

SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR GOTEO PARA EL RELOJ DEL TEMPLO
PARROQUIAL

JHONI ESTEBAN AGUDELO ORREGO
LUIS ESTEBAN CUERVO CARDONA
ARLEY ALEJANDRO ZAPATA BURITICÁ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA
SAN RAFAEL
2015

SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR GOTEO PARA EL RELOJ DEL TEMPLO
PARROQUIAL DE SAN RAFAEL

JHONI ESTEBAN AGUDELO ORREGO
LUIS ESTEBAN CUERVO CARDONA
ARLEY ALEJANDRO ZAPATA BURITICÁ

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecánica Industrial

ASESOR
SAUL EMILIO RIVERO MEJÍA
INGENIERO MECÁNICO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA
SAN RAFAEL

2015

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	8
1. Descripción del Problema	10
1.1 Breve Descripción de la Parroquia San Rafael Arcángel	10
1.2 Área de trabajo	11
2. Justificación	17
3. Objetivos	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. Marco Teórico	19
4.1 Sistema de lubricación por goteo de maquinaria	18
4.2 Reloj mecánico	27
5. Metodología	29
5.1 Experimento # 1	29
5.2 Experimento # 2	32
6. Resultados del proyecto	37
6.1 Especificaciones técnicas de la solución propuesta	39
6.2 Herramientas Utilizadas	47
7. Conclusiones	48
8. Recomendaciones	49
Bibliografía	50

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
1. Templo Parroquial San Rafael Arcángel	10
2. Acceso a la torre en donde se encuentra el reloj monumental	12
3. Acceso a la torre	12
4. Acceso final a la torre	13
5. Acceso a la torre vista posterior	13
6. Torre en donde se encuentra instalado el reloj y el campanario	14
7. Actividades de mantenimiento sobre el reloj	14
8. Estado de los mecanismos del reloj	15
9. Revisión el estado del reloj	15
10. Detalle de las piezas del reloj	16
11. Lubricación por goteo	25
12. Recipiente para depositar el aceite y sus capilares	31
13. Ensayo para determinar el tiempo de goteo	31
14. Experimento dos con la bomba de agua para peces	33
15. Suministro del aceite lubricante a través de la bomba	33
16. Altura registrada a través del mecanismo de la bomba	34
17. Diferentes registros de la altura obtenida a través del mecanismo de la bomba	34
18. Tercer registro con diferentes calibres de los capilares	35
19. Maquinaria y sus componentes recién reparados del reloj monumental	35
20. Desmonte de las piezas dañadas del reloj	37
21. Fabricación de cubierta metálica	38
22. Mantenimiento del reloj	38
23. Detalle de los bloques en donde se instalaran los capilares	41
24. Instalación del sistema de lubricación por goteo	42
25. Parte frontal del primer recipiente	43
26. Recipiente agujero central por donde ingresa el aceite	43
27. Primer recipiente parte posterior	44
28. Bloque A con los capilares instalados	44
29. Bloque C con los capilares instalados	45
30. Bomba pecera para impulsar el aceite	45
31. Recolector de lubricante dos	46
32. Recolector de lubricante tres	46

TABLAS

Pág.

1	Registro de goteo número uno	29
2	Registro de goteo número dos	29
3	Medidas capilares parte frontal para el reloj	40
4	Medidas capilares parte posterior para el reloj	40
5	Presupuesto	47

INTRODUCCIÓN

En el año de 1949 surgió la idea de adquirir un reloj para el templo parroquial San Rafael Arcángel del municipio de san Rafael, la cual fue liderada por el Presbítero Carlos Cadavid y una comitiva en cabeza del señor Jesús Yarce, ciudadano muy prestante de la sociedad para la época y, también los señores Juano Quintana, Humberto Suarez y Juan Cardona.

Éste grupo de personas se idearon la forma de recaudar dinero para la consecución del reloj, concentrándose en la realización de bazares, ferias, bailes etc. Luego de esta tarea procedieron a su consecución y su negociación dando una cifra de 20.000 mil pesos en talleres de Robledo de la ciudad de Medellín, avalada en dicha época. Este reloj fue una réplica de una fabricación alemana y su sinergia le da movimiento a cuatro sistemas diferentes ubicados en las caras de la cúpula.

Este proyecto tiene como propósito la implementación de un sistema de lubricación por goteo, para el reloj del templo parroquial San Rafael Arcángel del municipio de San Rafael, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de todas sus partes mecánicas y así evitar constantes revisiones.

Una adecuada lubricación permite un funcionamiento continuo y suave de los equipos mecánicos, con un ligero desgaste, y sin excesivo esfuerzo en las partes móviles. Cuando falla la lubricación, los metales y otros materiales pueden rozar y destruirse unos a otros, causando daños irreparables.

Unas de las fallas detectadas en el reloj de la iglesia, fue el exceso de lubricante, adicionalmente, el reloj se encontró a la intemperie evidenciándose muchas de sus partes en mal estado por culpa del polvo, basura, agua, heces de palomas y murciélagos.

Para el logro de los objetivos de éste proyecto, se optó por emplear un estudio de tipo exploratorio dado que no se encontró mucha información de interés para el mantenimiento del reloj y para el diseño del sistema de lubricación por goteo. Los autores decidieron realizar entonces una serie de ensayos y con base en ello se optó por la mejor alternativa; la cual consistió en instalar tres tanques en acero inoxidable para el deposito del lubricante, 18 capilares metálicos para la circulación del aceite y una de bomba de agua de pecera para la recirculación constante del lubricante; dando como resultado una lubricación a los engranajes del reloj monumental de forma automática, con lo cual se protege las piezas metálicas; disminuyendo su desgaste, la dependencia de un operador y abaratando los costos de operación.

Las dificultades consistieron en el proceso de la soldada de los tubos capilares con los recipientes ya que son materiales diferentes, cobre con acero inoxidable. Además de la demora en la reparación mecánica de los engranajes para nuevamente armar el mecanismos del reloj lo cual conlleva tiempo adicional para iniciar el proceso de la lubricación.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA PARROQUIA SAN RAFAEL ARCÁNGEL

Figura 1. Templo parroquial San Rafael Arcángel



Fuente: (<https://www.wikipedia.org/sanrafaelantioquia>, 2015)

El Municipio de San Rafael por tradición y costumbres, tiene una gran influencia de la iglesia católica, la cual ha acompañado en todo momento el desarrollo y crecimiento de la población. Es así como en el año 1905 fue construido el templo católico del Municipio, a partir del cual se fue consolidando en el entorno toda una comunidad, constituyéndose en frente de dicho templo lo que sería el punto de congregación del Sanrafaelita, llamado “Parque Principal”.

El templo parroquial San Rafael Arcángel está compuesto de tres naves y una torre, en esta última se encuentra ubicado el reloj monumental y el campanario. Se encuentran además del altar principal, un altar dedicado al Arcángel Rafael y otro a la Virgen del Carmen. Frente a la iglesia, se encuentra el parque principal de la población, al interior del cual hay un busto del padre Correa.

1.2 ÁREA DE TRABAJO

Por autorización expresa del cura párroco se iniciaron labores del mantenimiento del reloj monumental del templo parroquial San Rafael Arcángel, en la nave central en todo lo alto en donde se encuentra instalado el reloj y el campanario.

Este proyecto tiene como propósito la implementación de un sistema de lubricación por goteo, para el reloj del templo parroquial San Rafael Arcángel del municipio de San Rafael, con la finalidad de mejorar el funcionamiento de todas sus partes mecánicas y así evitar constantes revisiones y paros.

El reloj del templo parroquial San Rafael Arcángel es de tecnología alemana, su mecanismo es de torre, fachada y monumental, está constituido por un sistema de regulación, un sistema de ancora con piñón de escape o sistema pendular. La lubricación se realiza en aquellas partes móviles donde hay interacción metal-metal y sus piezas están fabricada casi todas de acero 1045, 1020 y sus engranajes de bronce.

Actualmente el sitio donde se encuentra ubicado el reloj es de difícil acceso, dado que para llegar a ese lugar se debe ascender 14 metros por unas escaleras estrechas tipo bombero.

De otro lado, el mantenimiento del reloj nunca fue periódico, básicamente se realizaba cuando ocurrían fallas y nunca contó con personal capacitado para dicha labor. Esto conllevó a que se perdieran algunas piezas del reloj y que además dejara de funcionar. La falta de lubricación, la exposición a la intemperie, el polvo y las heces de las aves que habitan en este lugar, han deteriorado todo el mecanismo del reloj.

Por último, se observó que la lubricación que se le realizaba al reloj es de forma inadecuada, dado que no se empleaba una aceitera y que por tanto las dosis utilizadas generalmente no eran acordes con los requerimientos del reloj.

Figura 2. Acceso a la torre en donde se encuentra el reloj monumental



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Acceso a la torre



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Acceso final a la torre



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Acceso a la torre vista superiormente



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Torre en donde se encuentra instalado el reloj y el campanario



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Actividades de mantenimiento sobre el reloj



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Estado de los mecanismos del reloj



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Revisión el estado del reloj



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Detalle de las piezas del reloj



Fuente: Elaboración propia

2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto que se realiza pretende esencialmente mejorar el funcionamiento de todos los componentes mecánicos del reloj del templo parroquial San Rafael Arcángel, a través de la implementación de un sistema de lubricación por goteo. Pero no solamente se pretende desarrollar el sistema de lubricación, sino que además se busca restaurar el reloj, de tal forma que aquellas piezas muy desgastadas o en mal estado se puedan cambiar por otras nuevas. El reloj lleva aproximadamente 15 años sin funcionamiento y muchas de sus partes desgastadas y destruidas no son comerciales.

Con la realización y ejecución de este proyecto, se busca además que las personas encargadas del mantenimiento del reloj realicen las actividades requeridas para su buen funcionamiento. Este sistema de lubricación servirá para que todas sus piezas mecánicas estén en óptimas condiciones y funcione correctamente.

Entendiendo que el reloj es un patrimonio histórico para la población del Municipio de San Rafael, recuperarlo seguramente afianzará el sentido de pertinencia e identidad cultural y religiosa de todos ellos.

Dado que éste tipo de relojes se encuentra presente en muchos otros municipios de Colombia, ponerlo en funcionamiento es un reto técnico y tecnológico como consecuencia que su diseño y construcción posee tecnología poco utilizada en la actualidad. Según lo anterior, la reparación y puesta en funcionamiento del reloj posibilitará que los practicantes y otras más personas adquieran habilidades y conocimientos al respecto de esa tecnología.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar un sistema de lubricación por goteo electromecánico, que permitirá al reloj de la Iglesia del municipio de San Rafael un buen funcionamiento.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la reparación de los elementos mecánicos deteriorados del reloj
- Instalar un sistema de lubricación por goteo para las partes mecánicas del reloj
- Elaborar unas recomendaciones para el mantenimiento del sistema de lubricación

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR GOTEO DE MAQUINARIA

4.1.1 La fricción

Al frotar un cuerpo contra otro, debe vencerse una resistencia, esta fuerza que se opone al deslizamiento se le conoce como fricción. El valor de la fricción de un cuerpo deslizante es igual a la fuerza necesaria para vencerla.

4.1.1.1 Causas

Ninguna superficie metálica es completamente lisa; aún superficies con acabados que se aproximan a la perfección presentan asperezas cuando se examinan en un microscopio. Las diminutas protuberancias en una superficie interfieren el movimiento relativo de dos cuerpos cuando rozan entre sí dando origen a la fricción al tratar de entrelazarse y agarrarse.

4.1.1.2 Efectos

La fricción no sólo puede ser considerada desde el punto de vista negativo por efectos que produce en maquinaria; también produce efectos positivos. Sin fricción no sería posible caminar, y muchos de los elementos que aprovechamos, como el automóvil, el freno o la piedra de esmeril, etc., no tendrían razón de ser.

En los órganos de las máquinas consideramos la fricción como indeseable porque casi todos requieren del deslizamiento de una parte contra otra. Para vencer la fricción se requiere trabajo y la energía así gastada supone pérdida de potencia y eficiencia. Además donde hay fricción sólida ocurre desgaste, pérdida de material por la acción cortante de las asperezas opuestas y el rompimiento de las minúsculas superficies soldadas.

Uno de los problemas de los ingenieros es controlar la fricción; incrementar la fricción donde se requiere (frenos) y reducir en donde no es conveniente (cojinetes). La fricción genera calor, produce pérdida de potencia y desgaste de las partes en movimiento.

4.1.1.3 Reducción de la fricción

Las fuerzas de fricción pueden ser disminuidas por los siguientes factores, los cuales pueden controlarse:

- La carga: Influye en forma directamente proporcional a la fricción; sin embargo, es parte de todo mecanismo y en la mayoría de los casos es difícil de modificar.
- Naturaleza de los materiales: Dependiendo de su naturaleza química, los cuerpos pueden presentar mayor o menor fricción. Ejemplo: Dos superficies de acero que deslizan presentan mayor fricción que dos superficies de teflón bajo las mismas condiciones de trabajo.
- El acabado de las superficies: Los coeficientes de fricción son mayores cuando las superficies son ásperas que cuando son pulidas.
- Forma de los cuerpos: La fricción por rodamiento es menor que la fricción por deslizamiento. Los cuerpos esféricos o cilíndricos, por lo tanto, ocasionan menor fricción.
- La lubricación utilizada.

4.1.2 Concepto de lubricación

Lubricar consiste en interponer entre dos superficies, generalmente metálicas expuestas a fricción, una película de un fluido que las separe a pesar de la presión que se ejerza para juntarlas. La lubricación elimina el contacto directo de las superficies metálicas, impide su desgaste y reduce al mínimo el rozamiento que produce pérdida de potencia.

4.1.2.1 Importancia de la lubricación

Los equipos industriales que requiere la industria moderna no podrían funcionar, ni siquiera unos minutos, sin el beneficio de una correcta lubricación. El costo de ésta resulta insignificante comparado con el valor de los equipos a los que brinda protección.

La utilización del lubricante correcto en la forma y cantidad adecuada ofrece entre otros los siguientes beneficios.

- Reduce el desgaste de las piezas en movimiento
- Menor costo de mantenimiento de la máquina
- Ahorro de energía
- Facilita el movimiento
- Reduce el ruido

- Mantiene la producción

4.1.2.2 Funciones de los lubricantes

Los lubricantes deben rebajar al máximo los rozamientos de los elementos móviles facilitando el movimiento, pero además deben reunir propiedades tales como:

- Soportar grandes presiones sin que la película lubricante se rompa
- Actuar como refrigerante
- Facilitar la evacuación de impurezas.

4.1.3 Elementos básicos que requieren lubricación

Por complicada que parezca una máquina, los elementos básicos que requieren lubricación son:

- Cojinetes simples y antifricción, guías, levas, etc.
- Engranajes rectos, helicoidales, sin fin, etc., que puedan estar descubiertos o cerrados
- Cilindros de compresores, bombas y motores de combustión interna
- Cadenas, acoples flexibles y cables

4.1.4 Factores que afectan la lubricación

El desempeño de un lubricante se ve afectado por varios factores. Los principales en términos generales son:

4.1.4.1 Factores de operación

Entre los factores de operación principales que afectan la lubricación tenemos

- La carga.
- La temperatura
- La velocidad
- Posibles contaminantes

4.1.4.2 Factores de diseño

Entre los factores de diseño se pueden considerar los siguientes:

- Materiales empleados en los elementos
- Textura y acabado de las superficies

- Construcción de la máquina
- Métodos de aplicación del lubricante

4.1.5 Tipos o sistemas de lubricación

- Manual
- Centralizada o automática

4.1.6 Tipos de lubricantes

De acuerdo a su estado los lubricantes se pueden clasificar así:

- Gaseosos (aire)
- Líquidos (aceites)
- Semi-sólidos (grasas)
- Sólidos, por ejemplo: (Bisulfuro de molibdeno, grafito, talco).

Se destacan por su mayor utilización en la industria los aceites y las grasas.

4.1.7 Aceites lubricantes

En la actualidad los aceites se derivan del petróleo. El petróleo crudo es esencialmente una mezcla de gasolina, kerosén, aceite combustible y diésel, fracciones lubricantes, asfalto y gas natural disuelto. Estos productos a su vez son mezclas a menudo de miles de compuestos diferentes, cada uno de los cuales hierve a una temperatura definida.

Para aplicaciones en las cuales las condiciones son extremadamente severas, los aceites de petróleo se refuerzan a menudo con aditivos especiales.

La elección del lubricante adecuado es de suma importancia puesto que se tienen numerosos puntos para considerar en vista del servicio que se deba prestar.

Si tomamos como referencia lo concerniente al coeficiente de fricción debe observarse.

- La viscosidad depende de las propiedades del aceite.
- Con el aumento de temperatura la viscosidad se reduce y viceversa.
- Con una película completa de espesor constante crece la fricción líquida a medida que aumenta la velocidad del movimiento.

Para elegir en cada caso el lubricante adecuado se dispone de aceites de petróleo que varían en viscosidad, punto de ebullición, estabilidad química y otras características ya que todo lubricante debe:

- Humedecer las superficies que necesitan lubricación
- Poseer la viscosidad adecuada
- No evaporarse excesivamente durante el servicio
- No ser perjudicial a las sustancias con las que se pone en contacto y no tener tendencia a formar goma, barniz, sedimento y otros materiales que puedan estorbar su acción propia.
- Poseer estabilidad química, de tal forma que ninguna de las propiedades mencionadas se pierda durante el servicio.

El aceite lubricante o simplemente “aceite” es una compleja mezcla de hidrocarburos que representa una de las clasificaciones más importantes de productos derivados de la refinación del petróleo crudo, encontrándose una gran variedad tanto de tipos como de grados.

Una de las propiedades más importantes y toda la historia de la lubricación gira alrededor de ella, es la viscosidad.

La viscosidad de un fluido es su resistencia a fluir libremente. Fluidos espesos como la melaza tienen alta viscosidad porque no fluyen con rapidez. Fluidos delgados como el agua, fluyen rápidamente y tienen bajas viscosidades.

Los aceites lubricantes se encuentran en una gran variedad de viscosidad.

4.1.8 La viscosidad

La viscosidad es la resistencia que opone el aceite a fluir libremente. Para medir la viscosidad se utiliza el viscosímetro.

4.1.9 Tipos de Lubricación:

4.1.9.1 Lubricación por goteo

Este sistema de lubricación se usa únicamente para soportes horizontales. Tampoco se usa para lubricar órganos expuestos a altas temperaturas y altas velocidades. Este sistema es adecuado para elementos de máquinas que necesitan poca lubricación y para transmisiones difícil alcance para la relubricación.

4.1.9.2 Lubricación con mecha

Este sistema de lubricación aplica el principio de la capilaridad de un material poroso tal como el cordón de tela o estopa.

Consiste en un recipiente de forma de botella invertido, con su cuello roscado para mantenerlo encima de la pieza que se va a lubricar.

Un árbol metálico o émbolo alimenta el aceite del recipiente al eje que va a lubricar. Una precaución que se debe tener con este sistema es la de no llenar completamente la botella de aceite. Una botella llena no contiene aire que haga bajar el aceite.

- **Funcionamiento**

El aceite es absorbido por la mecha y ésta lo deposita en el órgano que se quiere lubricar. Un extremo de la mecha está sumergido en el aceite, que también se encuentra en un frasco invertido, y la otra se pone en contacto con el órgano en movimiento, que va a lubricar.

La cantidad de aceite se regula variando el número de mechas y variando la altura entre el nivel de aceite en el recipiente y el extremo opuesto de la mecha.

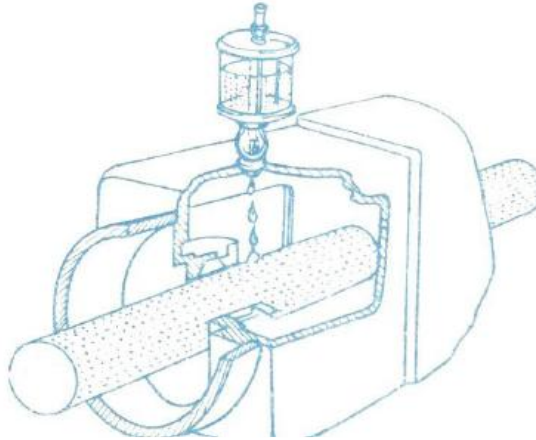
Cuando el mecanismo a lubricar se para, el flujo de aceite también debe detenerse para prevenir excesiva lubricación y desperdicio del lubricante.

Para detener el flujo de aceite se saca el extremo superior de la mecha del aceite. Sin embargo el aceite seguirá fluyendo hasta que la mecha se seque.

Es importante conocer el tipo de mecha adecuada. La mecha de estopa es mejor que la de algodón.

4.1.9.3 Lubricación alimentada por goteo

Figura 11. Lubricación por goteo



Fuente: Extraído de
(http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/15067/vol12/pdf/12-lubricacion-de-maquinaria.pdf, 2016)

Otro sistema de lubricación es el mostrado en la figura 11. Este es muy usado en todos los tipos de maquinaria para lubricar engranajes, ejes, cadenas, etc.

En la lubricación por goteo el flujo se regula por medio de una válvula de aguja graduable. Una palanquita situada encima del recipiente permite poner en marcha la lubricación o detenerla.

La porción transparente en la base de la aceitera permite un chequeo visual del flujo de aceite en el mecanismo a lubricar.

El flujo debe chequearse después del servicio para estar seguro de que se mantiene el suministro adecuado.

La lubricación por goteo tiene algunas desventajas:

- La cantidad de aceite suministrado varía con el nivel de aceite y con la temperatura de éste en el recipiente.
- La regulación de la válvula de aguja alterarse incluso obstruirse a causa de partículas extrañas.

- La lubricación por goteo requiere considerable atención en el llenado y regulación del flujo de aceite.

4.1.10 Tipos de Lubricantes

4.1.10.1 Lubricantes Líquidos: Son los que más se aplican, por la variedad de sustancias disponibles, por la comodidad y eficacia de su uso y por la posibilidad de mejorar o modificar sus características mediante aditivos.

4.1.10.2 Lubricantes Semisólidos: Suelen denominarse grasas, con respecto a la composición de los mismos, pueden ser mineral, animal o vegetal.

4.1.10.3 Lubricantes Sólidos: Cuentan con una composición específica, la cual proporciona ciertos beneficios sin que sea necesario la adición de lubricantes líquidos o semilíquidos.

4.1.11 Propiedades Físicas de los Lubricantes

- **Densidad:** La densidad está relacionada con la naturaleza del crudo de origen y el grado de refino.
- **Viscosidad:** Se define como la resistencia de un líquido a fluir. El funcionamiento óptimo de una máquina depende en buena medida del uso del aceite con la viscosidad adecuada para la temperatura ambiente.
- **Consistencia:** Se denomina así a la resistencia a la deformación que presenta una sustancia semisólida, como por ejemplo una grasa. La consistencia, al igual que la viscosidad, varía con la temperatura.
- **Acetosidad o Lubricidad:** Es una capacidad de un lubricante de formar una película cierto espesor sobre una superficie.
- **Formación de Espuma:** La espuma es una aglomeración de burbujas de aire con otro gas, separados por una fina capa de líquido que persiste en la superficie. Suele formarse por agitación violenta del líquido.
- **Emulsibilidad:** Es la capacidad que tiene un líquido no soluble en agua para formar una emulsión. Se denomina emulsión a una mezcla de agua y aceite.
- **Punto de Inflación:** Es la temperatura mínima en la cual el aceite empieza a emitir vapores inflamables.

- **Punto de Combustión:** Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman.
- **Punto de Congelación:** También denominado punto de fluidez. Es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado.

4.2 RELOJ MECÁNICO

Un reloj mecánico es un tipo de reloj que utiliza un procedimiento mecánico para medir el paso del tiempo, distinguiéndose de aquellos que miden el tiempo a partir de un fenómeno natural, como los relojes de sol, las clepsidras, o los relojes basados en la oscilación de cuarzo, que además incorpora componentes electrónicos.

4.2.1 Principios básicos

Un reloj mecánico se compone básicamente de tres elementos: un motor, un rodaje y un órgano regulador; los dos últimos elementos deben estar unidos por un escape. El motor suele ser un muelle o resorte (resorte principal) que acumula energía; normalmente es una lámina de metal que se enrolla sobre sí misma, acumulando la energía que hace moverse a todo el mecanismo; al proceso de enrollar el muelle se le llama dar cuerda, o remontar, algo que en los relojes mecánicos más simples debe hacerse periódicamente (Wikipedia, 2016).

El motor transmite su energía a un tren de rodaje o conjunto de ruedas que descomponen esa energía acumulada. A los ejes de esas ruedas van unidas las agujas, o más bien las manecillas, que desde el exterior del mecanismo permiten consultar la hora en una esfera. Las ruedas giran de manera solidaria, de manera que la rueda de las horas da una vuelta completa cada doce horas y al hacerlo hace girar la de los minutos una vez cada hora, que a su vez hace girar la de los segundos una vez cada minuto. (Wikipedia, 2016).

Un tercer elemento es el oscilador o regulador, se encuentra en el otro extremo del tren de rodaje y sirve para contener y dosificar la energía liberada por el motor. De no existir el oscilador y el escape que lo une al tren de rodaje, toda la energía acumulada se descargaría sin control. Para evitar eso, es necesario dosificar esa descarga y de eso se encarga el oscilador, un elemento que funciona de manera alterna, normalmente mediante un giro, y que acciona el escape, que a su vez libera el tren de rodaje para que avance un poco con cada movimiento del oscilador,

haciendo girar así las manecillas del reloj hacia adelante con velocidad constante (Wikipedia, 2016).

El funcionamiento de un reloj mecánico está sometido al rozamiento de todas sus piezas, al desgaste de las mismas, a la pérdida de lubricación, a las variaciones de temperatura y humedad, a su vulnerabilidad a los golpes o al movimiento de quien en su caso lo porta, por lo que su predicción es variable, por tal razón los relojes mecánicos necesitan un mantenimiento periódico, que si se realiza adecuadamente puede prolongar su vida por décadas (Wikipedia, 2016).

5. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos de éste proyecto, se optó por emplear un estudio de tipo exploratorio dado que no se encontró mucha información de interés para el mantenimiento del reloj y para el diseño del sistema de lubricación por goteo. Los autores decidieron realizar una serie de ensayos y con base en ello se optó por la mejor alternativa.

5.1 EXPERIMENTO # 1

Este primer experimento se realizó el día 05 de noviembre del año 2015 a partir de las 18:30 pm, con el fin de obtener información relevante. El lubricante utilizado lo proporcionó el docente Javier de Jesús Mejía, dicho lubricante se depositó al recipiente de acero inoxidable.

Los tres capilares se incrustaron al recipiente y fueron soldados con estaño, estos tenían longitudes y trayectos diferentes, donde se pudo observar que el capilar de 15 cm registro un tiempo de 3' 12", el segundo capilar de 30 cm registro un tiempo de 3' 32" y el tercer capilar de 50 cm registro un tiempo de 5' 34" antes de gotear por primera vez, después se obtuvo el siguiente registro:

Segundo Registro

Tabla 1. Registro de goteo número uno

DESCRIPCIÓN	TIEMPO	LONGITUD CAPILAR
Gota uno	35 s	15 centímetros
Gota uno	35 s	35 centímetros
Gota uno	50 s	50 centímetros

Fuente, elaboración propia

Tercer Registro. Se tomó el día 6 de noviembre

Tabla 2. Registro de goteo número dos

DESCRIPCIÓN	TIEMPO	LONGITUD CAPILAR
Gota uno	37 s	15 centímetros
Gota uno	39 s	35 centímetros
Gota uno	54 s	50 centímetros

Fuente, elaboración propia

Este registro nos demostró que el tiempo en cada uno de los capilares se aumentó entre 2 segundos y 4 segundos.

Los materiales e insumos que utilizamos fueron los siguientes

- Recipiente en acero inoxidable
- Tres capilares de 1/16 de pulgada
- Aceite Tellus 46

Aceite Shell Tellus 46: Shell Tellus se formula mezclando aceites a base de muy alta calidad con un multifuncional de adictivos. Ello le confiere prestaciones excepcionales cuando se utiliza en sistemas hidráulicos que operan en un amplio rango de temperaturas y condiciones de trabajo.

Aplicaciones

- Maquinaria de movimientos de tierra (obra pública o minera) sometidas a las más severas condiciones de trabajo.
- Todos aquellos sistemas hidráulicos que requieren un aceite del tipo HLP o HVLP.
- Sistemas hidráulicos que requieren la utilización de aceites para motor y viscosidad SAE 10W, 20W-20 o 30.

Propiedades.

- Muy alto índice de viscosidad. La viscosidad varía un poco cuando la temperatura sube o baja.
- Excelente separación del agua. El agua que entra en el sistema hidráulico se separa fácilmente del aceite por lo que su drenaje resulta muy cómodo.
- Propiedades anti-desgastantes. Las propiedades anti-desgastantes y de capacidad de carga exceden los requerimientos de las especificación DIN 51524 HLP.
- Muy buena filtrabilidad. Una cualidad esencial en los modernos sistemas hidráulicos, donde se requiere la utilización de filtros de muy bajo micraje.

Figura 12. Recipiente para depositar el aceite y sus capilares



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Ensayo para determinar el tiempo de goteo



Fuente: Elaboración propia

5.2 EXPERIMENTO # 2

Bomba para la lubricación

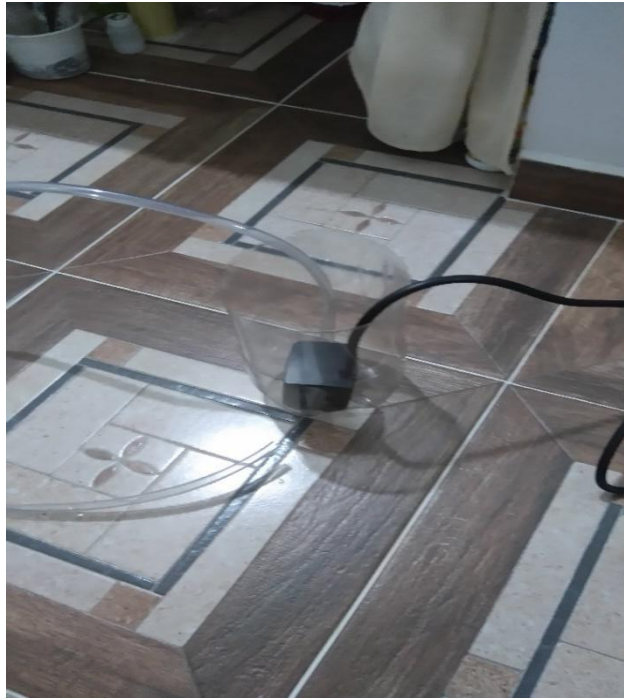
En este experimento, interesaba conocer la eficiencia de una bomba de agua para pecera. De acuerdo a lo observado, se encontró que ésta puede utilizar para impulsar aceite hasta una altura de 80 cm.

De acuerdo a lo anterior, se concluye que la bomba puede emplearse en el sistema de lubricación del reloj para el templo parroquia Arcángel del municipio de San Rafael.

Los componentes utilizados fueron:

- Bomba tipo pecera
- Manguera plástica de 1m de longitud
- 2 recipientes plásticos
- Lubricante Texactic Fluid 11

Figura 14. Experimento dos con la bomba de agua para peces



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Suministro del aceite lubricante a través de la bomba



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Altura registrada a través del mecanismo de la bomba



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Diferentes registros de la altura obtenida a través del mecanismo de la bomba



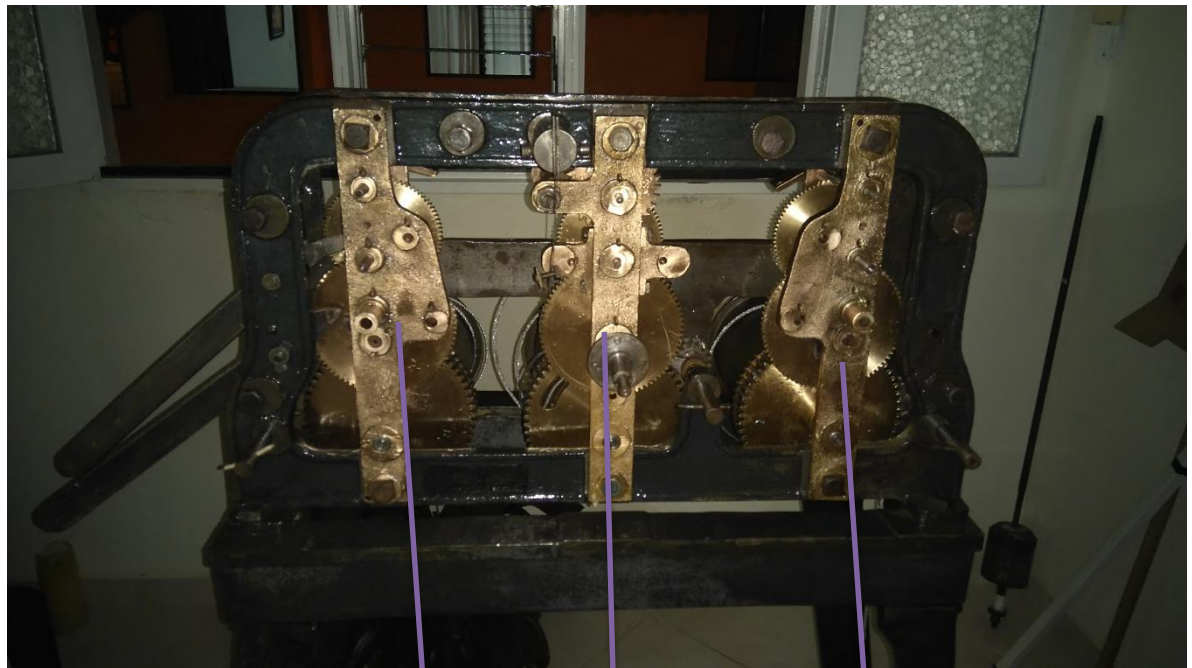
Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Tercer registro con diferentes calibres de los capilares



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Maquinaria y sus componentes recién reparados del reloj monumental



Fuente: Elaboración propia

Bloque B

Bloque A

Bloque C

En cada uno de los bloques se instalaran los capilares para la lubricación por goteo de todos los rodamientos del reloj mecánico.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

La primera labor consistió en realizar una inspección ocular al reloj monumental en el cual se observó el exceso de lubricante, dicho reloj se encontró a la intemperie donde se observó que todas sus partes se encuentran en mal estado por culpa del polvo, basura, agua, heces de palomas y murciélagos. Además que las personas encargadas de la lubricación no fueron personas idóneas para este trabajo, ya que no contaron con algún conocimiento en cuanto a la lubricación de un sistema mecánico.

Figura 20. Desmonte de las piezas dañadas del reloj



Fuente, elaboración propia

Figura 21. Fabricación de cubierta metálica



Fuente, elaboración propia

Figura 22. Mantenimiento del reloj



Fuente, elaboración propia

Para el logro de los objetivos de éste proyecto, se optó por emplear un estudio de tipo exploratorio dado que no se encontró mucha información de interés para el mantenimiento del reloj y para el diseño del sistema de lubricación por goteo. Los autores decidieron realizar entonces una serie de ensayos y con base en ello se optó por la mejor alternativa; la cual consistió en instalar tres tanques en acero inoxidable para el depósito del lubricante, 18 capilares metálicos para la circulación del aceite y una bomba de agua de pecera para la recirculación constante del lubricante; dando como resultado una lubricación a los engranajes del reloj monumental de forma automática, con lo cual se protege las piezas metálicas; disminuyendo su desgaste, la dependencia de un operador y abaratando los costos de operación.

6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

6.1.1 Descripción del sistema de lubricación por goteo

El recipiente principal donde se almacena el lubricante TELLUS 46, para su fabricación se utilizó electrodo 308 (acero inoxidable), lámina y dos bases calibre 14 en acero inoxidable, para la fijación del recipiente se necesitó dos tornillos pasantes de 3/8 de pulgada con su respectiva tuerca y arandela, sus medidas son 10 cm de altura, 23.8 cm de largo y 10 cm de ancho, el recipiente tiene un agujero central en la parte superior por donde se puede verter el lubricante TELLUS 46, a dicho recipiente se le incrustaron 18 tubos capilares de cobre de 1/16 de pulgada y se soldaron con estaño.

Se utilizara un segundo recipiente en acero inoxidable de lámina calibre 18, sus medidas son 4 cm de altura, 24 cm de largo y 14 de ancho, su función es recibir el lubricante que gotee de los ejes.

Un tercer recipiente en acero inoxidable de lámina 18, sus medidas son 25 cm de altura, 10 cm de largo y 10 cm de ancho, su función es almacenar el lubricante para después llenar el recipiente principal.

El recipiente está fabricado para almacenar ½ galón de lubricante TELLUS 46, los 18 tubos capilares están distribuidos de la siguiente manera, 9 tubos capilares en la parte frontal y 9 tubos capilares en la parte trasera de la maquinaria del reloj, la función de dichos tubos es de hacer llegar el lubricante a los ejes principales a través de la gravedad a una altura de 46 cm entre el recipiente y la maquinaria del

reloj, y así evitar el desgaste de las piezas creando una capa de lubricante en las piezas que estarán siempre en movimiento.

Tabla 3. Medidas capilares parte frontal para el reloj

CAPILAR	BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
1	60cm	57cm	57cm
2	64cm	63cm	63cm
3	71cm	72cm	72cm

Fuente, elaboración propia

Tabla 4. Medidas capilares parte posterior el reloj

CAPILAR	BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C
1	58cm	60cm	60cm
2	63cm	65cm	65cm
3	69cm	74cm	74cm

Fuente, elaboración propia

Figura 23. Detalle de los bloques en donde se instalarán los capilares



Fuente: Elaboración propia

Bloque B **Bloque A** **Bloque C**

Para lograr el ascenso del lubricante al primer recipiente, el cual se encarga de suministrar el aceite lubricante por goteo a los capilares y que se encuentra a una altura de 80 cm con relación al tercer recipiente, el cual almacena el aceite sobrante después de la lubricación de los rodamientos; se optó por instalar una bomba de agua para pequera la cual cumplirá la función de subir al primer recipiente el aceite cuando.

Figura 24. Instalación del sistema de lubricación por goteo



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Parte frontal del primer recipiente



Fuente, elaboración propia

Figura 26. Recipiente agujero central por donde ingresa el aceite



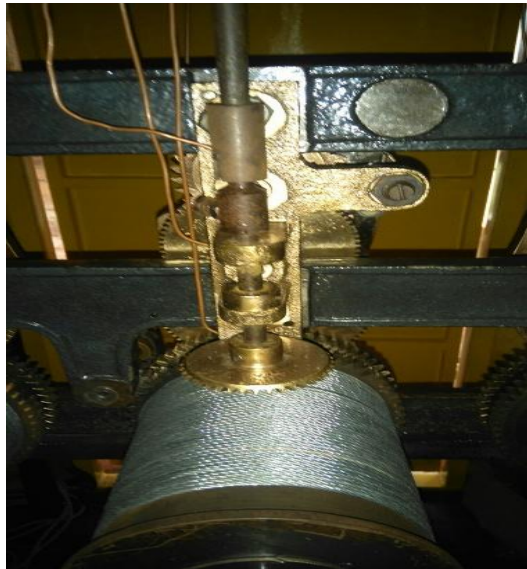
Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Primer recipiente parte posterior



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Bloque A con los capilares instalados



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Bloque C con los capilares instalados



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Bomba pecera para impulsar el aceite



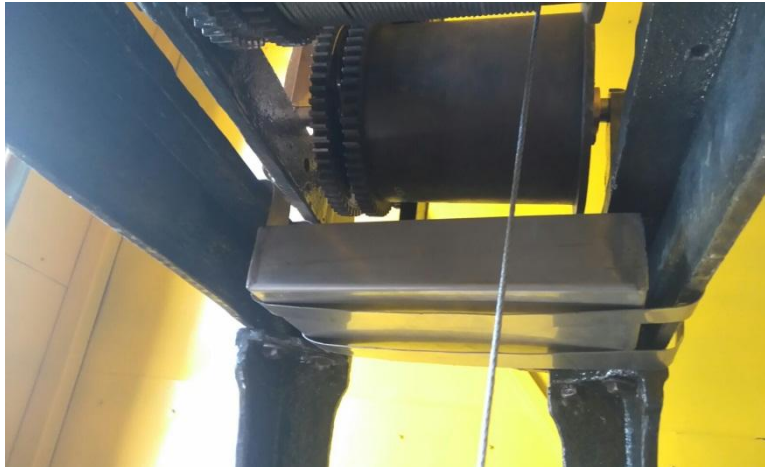
Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Recolector de lubricante dos



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Recolector de lubricante tres



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Presupuesto

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
Recipientes de acero inoxidable tres	\$ 100.000
Tubos capilares metálicos	60.000
Tornillos	2.000
Bomba de pecera	40.000
Brocas	8.000
Soldadura	8.000
Soldadura de capilares	17.000
Transportes a Medellín	150.000
Total	385.000

Fuente, elaboración propia

6.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- Recipientes en acero
- Bomba de aceite
- Capilares
- Taladro y brocas
- Cautin
- Soldador y electrodos
- Herramienta menor

7. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proyecto, puede afirmarse que se lograron cumplir con los objetivos del proyecto. Se instaló el sistema de lubricación, por tanto los elementos mecánicos del reloj podrán lubricarse adecuadamente y se elaboró el Plan de Mantenimiento para que en el futuro los técnicos o personas encargadas del mantenimiento del reloj apliquen las actividades requeridas para la durabilidad y buen funcionamiento de ese dispositivo.

De otro lado, a través de éste trabajo, los practicantes encargados del proyecto lograron adquirir nuevos conocimientos que en el futuro pueden servir para hacer acompañamiento a otras parroquias del país que también tengan relojes similares.

A pesar que la tecnología empleada en el diseño y construcción del reloj es de hace un siglo, por medio del presente proyecto pudo hacerse una adaptación tecnológica de forma exitosa, como lo es el sistema de lubricación por goteo. Con la elaboración del manual de funcionamiento, se puede garantizar la durabilidad y disponibilidad del reloj por más tiempo, evitándose paros inoportunos y desgastes prematuros de los elementos mecánicos.

Por último, se reconoce la importancia que la institución continúe desarrollando proyectos de éste tipo, dado que muchas veces en las regiones se requieren atender problemas muy puntuales de tipo técnico y no es posible encontrar a las personas idóneas para su atención.

8. RECOMENDACIONES

- Usar un lubricante llamado Aceite mineral.
- No utilizar otra clase de lubricante.
- Cambiar el aceite cada seis meses.
- Limpiar los recipientes distribuidor, recolector y almacenamiento de contaminantes recibidos.
- Inspeccionar los capilares de alguna obstrucción.
- Limpiar el filtro de la bomba.
- Revisar niveles del aceite.
- Verificar el sistema de lubricación cada mes para su mantenimiento.
- Si se presentan daños informar al personal que lo instalo.
- Recomendable una persona con conocimientos de lubricación.

BIBLIOGRAFÍA

Gómez D. Juan Alberto. Memoria Cultural Municipio de San Rafael tomo 1 (2005). Casa de la Cultura San Rafael.

Los Relojes y el Tiempo González María Isabel. (2013). Documento en línea recuperado el día 15 de diciembre de 2015 en: www.relojes.crearforo.com/los-relojes-y-el-tiempo-por-maria-isabel-gon.

Lubricación. Documento en línea recuperado el día 15 de diciembre de 2015 en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Lubricaci%C3%B3n>.

Lubricación y lubricantes. Documento en línea recuperado el día 15 de diciembre de 2015 en: <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>.

Lubricación de maquinaria volumen 12 SENA. Documento en línea recuperado el día 4 de enero de 2016, en: (http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/15067/vol12/pdf/12-lubricacion-de-maquinaria.pdf, 2016)

Manual de montaje y desmontaje de relojes mecánicos. Documento en línea recuperado el día 18 de diciembre de 2015 en: <http://www.foroderelojes.es/archivos/Manual%20del%20Reloj%20Mecanico%20por%20Pedro%20Izquierdo.pdf>

Reloj mecánico. Documento en línea recuperado el día 18 de diciembre de 2015, en: (https://es.wikipedia.org/wiki/Reloj_mecánico, 2016)

San Rafael – Antioquia. Documento en línea recuperado el día 18 de diciembre de 2015 en: (<https://www.wikipedia.org/sanrafaelantioquia>, 2015)

Restauración arquitectónica de reloj monumental. (2006). Documento en línea recuperado el día 20 de diciembre de 2015 en: <http://www.informe.20.presidencia.pdf>.

.