes que presentan una viscosidad de 160 a 360 cSt generan un decremento de 4°C, y en el tramo mayor a 120 cSt y menor a 160 cSt aumentan la temperatura operativa en aproximadamente 1°C, por lo que estos lubricantes no serían recomendados para utilizar en la lubricación de un sistema de transmisión de potencia a nivel industrial.
- Una vez que se han recopilado todos los datos de vibración como de viscosidad de lubricantes, logramos establecer que es factible analizar la temperatura operativa laboral en un sistema de transmisión por engranajes utilizando el método estadístico ANOVA de Dos Factores.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se hallaron varios estudios que comparan la dependencia entre los lubricantes contra la temperatura operativa y las vibraciones contra la temperatura operativa, sin embargo, estos se han desarrollado de forma individual llegando a conclusiones independientes entre estas variables. Por ende, se logró concluir que existe una correlación armónica entre las tres variables en estudio, que permitió controlar la temperatura operativa que se deriva del módulo de experimentación del sistema de transmisión identificando así que el confort térmico en un puesto de trabajo depende directamente de las condiciones operativas que se presentan en su alrededor.

Se aplicó cinco (5) tipos de lubricantes con características diferentes al sistema de transmisión de potencia constituido por engranajes, para identificar el comportamiento de la temperatura operativa del puesto de trabajo en función del cambio de estos. Se utilizaron los aceites más comunes de la industria para la lubricación, como: *Grasa Multifuncional, Aceite*

Monogrado (Castrol 140), Aceite de Segundo Uso (Havoline 30), Aceite Tres en Uno y Aceite Multigrado (Havoline 20w-50), de los cuales su viscosidad, que es el parámetro de referencia para identificación, fluctúa entre 82.3 y 360 *centistokes*, obteniendo como resultado, una variación de temperatura operativa que oscila entre los 21.1°C a 25.3°C, es decir, una diferencia de 4°C aproximadamente, según el tipo de lubricante empleado.

Se utilizó para efectos de cambio de vibraciones, el sobre templado, templado adecuado y templado inadecuado de la banda del sistema de transmisión, con el objetivo de alterar de forma controlada el parámetro de vibración del mismo, para esto se utilizaron rangos específicos tomados desde el borde de la mesa y la alineación del eje de ajuste del sistema banda – polea, logrando una condición de sobre templado cuando la alineación estaba a 0 mm, templado adecuado cuando la alineación era de 12 mm y finalmente, templado inadecuado cuando la alineación era de 18 mm, determinando de este modo mediante el tratamiento de los datos mediante ANOVA Multifactorial que la vibración es la variable independiente que no influye directamente en el cambio de la temperatura operativa, sin embargo es importante analizarla ya que guarda una estrecha relación con la lubricación del sistema de transmisión.

Finalmente, se pudo concluir que la temperatura operativa del puesto de trabajo se encuentra bajo la influencia del lubricante que se utiliza para la lubricación del sistema de transmisión y a su vez, estas variables guardan relación con las vibraciones que genera dicho sistema, esto se pudo corroborar mediante el ensayo experimental que se realizó para la presente investigación, además del empleo del software RStudio, con su método estadístico de ANOVA de Dos Factores que permitió concluir que los residuales de los datos guardan normalidad y además que presentan homocedasticidad y simplicidad entre ellos. Esto se comprueba también mediante el gráfico que muestra que a mayor viscosidad del lubricante existe un mínimo aumento de temperatura y a su vez menor grado de vibración, lo que significa que con el uso del lubricante adecuado se puede controlar la temperatura operativa, y de este modo, mantener el ambiente laboral en condiciones adecuadas para estabilizar el confort térmico del puesto de trabajo.

4.2.Recomendaciones

Con el desarrollo de la presente investigación, se recomienda el análisis profundo de artículos científicos que se enfoquen en el establecimiento de la dependencia de las distintas variables que surgen en un proceso industrial en función de la temperatura operativa como variable dependiente, ya que existe poca información que aporte de manera sustantiva en las tesis de pregrado que pudieron ser analizadas.

Se recomienda establecer una ruta de lubricación en los elementos de transmisión de potencia, para realizar mediciones que estén acorde con la viscosidad del lubricante utilizado, generando de esta manera una base técnica para la repetitividad y reproducibilidad de los resultados obtenidos en la presente investigación, es decir que los resultados obtenidos pueden ser aplicados tanto a nivel experimental como industrial.

Es recomendable para el cambio de vibraciones utilizar un punto fijo, que permita establecer el nivel de alineación y balanceo de los sistemas de transmisión tanto de potencia como de movimiento, esto permite que las mediciones obtenidas puedan ser evaluadas estadísticamente y establecer su dependencia con la temperatura a la que está expuesto el usuario dentro de un contexto operacional.

Se recomienda que antes de realizar una investigación que involucre el análisis estadístico de la varianza de datos, mediante el método de ANOVA Multifactorial, se tenga en cuenta conocer los conceptos integrales de Normalidad de Residuos, Simplicidad de Datos y Homocedasticidad de Factores, para lograr una interpretación de resultados adecuada a la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Amat Rodrigo, J. (Enero de 2017). *Ciencia de Datos* . Obtenido de Ciencia de Datos : https://www.cienciadedatos.net/documentos/8_analisis_normalidad
- Benites, L. (2012). *Las fallas en los engranajes*. Obtenido de Dialnet.unirioja: <file:///C:/Users/ander/Downloads/Dialnet-LasFallasEnLosEngranajes-4902861.pdf>
- Blender, M. (10 de Marzo de 2015). *El confort térmico*. Obtenido de [arquitecturayenergia.cl](http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/): <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Cabrera, M., & Salazar, W. (2016). Construcción experimental de jardines verticales y su relación con el confort termohigrométrico en ambientes cerrados. *Revista de Investigación "Industrial DATA"*, 79.
- Cayuela, L. (2014). *Modelos lineales: Regresión, ANOVA y ANCOVA*. Madrid, España: Universidad Rey Juan Carlos.
- Chávez del Valle, F. (2002). Zona Variable de Confort Térmico. En C. 2, *Conceptos Generales sobre Ambiente y Confort Térmico* (págs. 19-36). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6104/07CAPITULO2.pdf>
- Criollo, L., Guasumba, J., Ñato, J., & Segarra, E. (2021). Caracterización tribológica en combinación con varios aceites y aditivos lubricantes en sistemas automotrices. *Dominio de las Ciencias*, 1844 - 1868.
- Delgado, C. (2016). *“EL ESTRÉS TÉRMICO Y SU INCIDENCIA EN LOS TRASTORNOS SISTÉMICOS DE LOS TRABAJADORES DEL PROCESO DE SECADO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL AGROCUEROS S.A.* Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27781/1/Tesis_%20t1383msh.pdf
- Espinoza, C. (2019). *Repotenciación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibración enfocado a equipos rotatorios usados para el proceso de producción de una planta química ubicada en Guayaquil - Ecuador*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Espitia, A., Delgado, A., & Camargo, S. (2019). Estimación teórica del efecto de la temperatura en la densidad, viscosidad, poder calorífico, capacidad calorífica y gravedad API de biocombustibles. *Scientia et Technica Año XXIV - Vol 24*, 190-199.
- Flores, J. (2012). *Sistema de Transmisión Mecánica*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080-%20Flores%20Garc%c3%ada%2c%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

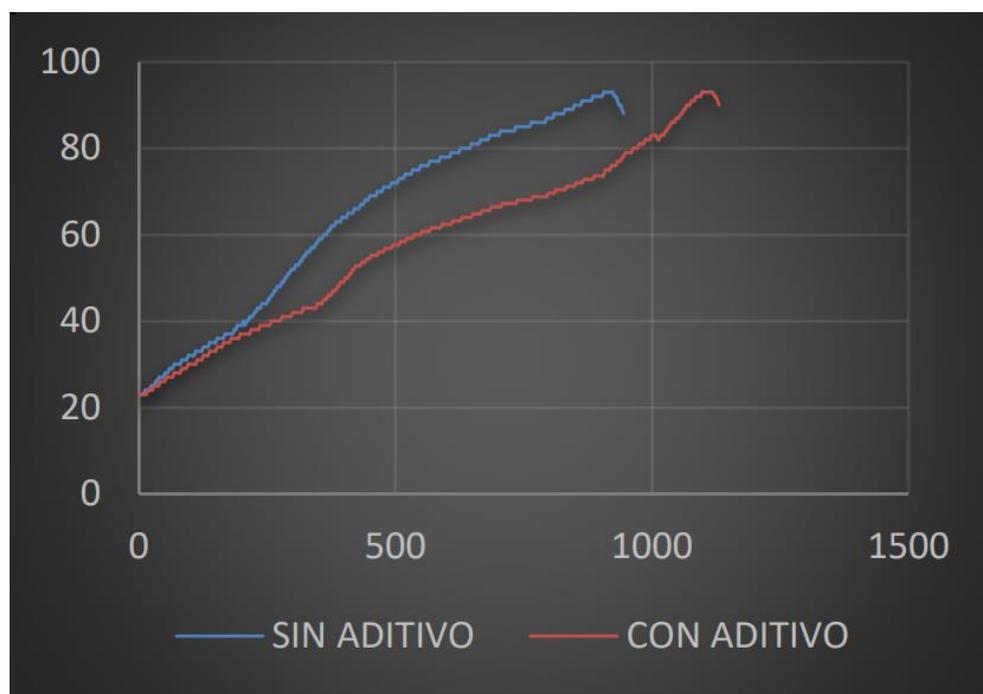
- González, N. A. (2011). *Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort*. . México, D.F: Instituto Politécnico Nacional . Obtenido de Repositorio Digital.
- IDEARA, S. (2014). *Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control* . España: Confederación de Empresarios de Pontevedra .
- ISO 17025. (2005). *REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYOS Y CALIBRACION*. Obtenido de https://www.mpfm.gob.pe/escuela/contenido/actividades/docs/3255_norma_iso_17025._minpub.pdf
- Linares, O. (2017). TRIBOLOGÍA Y MANTENIMIENTO PROACTIVO. En O. Linares, *Generalidades de la Tribología Fundamentos de la Lubricación, Fricción y el Desgaste* (pág. 3). Santa Cruz, Bolivia : Widman International.
- Molina, C., & Veas, L. (2012). Evaluación del confort térmico en recintos de 10 edificios públicos de Chile en invierno. *Revista de la Construcción vol.11 no.2, 27 - 38*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2012000200004&script=sci_arttext
- Moya, J., Abreu, G., Goytisolo, R., Bernal, Y., Fírvida, E., & Machado, Á. (2014). Bancos de prueba para el ensayo de transmisiones por engranajes. *VIII Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica* (pág. 1). Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Neffa, J. C. (2002). *¿Qué son las condiciones y Medio Ambiente de Trabajo?* Buenos Aires. Argentina: HVMANITAS. Primera Edición.
- Neill, D. C. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica* . Machala-Ecuador: UTMACH.
- Nicomedes, E. (2018). *Tipos de Investigación*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Noriega, M., Simbaña, D., & Torres, D. (2018). *ESTUDIO TRIBOLÓGICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA UTILIZANDO ADITIVOS NO SÓLIDOS*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- PCE-IBERICA. (2022). *Medidores de Estrés Térmico*. Obtenido de <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/medidores-estress-termico.htm#:~:text=Los%20medidores%20de%20estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico,evaluar%20el%20puesto%20de%20trabajo.&text=Los%20medidores%20de%20estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico%20detectan%20>
- Pérez, D. (2021). *Estudio de fallas y propuesta de reacondicionamiento de los engranajes de la caja de cambio de los autos Lada 2105*. Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

- Pesántes, M. P. (2012). *CONFOR TÉRMICO EN EL ÁREA SOCIAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN CUENCA-ECUADOR*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Ramos, C. (2021). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL. *CienciAmérica*. Vol. 10.
- RStudio. (2022). *Toma el control de tu código R*. Obtenido de RStudio.com: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/>
- Salazar, D., García, F., López, A., Aldana, R., Alvarez, E., & García, L. (2015). *El ciclo de evolución de los lubricantes*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Sordo, A. (2021). *Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>
- Stérling, J. A. (2015). El Estrés Térmico Laboral: ¿Un Nuevo Riesgo con Incidencia Creciente? *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, , 5-10.
- Vargas, E. (2014). *EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD LABORAL DE LOS TRABAJADORES EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA NEVADO – ECUADOR EN EL AÑO 2013. DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6439/1/MUTC-000186.pdf>
- Ventura León, J. L. (2017). El significado de la significancia estadística: comentarios a Martínez - Ferrer y colaboradores. *Salud Pública de México* , 499.
- Villareal, C. (2020). *Análisis de espectros de frecuencia de vibraciones de engranajes en el reductor planetario Flender de la transmisión del molino 3 del área de Extracción de la Agroindustrial Cartavio S.A.A*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Tujillo.

ANEXOS

Anexo 1

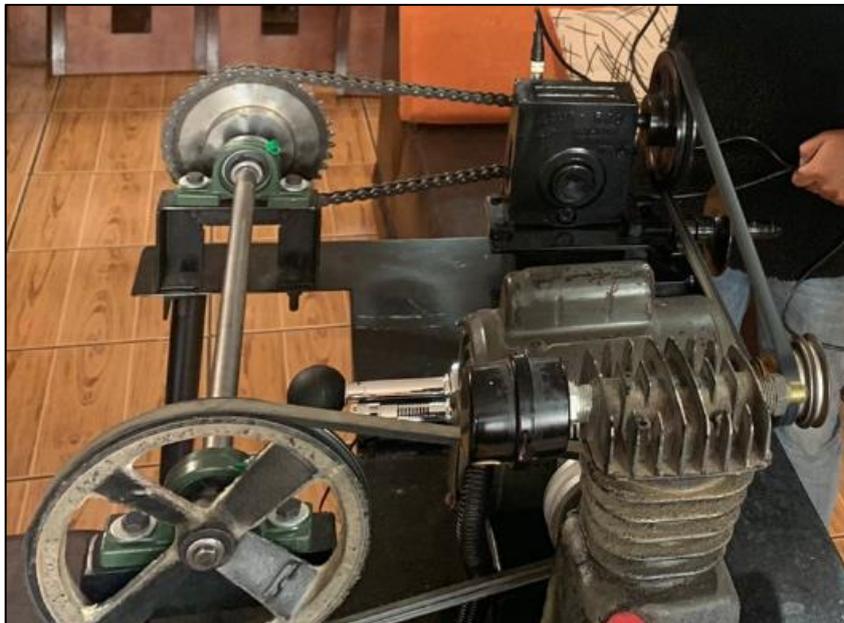
Gráfica de la Medición de Temperatura Con y Sin Aditivo.



Nota. La gráfica representa en las abscisas el tiempo en minutos en el que se encontró en funcionamiento el motor y en el eje de las ordenadas la temperatura en °C y además muestra el comportamiento de la temperatura del motor cuando se usa un mismo lubricante con aditivo sólido en la línea roja y sin aditivo en la línea azul, este detalle se muestra para entender el párrafo citado dentro del apartado del Estado de Arte. *Obtenido de:* Noriega, Simbaña, & Torres, 2018, p. 7.

Anexo 2

Módulo de Experimentación.



Anexo 3

Medidor de Estrés Térmico.



Anexo 4

Medidor de Vibraciones.



Anexo 5

Apartado de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001.

9.2.4 Estabilización de los instrumentos de medición:		
Viernes 14 de junio de 2002	DIARIO OFICIAL	(Cuarta Sección)
a)	los termómetros de globo y bulbo húmedo deben permanecer al menos 30 minutos expuestos en el área de trabajo antes de efectuar la lectura;	
b)	el termómetro de bulbo húmedo debe humedecerse directamente con agua destilada durante al menos 30 minutos antes de efectuar las mediciones y dejando la malla de algodón inmersa en el agua destilada, de tal manera que siga absorbiendo agua por capilaridad;	

Nota. Este apartado de la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001, menciona el parámetro a considerar en cuanto al tiempo de estabilización para los termómetros, que en este caso es el medidor de estrés térmico empleado.

Anexo 6

Lubricante original "Lubricante Multifuncional".



Anexo 7

Desmontaje del sistema de transmisión por engranajes y limpieza del lubricante ya utilizado.



Nota. Retiro del lubricante original de la caja reductora, para conocer el contenido exacto en el interior de este y su correspondiente limpieza con el líquido desengrasante (Thinner) para la eliminación de todos los residuos anteriores.

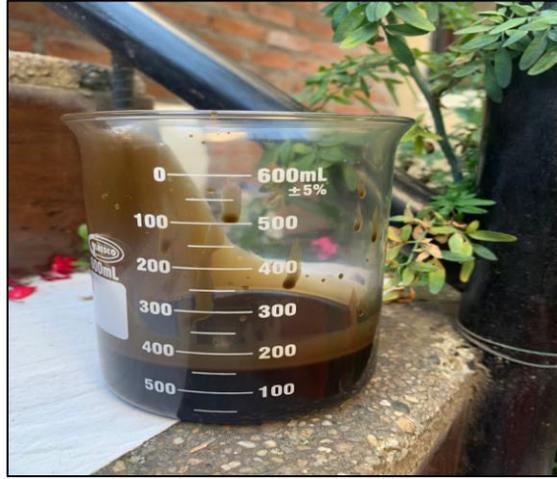
Anexo 8

Segundo lubricante, aceite de dos tiempos conocido como aceite mono grado – Castrol 140.



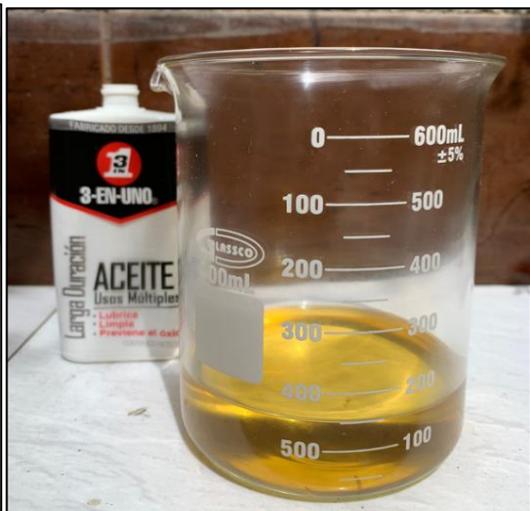
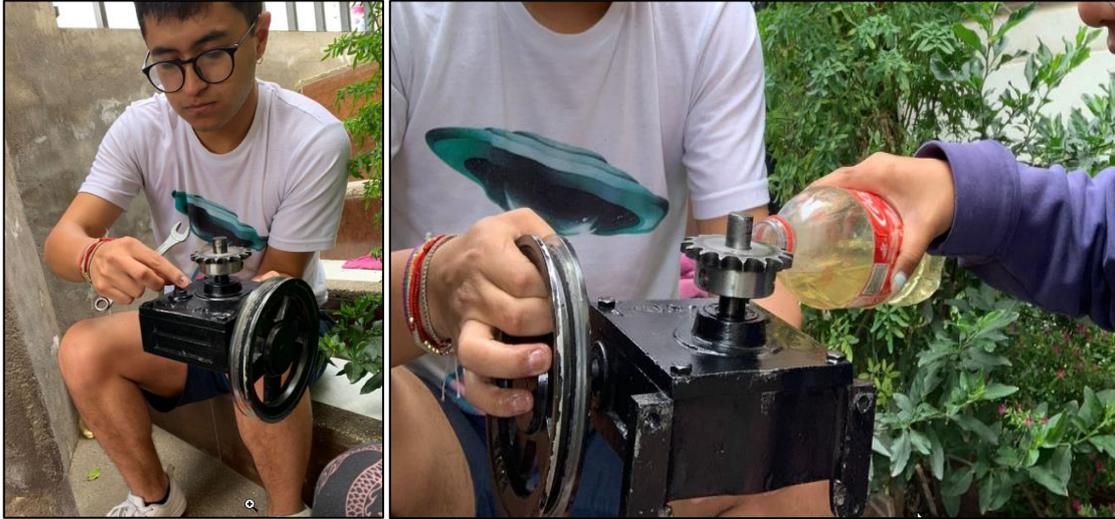
Anexo 9

Tercer lubricante, lubricante de segundo uso específicamente un Havoline 30.



Anexo 10

Cuarto lubricante aceite multiusos conocido comúnmente como aceite 3 en 1.



Anexo 12

Evidencia fotográfica de la obtención de datos.



Anexo 13

Evidencia de la base de datos, arrojada por el medidor de vibraciones y exportado en Microsoft Excel.

The screenshot shows Microsoft Excel with a table of vibration data. The table has columns for No., Date/Time, Function, Value, Unit, and Frequency(Hz). A warning dialog box is displayed over the table, indicating that the cells are in a protected sheet.

No.	Date/Time	Function	Value	Unit	Frequency(Hz)
1	2022-07-11 08:30:29	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
2	2022-07-11 09:00:29	Ap	3.4	m/S2	10-10kHz
3	2022-07-11 09:30:29	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz
4	2022-07-11 10:00:29	Ap	2.9	m/S2	10-10kHz
5	2022-07-12 08:30:33	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
6	2022-07-12 09:00:33	Ap	3.0	m/S2	10-10kHz
7	2022-07-12 09:30:33	Ap	3.2	m/S2	10-10kHz
8	2022-07-12 10:00:33	Ap	3.3	m/S2	10-10kHz
9	2022-07-13 08:31:12	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
10	2022-07-13 09:01:12	Ap	2.8	m/S2	10-10kHz
11	2022-07-13 09:31:12	Ap	2.7	m/S2	10-10kHz
12	2022-07-13 10:01:12	Ap	2.8	m/S2	10-10kHz

Microsoft Excel
La celda o el gráfico que intenta cambiar están en una hoja protegida. Para realizar un cambio, desproteja la hoja. Es posible que se le pida que escriba una contraseña.
Aceptar

The screenshot shows Microsoft Excel with a table of vibration data. The table has columns for No., Date/Time, Function, Value, Unit, and Frequency(Hz). A warning dialog box is displayed over the table, indicating that the cells are in a protected sheet.

No.	Date/Time	Function	Value	Unit	Frequency(Hz)
1	2022-07-14 08:32:03	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
2	2022-07-14 09:02:03	Ap	4.2	m/S2	10-10kHz
3	2022-07-14 09:32:03	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
4	2022-07-14 10:02:03	Ap	4.6	m/S2	10-10kHz
5	2022-07-15 08:31:19	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
6	2022-07-15 09:01:19	Ap	4.4	m/S2	10-10kHz
7	2022-07-15 09:31:19	Ap	3.9	m/S2	10-10kHz
8	2022-07-15 10:01:19	Ap	4.0	m/S2	10-10kHz
9	2022-07-16 08:30:47	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
10	2022-07-16 09:00:47	Ap	3.6	m/S2	10-10kHz
11	2022-07-16 09:30:47	Ap	4.1	m/S2	10-10kHz
12	2022-07-16 10:00:47	Ap	3.6	m/S2	10-10kHz

Microsoft Excel
La celda o el gráfico que intenta cambiar están en una hoja protegida. Para realizar un cambio, desproteja la hoja. Es posible que se le pida que escriba una contraseña.
Aceptar

3er lubricante.xls [Modo de compatibilidad] - Excel (Enviado)

Archivos Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Revisión Datos Idioma Comentarios

No.	Date/Time	Function	Value	Unit	Frequency(Hz)
1	2022-07-17 08:30:52	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
2	2022-07-17 09:00:52	Ap	3.3	m/S2	10-10kHz
3	2022-07-17 09:30:52	Ap	3.4	m/S2	10-10kHz
4	2022-07-17 10:00:52	Ap	3.7	m/S2	10-10kHz
5	2022-07-18 08:31:22	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
6	2022-07-18 09:01:22	Ap	3.9	m/S2	10-10kHz
7	2022-07-18 09:31:22	Ap	4.1	m/S2	10-10kHz
8	2022-07-18 10:01:22	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
9	2022-07-19 08:31:09	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
10	2022-07-19 09:01:09	Ap	3.3	m/S2	10-10kHz
11	2022-07-19 09:31:09	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz
12	2022-07-19 10:01:09	Ap	3.2	m/S2	10-10kHz

Microsoft Excel

La celda o el gráfico que intenta cambiar están en una hoja protegida. Para realizar un cambio, desproteja la hoja. Es posible que se le pida que escriba una contraseña.

Aceptar

4to lubricante.xls [Modo de compatibilidad] - Excel (Enviado)

Archivos Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Revisión Datos Idioma Comentarios

No.	Date/Time	Function	Value	Unit	Frequency(Hz)
1	2022-07-20 08:30:32	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
2	2022-07-20 09:00:32	Ap	4.1	m/S2	10-10kHz
3	2022-07-20 09:30:32	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
4	2022-07-20 10:00:32	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
5	2022-07-21 08:30:45	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
6	2022-07-21 09:00:45	Ap	4.2	m/S2	10-10kHz
7	2022-07-21 09:30:45	Ap	4.1	m/S2	10-10kHz
8	2022-07-21 10:00:45	Ap	4.4	m/S2	10-10kHz
9	2022-07-22 08:31:17	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
10	2022-07-22 09:01:17	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz
11	2022-07-22 09:31:17	Ap	3.5	m/S2	10-10kHz
12	2022-07-22 10:01:17	Ap	3.6	m/S2	10-10kHz

Microsoft Excel

La celda o el gráfico que intenta cambiar están en una hoja protegida. Para realizar un cambio, desproteja la hoja. Es posible que se le pida que escriba una contraseña.

Aceptar

5to lubricante.xls [Modo de compatibilidad] - Excel (Enviado)

Archivos Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Revisión Datos Idioma Comentarios

No.	Date/Time	Function	Value	Unit	Frequency(Hz)
1	2022-07-23 08:31:21	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
2	2022-07-23 09:01:21	Ap	4.8	m/S2	10-10kHz
3	2022-07-23 09:31:21	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
4	2022-07-23 10:01:31	Ap	4.2	m/S2	10-10kHz
5	2022-07-24 08:30:56	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
6	2022-07-24 09:00:56	Ap	4.6	m/S2	10-10kHz
7	2022-07-24 09:30:56	Ap	4.5	m/S2	10-10kHz
8	2022-07-24 10:00:56	Ap	4.3	m/S2	10-10kHz
9	2022-07-25 08:33:19	Ap	0.0	m/S2	10-10kHz
10	2022-07-25 09:03:19	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz
11	2022-07-25 09:33:19	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz
12	2022-07-25 10:03:19	Ap	3.1	m/S2	10-10kHz

Microsoft Excel

La celda o el gráfico que intenta cambiar están en una hoja protegida. Para realizar un cambio, desproteja la hoja. Es posible que se le pida que escriba una contraseña.

Aceptar

Anexo 14

Lubricante Multifuncional.

MULTIS EP1



Ficha de características técnicas
Grasa



Grasa multifuncional litio/calcio. Propiedades de extrema presión.

APLICACIONES

Grasas multifuncional EP, Lubricación general

- **MULTIS EP1** es una grasa multiusos especialmente formulada para la lubricación de rodamientos de agujas, rodillos, cojinetes lisos, rodamientos de ruedas, juntas estándar, chasis y equipamientos sometidos a choques, vibraciones en aplicaciones tales como transportes, agricultura, obras públicas, vehículos todo terreno, y con presencia o no de agua.
- **MULTIS EP1** es igualmente apropiado para toda aplicación industrial donde se exige una grasa de extrema presión de grado NLGI 1.
- Vigilar que no se contamine la grasa durante su aplicación por polvo u otros contaminantes.

Recomendación

ESPECIFICACIONES

- ISO 6743-9: L-XBCEB 1
- DIN 51 502: KP1K-30

PROPIEDADES

Película duradera

Miscibilidad
Estabilidad mecánica
Estabilidad térmica

Ausencia de sustancias nocivas

- El carácter multifuncional de **MULTIS EP1** cubre una amplia gama de aplicaciones y permite racionalizar los stocks y simplificar las operaciones de mantenimiento, reemplazando numerosas grasas.
- Forma una película lubricante estable, lo que permite reducir los costes de mantenimiento y los tiempos de parada.
- Miscibilidad con la mayoría de las grasas de jabón convencional.
- Muy buena estabilidad mecánica evitando toda expulsión y pérdida de consistencia durante su aplicación.
- Excelente poder adhesivo sobre los metales.
- Buena estabilidad térmica, muy buena resistencia a las variaciones de temperatura.
- **MULTIS EP1** no contiene plomo, ni ningún otro metal pesado considerado como nocivo para la salud humana o para el entorno.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS	MÉTODOS	UNIDADES	MULTIS EP1
Espesante		-	Litio / calcio
Grado NLGI	ASTM D 217/DIN 51 818	-	1
Color	Visual	-	Marrón claro
Apariencia	Visual	-	Lisa
Rango de temperaturas de uso		°C	- 30 a 120
Penetración a 25 °C	ASTM D 217/DIN51 818	0.1 mm	310 - 340
Prueba de 4 bolas, soldadura	DIN 51 350-4	daN	260 - 280
Prestaciones antiherumbre SKF-EMCOR	DIN 51 802/IP220/NFT 60-135/ISO 11007	Cotación	0 - 0
Punto de gota	IP 396/NFT 60 102 C	°C	> 190
Viscosidad del aceite base a 40 °C	ASTM D 445/DIN 51 562-1/ISO 3104/IP71	mm ² /s (cSt)	150

Las características mencionadas representan valores típicos.

TOTAL ESPAÑA, S.A.U.
Ribera del Loira, 46 - 28042 Madrid
Tel.: 91 722 08 40 - Fax: 91 722 08 62
MULTIS EP 1 (1/1)

Este lubricante, empleado según nuestras recomendaciones y en las aplicaciones previstas, no presenta ningún riesgo particular. Puede usted obtener a través de su delegado comercial los datos de seguridad conformes a la legislación vigente en la C. E.
Última actualización: 23-07-2014 (10-12-2012)


ISO 9001
VERSION 2000
ISO 15189:09
VERSION 2002

Anexo 15

Aceite Mongrado (Castrol 140).



Ficha Técnica

Castrol Axle GL-5 85W-140

Fluido para ejes - Multi-propósito

Descripción

El aceite Castrol Axle GL-5 85W-140 es un lubricante multigrado para diferenciales y ejes en automóviles y camiones ligeros con tracción trasera y con tracción en las cuatro ruedas.

Aplicación

Castrol Axle GL-5 85W-140 es un lubricante multigrado para uso en diferenciales y ejes que proporciona excelente rendimiento y es adecuado para uso en automóviles y camiones ligeros de tracción trasera y de tracción en las cuatro ruedas.

Ventajas

- Supera los requisitos API GL-5 para lubricantes trabajando en condiciones de extrema presión y transportando cargas pesadas.
- Recomendado para diferenciales y ejes donde se recomiende un lubricante API GL-5, SAE 85W-140

Características Típicas

Prueba	Método	Unidades	Castrol Axle GL-5 85W-140
Densidad relativa @ 15°C	ASTM D1298	g/ml	0.905
Apariencia	Visual	-	Claro y Brillante
Viscosidad Cinemática 100°C	ASTM D445	cSt	26
Punto de escurrimiento	ASTM D97	°C	-18
Viscosidad, Brookfield @ -12°C	ASTM D2983	cP	< 75,000
Viscosidad, Cinemática 40°C	ASTM D445	cSt	360
Índice de Viscosidad	ASTM D2270	Ninguno	95
Punto de inflamación, COC	ASTM D92	°C	>200

Los datos anteriores son típicos con valores de tolerancia normales de producción y no constituyen especificación.

Requisitos de Desempeño Standard

API GL-5

Anexo 16

Aceite de segundo uso (Havoline 30).



HAVOLINE[®] MOTOR OIL

SAE 10W-30, 10W-40, 20W-50, 30

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

Chevron Havoline[®] Motor Oil es un aceite mineral para motor de calidad superior con Deposit Shield[®] Technology, diseñado para proteger los motores de vehículos nuevos y de años anteriores contra la formación de depósitos, sedimentos y contaminación. Está formulado especialmente con tecnología avanzada de aditivos para proporcionar una protección continua contra el desgaste.



CARACTERÍSTICAS/BENEFICIOS

Chevron Havoline Motor Oil está formulado con la tecnología más reciente de básicos y aditivos de punta para proteger el motor en condiciones de conducción normales y difíciles y para:

- Ayudar a reducir la sedimentación y la acumulación de residuos para mantener los motores funcionando mejor y durante más tiempo.
- Ayudar a maximizar de potencia del motor y evitar la pérdida de potencia del motor, además de mantener la limpieza.
- Ayudar a evitar la preignición a baja velocidad (LSPI por sus siglas en inglés) en motores de inyección directa turboalimentados para proteger las piezas esenciales del motor.
- Brinda protección superior contra el desgaste y la oxidación en árboles de levas, cojinetes y otras partes vitales del motor.

AFIRMACIONES SOBRE EL DESEMPEÑO

- Ayuda a mantener los motores limpios y funcionando durante más tiempo con hasta un 14 % más de control de depósitos en los pistones y hasta un 8 % más control de sedimentos que el límite de GF-6¹.
- Reduce considerablemente el desgaste del motor y protege los componentes esenciales. El potenciador especial brinda mayor protección contra el desgaste y la oxidación, hasta un 25 % menos desgaste relacionado con la fricción que el estándar del sector².
- Ayuda a que el aceite retenga su viscosidad original durante más tiempo. Resiste a la descomposición térmica.
- Excelente protección de los catalizadores de tres vías.

1. Según la prueba de depósitos Sequence IIIH usando SAE 5W-30 y la prueba de sedimentos y barniz Sequence VH usando SAE 0W-20
2. Según la prueba de desgaste de la distribución Sequence IVB usando SAE 0W-30

Producto(s) manufacturado(s) en USA, Colombia y El Salvador.
Confirme siempre que el producto seleccionado es consistente con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del cliente.

Un producto de la empresa **Chevron**

1 julio 2021
PCMO-70s

© 2007-2021 Chevron U.S.A. Inc. Todos los derechos reservados.
Chevron, la Marca Chevron, Havoline y Deposit Shield son marcas registradas propiedad de Chevron Intellectual Property LLC.
Todas las otras marcas registradas son propiedad de sus respectivos dueños.

2-23

APLICACIONES, ESPECIFICACIONES Y APROBACIONES

Recomendado para vehículos nuevos y con alto kilometraje, así como para motores turboalimentados y naturalmente aspirados. Vehículos que requieren la especificación API SP o una especificación previa, así como la especificación GF-6 o una previa (según la clase del aceite).

Cumple o supera los siguientes estándares del sector y de OEM:

Grado SAE	10W-30	10W-40	20W-50	30
API SP/SN Plus	X	X	X	X
API SP/SN Plus/ Conservación de recursos	X			
ILSAC GF-6A	X			
Chrysler MS-6395	X			
GM 6094M	X			
Fiat 9.55535-CR-1	X			

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

Grado SAE	Método de prueba	10W-30	10W-40	20W-50	30
Número de Producto		224103	224104	224105	224100
Número MSDS					
USA		17808	17808	17808	17808
Colombia		31063	-	-	-
El Salvador		31407	-	31407	-
Densidad a 15°C, kg/L	ASTM D4052	0,8726	0,8713	0,8794	0,8784
Viscosidad, Cinemática					
mm ² /s a 40°C	ASTM D445	69,0	95,7	166,8	82,3
mm ² /s a 100°C	ASTM D445	10,3	14,0	18,6	10,5
Viscosidad, arranque en frío (CCS) (cP), CCS @ °C	ASTM D5293	-25/6500	-25/6200	-15/8300	N/A
Índice de Viscosidad	ASTM D2270	136	150	126	112
Punto de Inflamación, °C(°F)	ASTM D92	236(457)	238(460)	248(478)	246(475)
Ceniza Sulfatada, masa %	ASTM D874	0,8	0,8	0,8	0,8
Fósforo, masa %	ASTM D4951	0,077	0,077	0,077	0,077
Zinc, masa %	ASTM D4951	0,087	0,087	0,087	0,087

Pueden esperarse variaciones menores en la información de pruebas típicas de producto en fabricación normal.

Confirme siempre que el producto seleccionado es consistente con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del cliente.

1 julio 2021
PCMO-70s

Anexo 17

Aceite Tres En Uno.

3 EN

Ficha Técnica

3-EN-UNO ORIGINAL

Aceite Multi-Usos

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Principales componentes:
Aceite mineral, esencia de cidronela, agente anticorrosión
- Punto de inflamación: 150° C aproximadamente
- Viscosidad: 120 cSt
- Estado físico: líquido
- Color: ámbar / marrón claro
- Funciones del producto:
1/ LUBRICA los pequeños mecanismos (y suprime los chirridos) 2/ LIMPIA las superficies metálicas
3/ PROTEGE del óxido y de la corrosión



VENTAJAS DEL PRODUCTO

- Fórmula probada
- Lubricación eficaz de todos los pequeños mecanismos
- Aplicación precisa (botella con gotero)
- Dosificación gota a gota posible
- Marca de gran notoriedad

USOS

- **Hogar:** lubrica los goznes, ralles de cajones, marcos, cerraduras, etc.
- **Bicicleta:** lubrica y protege las cadenas, puntos pivotantes, cables, etc.
- **Máquina de coser:** lubrica y protege los pequeños mecanismos.
- **Automóvil:** lubrica las bisagras, trampillas, cerraduras, etc.

Gotero 100 ml

Anexo 18

Aceite multigrado (Havoline 20w – 50).



HAVOLINE® MOTOR OIL

SAE 10W-30, 20W-50

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

El aceite premium para motores automotrices con Deposit Shield® protege contra la formación de depósitos y lodo y proporciona excelente protección contra el desgaste de las partes críticas del motor.

BENEFICIOS PARA EL CLIENTE

Los aceites Havoline® Motor Oils with Deposit Shield® proporcionan valor a través de:

- **Excelente protección anti-desgaste**
- **Protección contra fallas térmicas**
- **Motores limpios** y sistemas positivos de ventilación de la caja del cigüeñal limpios, resultado de una mínima formación de depósitos en condiciones de conducción con cargas pesadas y de detención y arranque constante.
- **Satisface o excede los requerimientos de garantía** de los fabricantes de automóviles y camiones ligeros que se apoyan en un aceite para motor API SN.
- **Excelente control a alta temperatura**

FINALIDAD

Los aceites Havoline Motor Oils with Deposit Shield son aceites de calidad premium para motores automotrices.



Todos los grados están formulados con stocks base de alta calidad, un mejorador de índice de viscosidad estable al cizallamiento y contienen aditivos detergentes, dispersantes, de control de desgaste, antioxidantes, inhibidores de corrosión y supresores de espuma.

Sus aditivos anti-desgaste proporcionan excelente protección contra el desgaste de las partes críticas del motor.

Producto(s) manufacturado(s) en Ecuador.

Confirme siempre que el producto seleccionado es consistente con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del cliente.

Un producto de la empresa **Chevron**

24 marzo 2014
PCMO-4300s

© 2014 Chevron U.S.A. Inc. Todos los derechos reservados.
Texaco, el logotipo de Star T logo, Havoline y Havoline with Deposit Shield son marcas registradas propiedad de Chevron Intellectual Property LLC. Todas las otras marcas registradas son propiedad de sus respectivos dueños.

Un alto nivel de dispersión en los aceites Havoline Motor Oils with Deposit Shield protege contra la formación de depósitos y lodo en conducción de detención y arranque y operación sostenida a alta temperatura y protege contra la corrosión.

Su excelente estabilidad a la oxidación a alta temperatura ayuda a evitar el incremento en la viscosidad y la gelación del aceite en la caja del cigüeñal. Ayudan a mantener los sistemas PCV limpios para mantener un suave desempeño del motor.

APLICACIONES

Los aceites Havoline Motor Oils son adecuados para uso en motores a gasolina de cuatro tiempos usados en automóviles de pasajeros, camiones ligeros, lanchas con motor fuera de borda, motocicletas y otros equipos móviles y estacionarios. Son excelentes para motores de altas revoluciones en automóviles pequeños y camiones ligeros. Todos los grados están adecuados para uso en automóviles nuevos y de alto millaje, y en motores turbo-cargados así como motores normalmente aspirados. Pueden también ser adecuado para uso en motores a gas natural en automóviles pequeños y camiones ligeros después de consultar con las recomendaciones de lubricación del fabricante adecuado del equipo respecto.

SAE 10W-30 es adecuado para uso en muchos vehículos anteriores y unos cuantos modelos de automóviles y camiones, con frecuencia aquellos con motores más grandes de 6 cilindros y V-8 y/o motores de alto desempeño. SAE 10W-30 promueve incrementada economía de combustible relativa a los grados de viscosidad más pesados.

SAE 20W-50 es adecuado principalmente para motores anteriores para uso en operaciones de alta temperatura y servicio pesado, tales como remolque de tráileres pesados a velocidades de carretera o pendientes inclinadas, por largos periodos de tiempo.

Havoline® Motor Oil – Continuación

Es también recomendado para algunos motores de alto desempeño utilizados en las carreras y rallys.

Nota: Consulte siempre su manual de propietario con respecto al grado de viscosidad.

Los aceites Havoline® Motor Oils satisfacen:

- **Las Categorías de Servicio API**

- SN
- SM, SL, SJ y todas las categorías de servicio API "S" anteriores
- Conservación de Recurso para API SN (SAE 10W-30)
- ILSAC GF-5 (SAE 10W-30)

- **requerimientos de desempeño de fabricantes**

- **Chrysler Group LLC**
MS-6395 (SAE 10W-30)
- **General Motors**
GM 6094M (SAE 10W-30)

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS

Grado SAE	10W-30	20W-50
Número de Producto	223410	223412
Número MSDS		
Gravedad API	30.5	29.0
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C	68.4	157.8
cSt a 100°C	10.3	17.3
Viscosidad, Arranque en Frío, °C/Poise	-25/62	-15/75
Índice de Viscosidad	137	119
Punto de Inflamación, °C(°F)	>200(392)	>205(401)
Punto de Ecurrimiento, °C(°F)	-36(-33)	-24(-11)
Ceniza Sulfatada, wt %	0.9	0.9
Número Base, ASTM D2896	8.4	8.5
Fósforo, wt %	0.076	0.077
Zinc, wt %	0.088	0.088
Magnesio, wt %	0.004	0.004

Pueden esperarse variaciones menores en la información de pruebas típicas en fabricación normal.

Anexo 19

Código de programación haciendo uso del Software RStudio.

