# UNIVERSIDAD NACIONAL

# “PEDRO RUIZ GALLO”

## Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

# TESIS

**Para Optar el Título Profesional de**

# INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

## Diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo para un aprendizaje activo en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG


**Autor:**

**Bach. Joel Geremias Ramos Quispe**

**Asesor**:

**M. SC. Oscar Méndez Cruz**


**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**Diciembre del 2022**

# UNIVERSIDAD NACIONAL

# “PEDRO RUIZ GALLO”

## Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

# TESIS

**Para Optar el Título Profesional de**

# INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

## Diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo para un aprendizaje activo en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG


**Autor:**

**Bach. Joel Geremias Ramos Quispe**


**Aprobado por el Jurado Examinador**

| | |
|---|---|
| **PRESIDENTE:** | **Dr. Ing. Amado Aguinaga Paz** |
| **SECRETARIO:** | **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera** |
| **MIEMBRO:** | **Ing. José Javier Sosa Victoriano** |
| **ASESOR:** | **M.Sc. Ing. Oscar Méndez Cruz** |

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**Diciembre del 2022**

# UNIVERSIDAD NACIONAL

# “PEDRO RUIZ GALLO”

## Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## TESIS

**TÍTULO**

# Diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo para un aprendizaje activo en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG

**CONTENIDOS**


**CAPITULO I:** ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

**CAPITULO II:** MARCO TEÓRICO

**CAPITULO III:** MARCO METODOLÓGICO

**CAPITULO IV:** PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

**CAPITULO V:** ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

**CAPITULO VI:** DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

**CAPITULO VII:** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



**Autor: Bach. Joel Geremias Ramos Quispe**


Dr. Ing. Amado Aguinaga Paz
PRESIDENTE

M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
SECRETARIO

Ing. José Javier Sosa Victoriano
MIEMBRO

M.Sc. Ing. Oscar Méndez Cruz
ASESOR

**LAMBAYEQUE - PERÚ**

**Diciembre del 2022**

# DEDICATORIA

**Dedicado a:**

Mi madre Florinda Quispe Delgado que siempre me está brindando su apoyo incondicional y a mi hija Massiel Britanny Ramos García quien me da el aliento y las fuerzas necesarias para vencer los obstáculos que día a día se presentan en el camino.

# AGRADECIMIENTOS

Desarrollar un proyecto de tesis parece un trabajo individual, pero la realidad es que si quieres terminarlo en un tiempo moderado y que disponga de una base de investigación sólida como todo proyecto de tesis necesita, se requiere de un grupo de personas.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi asesor el Ing. Oscar Méndez Cruz, quien me estuvo asesorando desde el inicio hasta la culminación de este proyecto de tesis, compartió sus conocimientos sobre el tema, sugerencias y apoyo sin condiciones ni limitaciones.

A mis mejores amigos de la universidad, Oscar Heredia De La Cruz, Roymer Perez Ventura y Hugo Ernesto Becerra Rimarachin entre otros, con los quienes compartí muchas anécdotas de vida universitaria, como son los trabajos grupales, trabajos de investigación, etc.

Un agradecimiento especial a la empresa colombiana ON-SITE MAINTENANCE DE COLOMBIA S.A.S, quien no solo viene trabajando con el aplicativo de este proyecto, sino que me brindo mucha información relevante para el diseño del aplicativo en cuestión.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por acogerme en sus aulas durante todo este tiempo de estudio y a sus docentes por brindarme sus conocimientos teóricos – prácticos y hacer de mi todo un profesional competitivo.

Por último, estoy profundamente agradecido con el técnico Líder en mantenimiento de la empresa OSM DE COLOMBIA S.A.S, José Giovanni Bocanegra Girón quien fue como un segundo asesor de este proyecto de tesis y a demás quien estuvo involucrado desde un inicio en el diseño y desarrollo del aplicativo de mantenimiento preventivo.

# RESUMEN

Actualmente, la educación superior en ingeniería no fomenta la participación activa del estudiante en su formación profesional, llegando a ser alguien inactivo en el proceso, limitado siempre a seguir y tratar de entender lo que el docente desarrolla en el pizarrón y posteriormente a aplicar los resultados en problemas que se le asignan. Esta forma de educación tradicional conlleva a que el estudiante dependa del docente como fuente de conocimiento y estimula muy poco la autonomía intelectual (Trujillo & González, 2020). Por lo dicho anteriormente, el objetivo del presente proyecto es diseñar un aplicativo de mantenimiento preventivo para generar un aprendizaje activo en el curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG, así mismo indicar que para el desarrollo del aplicativo se realizó en Excel con código de programación VBA. Este proyecto ya ha sido probado por diferentes profesionales del área de la ingeniería de mantenimiento llegando incluso a ser implementado por algunas empresas entre ellas la empresa "OSM DE COLOMBIA S.A.S", consolidado como el aliado de confianza en servicios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de vehículos automotrices, reparación de maquinaria, equipos industriales y motores diésel en los distintos sectores económicos, los resultados que ha dejado el aplicativo son positivos y en base a esos resultados me da la seguridad de presentar este proyecto a mi universidad con la finalidad de ayudar a mis compañeros y amigos de la FIME - UNPRG a comprender mejor el curso, el aplicativo está diseñado para mejorar la gestión de mantenimiento de una planta o instalación y a su vez el manejo de este aplicativo permite conocer el flujo de procesos que se dan en el área de mantenimiento de una planta.

**PALABRAS CLAVES**: VBA, Planta, Gestión, FIME, UNPRG, Aprendizaje Activo, OSM

# ABSTRACT

Currently, higher education in engineering does not encourage the active participation of the student in their professional training, becoming someone inactive in the process, always limited to following and trying to understand what the teacher develops on the blackboard and later to apply the results in problems assigned to him. This form of traditional education leads the student to depend on the teacher as a source of knowledge and stimulates little intellectual autonomy (Trujillo & González, 2020). Due to the aforementioned, the objective of this project is to design a preventive maintenance application to generate active learning in the course "Maintenance Engineering" of the FIME - UNPRG, as well as to indicate that for the development of the application it was carried out in Excel with VBA programming code. This project has already been tested by different professionals in the maintenance engineering area, even being implemented by some companies, including the company "OSM DE COLOMBIA SAS", consolidated as the trusted ally in preventive, predictive and corrective maintenance services. of automotive vehicles, repair of machinery, industrial equipment and diesel engines in the different economic sectors, the results that the application has left are positive and based on those results it gives me the security of presenting this project to my university in order to help to my colleagues and friends from the FIME - UNPRG to better understand the course, the application is designed to improve the maintenance management of a plant or installation and in turn the management of this application allows to know the flow of processes that occur in the plant maintenance area.

**KEY WORDS:** VBA, Plant, Management, FIME, UNPRG, Active Learning, OSM

# INDICE

**1. ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 15**

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA ..... 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 15

1.3. PROBLEMA GENERAL: ..... 16

1.4. PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ..... 17

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO ..... 17

*1.5.1. Justificación Científica: ..... 17*

*1.5.2. Justificación Ambiental: ..... 17*

*1.5.3. Justificación Social: ..... 17*

*1.5.4. Justificación Económica: ..... 18*

1.6. OBJETIVOS ..... 18

*1.6.1. Objetivo General: ..... 18*

*1.6.2. Objetivos específicos: ..... 18*

**2. MARCO TEORICO ..... 19**

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA ..... 19

*2.1.1. Contexto Internacional ..... 19*

*2.1.2. Contexto Nacional ..... 21*

2.2. BASE TEÓRICA ..... 23

*2.2.1. Mantenimiento ..... 23*

*2.2.1.1. Definición De Mantenimiento ..... 23*

*2.2.1.2. Importancia del Mantenimiento ..... 23*

*2.2.1.3. Finalidad del Mantenimiento ..... 24*

*2.2.1.4. Estrategia de mantenimiento. ..... 25*

*2.2.1.5. Mantenimiento Planificado ..... 25*

*2.2.1.6. Tipos de Mantenimiento ..... 26*

*2.2.1.6.1. Mantenimiento correctivo.* ..... *26*

*2.2.1.6.2. Mantenimiento preventivo.* ..... *26*

*2.2.1.6.3. Mantenimiento predictivo.* ..... *26*

*2.2.1.6.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM).* ..... *27*

*2.2.2. Aprendizaje Activo* ..... *27*

*2.2.2.1. ¿Qué es el Aprendizaje Activo?* ..... *27*

*2.2.2.2. ¿Cómo podemos diseñar una experiencia de aprendizaje activo?* ..... *28*

*2.2.2.3. Uso de las TIC en el aprendizaje activo.* ..... *29*

*2.2.2.4. Tecnologías de la información y la comunicación (TICs)* ..... *29*

*2.2.2.5. ¿Que son las TICs?* ..... *30*

*2.2.2.6. ¿Para qué sirven las TICs?* ..... *30*

2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN. ..... 31

*2.3.1. Variable Dependiente.* ..... *31*

*2.3.2. Variable Independiente* ..... *31*

*2.3.3. Cuadro de Operacionalización* ..... *32*

2.4. HIPÓTESIS ..... 33

*2.4.1. Hipótesis General* ..... *33*

*2.4.2. Hipótesis Específica* ..... *33*

2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS. ..... 33

**3. MARCO METODOLÓGICO ..... 35**

3.1. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 35

3.2. TÉCNICAS DE MUESTREO. ..... 36

3.3. MATERIALES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ..... 36

**4. PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 38**

4.1. DISEÑO DE LA PROPUESTA DE LA ALTERNATIVA VIABLE ..... 41

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ..... 42

4.3. CONTENIDO DEL APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ..... 44

4.4. ACCESO (LOGIN) ..... 44

4.5. EQUIPOS ..... 46

4.6. REPUESTOS ..... 56

4.7. RECURSOS HUMANOS (RR HH) ..... 61

4.8. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (PMP) ..... 64

*4.8.9. Cronograma De Ejecución ..... 120*

4.9. PRESUPUESTO ..... 121

**5. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS ..... 122**

5.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS ..... 122

**6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS ..... 129**

**7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 132**

7.1. CONCLUSIONES ..... 132

7.2. RECOMENDACIONES ..... 133

**8. BIBLIOGRAFÍA ..... 134**

**9. ANEXOS ..... 135**

9.1. ANEXO N°01 - MATRIZ DE CONSISTENCIA ..... 136

9.2. ANEXO N°02 - CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN DEL APLICATIVO PM EN LA EMPRESA OSM ..... 137

9.3. ANEXO N°03 - CARTA COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD. ..... 138

9.4. ANEXO N°04 - INFORMACIÓN ACERCA DE LA EMPRESA EN DONDE HA SIDO IMPLEMENTADO EL APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ..... 139

9.5. ANEXO N°05 – FORMATO DEL PRE - TEST Y POST - TEST ..... 140

9.6. ANEXO N°06 – PRESENTACIÓN DEL APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ..... 141

# INDICE DE TABLAS

*Tabla 1.* **Ficha técnica de la encuesta. ..... 37**

*Tabla 2.* **Preguntas del test. ..... 37**

*Tabla 3.* **Costes de inversión. ..... 121**

*Tabla 4.* **Resultados de la encuesta. ..... 122**

*Tabla 5.* **Ficha técnica del aplicativo. ..... 127**

# INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** **Formulación del problema. ..... 16**

**Figura 2.** **Ciclo de vida del activo. ..... 24**

**Figura 3.** **Aprendizaje activo ..... 28**

**Figura 4.** **Árbol de alternativas. ..... 39**

**Figura 5.** **Lista de precios del software odoo. ..... 40**

**Figura 6.** **Lista de precios del software sap erp. ..... 41**

**Figura 7.** **Menú inicio del aplicativo de mantenimiento preventivo. ..... 44**

**Figura 8.** **Ventana login del aplicativo de mantenimiento preventivo. ..... 45**

**Figura 9.** **Ventana crear usuario del aplicativo. ..... 45**

**Figura 10.** **Ventana eliminar usuario del aplicativo ..... 46**

**Figura 11.** **Inventario de los equipos del aplicativo ..... 47**

**Figura 12.** **Control de quipos del aplicativo ..... 49**

**Figura 13.** **Ventana historial de equipos del aplicativo ..... 55**

**Figura 14.** **Ventana control de repuestos del aplicativo. ..... 59**

**Figura 15.** **Ventana control de recursos humanos del aplicativo. ..... 64**

**Figura 16.** **Representación simbólica de la estrategia de mantenimiento. ..... 66**

**Figura 17.** **Cronograma de mantenimiento del aplicativo ..... 68**

**Figura 18.** **Ventana plan de mantenimiento del aplicativo ..... 71**

**Figura 19.** **Ventana editar plan de mantenimiento del aplicativo ..... 72**

**Figura 20.** **Crear paquete de mantenimiento del aplicativo ..... 75**

**Figura 21.** **Ventana configuración del calendario de trabajo del aplicativo ..... 75**

**Figura 22.** **Estrategias de mantenimiento preventivo. ..... 78**

**Figura 23.** **Cronograma de mantenimiento del aplicativo (vc – hra/km) ..... 80**

**Figura 24.** **Ventana plan de mantenimiento del aplicativo (vc – hra/km). ..... 83**

**Figura 25.** **Ventana editar plan de mantenimiento del aplicativo (vc – hra/km). ..... 84**

**Figura 26.** **Ventana eliminar ot del aplicativo ..... 85**

**Figura 27.** **Representación simbólica de las estrategias de mantenimiento. ..... 86**

**Figura 28.** **Ventana registro de las variables de control del aplicativo ..... 87**

**Figura 29.** **Ventana crear paquete de mantenimiento del aplicativo ..... 89**

**Figura 30.** **Registros de paquetes de mantenimiento. ..... 91**

**Figura 31.** **Secuencia de paquetes de mantenimiento. ..... 92**

**Figura 32.** **Representación simbólica del contador e indicador. ..... 92**

**Figura 33.** **Gestión de órdenes de trabajo del aplicativo. ..... 95**

**Figura 34.** **Eliminar ot del aplicativo. ..... 96**

**Figura 35.** **Ventana reprogramación de ot del aplicativo** ..... **97**

**Figura 36.** **Ventana liberar ot del aplicativo.** ..... **98**

**Figura 37.** **Ventana cerrar ot del aplicativo** ..... **99**

**Figura 38.** **Ventana ot no programadas aplicativo – mantenimiento correctivo.** ..... **101**

**Figura 39.** **Ot no programada – aviso de mantenimiento del aplicativo** ..... **103**

**Figura 40.** **Ventana registro de las variables de control del aplicativo.** ..... **104**

**Figura 41.** **Historial de las variables de control del aplicativo** ..... **106**

**Figura 42.** **Proceso de tratamiento de la ot desde su creación hasta su cierre técnico** ..... **107**

**Figura 43.** **Aviso de mantenimiento del aplicativo** ..... **108**

**Figura 44.** **Configuración del formato – aviso pm** ..... **109**

**Figura 45.** **Ventana crear aviso de mantenimiento del aplicativo** ..... **110**

**Figura 46.** **Historial de las intervenciones de los equipos del aplicativo.** ..... **113**

**Figura 47.** **Formato de la ot del aplicativo.** ..... **114**

**Figura 48.** **Ventana configuraciones del aplicativo** ..... **119**

**Figura 49.** **Gráfico de la primera pregunta de la encuesta.** ..... **123**

**Figura 50.** **Gráfico de la segunda pregunta de la encuesta.** ..... **123**

**Figura 51.** **Gráfico de la tercera pregunta de la encuesta.** ..... **124**

**Figura 52.** **Gráfico estadístico del pre-test.** ..... **124**

**Figura 53.** **Gráfico estadístico del post-test.** ..... **125**

**Figura 54.** **Gráfico estadístico del pre-test vs post-test** ..... **126**

# INTRODUCCIÓN

La ingeniería del mantenimiento es la parte de la ingeniería dedicada al estudio y desarrollo de técnicas que faciliten o mejoren el mantenimiento de una instalación, que puede ser una planta industrial, un edificio, una infraestructura, etc.

La gestión del mantenimiento de una instalación afecta a los cuatro objetivos básicos del mantenimiento, que son la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil y el coste de explotación a lo largo de toda su vida útil. Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante su vida útil (buscando la más alta disponibilidad) y con el rendimiento óptimo. A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas.

En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, de la Segunda y sobre todo tras atravesar una grave crisis energética en el 73, empieza a concebirse el concepto de fiabilidad. La aviación y la industria automovilística lideran esta nueva corriente. Se desarrollan nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes como las que conocemos hoy en día.

# 1. ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

Tradicionalmente, la educación superior en ingeniería no posibilita la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje. El curso ingeniería de mantenimiento, dictado en la facultad de ingeniería mecánica y eléctrica de la UNPRG, no permite la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje, llegando incluso a ser este un actor pasivo en el proceso, limitado a seguir y tratar de entender lo que el docente desarrolla en las disertaciones en clase (Trujillo & González, 2020). Una de las causas principales de este problema es que el silabo del curso ingeniería de mantenimiento no contempla o no exige el manejo de software (aplicativo) que permita generar destrezas para adaptar a las diferentes situaciones y realidades las que se está acostumbrado. Si esto continua así, el estudiante va a ser dependiente del docente como fuente de consulta y estimulará poco su autonomía intelectual. Por lo dicho anteriormente, este proyecto propone un aplicativo de mantenimiento preventivo, el cual es un software que fomentará el aprendizaje activo en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG.

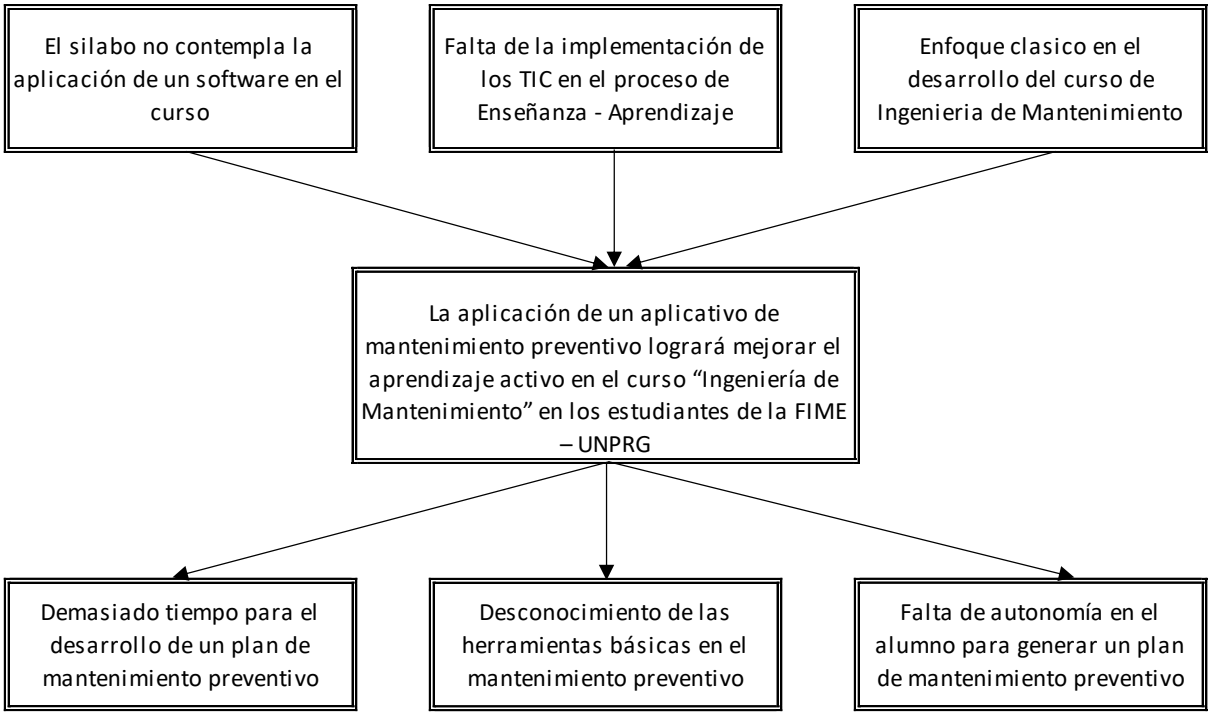
## 1.2. Formulación del Problema

Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear las siguientes observaciones a la realidad problemática:

- Falta de autonomía por parte del alumno en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo.
- Silabo no contempla la aplicación de un software para la enseñanza adecuada del curso.

- Desconocimiento de las herramientas básicas en el mantenimiento preventivo.
- Demasiado tiempo para el desarrollo de un mantenimiento preventivo.
- Enfoque clásico en el desarrollo del curso de Ingeniería de Mantenimiento.
- Desconocimiento de la TICs en el proceso de Enseñanza – Aprendizaje.

***Figura 1.*** Formulación del problema.




***Fuente:*** Elaboración propia.

### 1.3. Problema General:

- ¿La aplicación de un aplicativo de mantenimiento preventivo logrará mejorar el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME - UNPRG?

## 1.4. Problemas Específicos:

- ¿El curso “Ingeniería de Mantenimiento” de la FIME – UNPRG cuenta con un aplicativo (software) de mantenimiento preventivo para una enseñanza adecuada?
- ¿Cuál es el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso “Ingeniería de Mantenimiento” de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo?
- ¿Cuál es el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso “Ingeniería de Mantenimiento” de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo?

## 1.5. Justificación e importancia del estudio.

### 1.5.1. Justificación Científica:

La generación de Herramientas tecnológicas, informáticas accesibles que disminuyan los tiempos de procesamiento, almacenamiento de información permitirá impulsar el uso de alternativas tecnológicas y viables.

### 1.5.2. Justificación Ambiental:

No Aplica.

### 1.5.3. Justificación Social:

El desarrollo de este proyecto está pensado en proporcionar herramientas informáticas que contribuya en la formación de los estudiantes de la FIME – UNPRG, el adiestramiento en el manejo de herramientas digitales que disminuya los tiempos de procesamiento de la información.

### 1.5.4. Justificación Económica:

Un profesional mejor capacitado tendrá más opciones de conseguir un buen puesto de trabajo, teniendo esto un efecto directo en sus ingresos económicos.

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo General:

- Diseñar un aplicativo de mantenimiento preventivo para mejorar el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME - UNPRG.

### 1.6.2. Objetivos específicos:

- Determinar si el curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG cuenta con un aplicativo (software) de mantenimiento preventivo para una enseñanza adecuada.
- Analizar el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo.
- Analizar el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo.

# 2. MARCO TEORICO

## 2.1. Antecedentes del problema

### 2.1.1. Contexto Internacional

**Según,** Carvajal et al. (2008) en su tesis titulado Desarrollo De Un Software Para Mantenimiento Preventivo, Aplicable A Los Sectores De Micro Y Pequeñas Empresas Colombianas. Resume lo siguiente:

En el presente artículo, se describe la metodología seguida para la concepción, estructuración y desarrollo de un aplicativo de software de bajo costo, para la administración de mantenimiento preventivo, aplicable a micro y pequeñas empresas del sector productivo colombiano. Este trabajo culmina la primera etapa de un proyecto de investigación, titulado "Desarrollo de aplicaciones computacionales para la implementación y administración de Programas de Mantenimiento", el cual se encuentra matriculado en la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Asimismo,** Arroyo (2006) en su artículo titulado Software educativo y colaborativo para el aprendizaje de la asignatura Tecnología Didáctica I, resume lo siguiente:

El propósito del artículo es presentar un estudio referente a diversos aspectos relacionados con el diseño y desarrollo de los sistemas conocidos como software educativo, es decir, aquellos sistemas o programas de computador concebidos como medios didácticos; adicionándole otra dimensión a este concepto como lo es el aspecto colaborativo para diseñar un software de los contenidos de la asignatura Tecnología Didáctica I. En este sentido, se planteó la posibilidad de utilizar las herramientas, metodologías y sistemas existentes para

el diseño de un sistema que facilite el aprendizaje de la asignatura Tecnología Didáctica I, la cual se dicta en el quinto semestre de todas las menciones de la carrera de Educación de la Universidad del Zulia. El sistema diseñado incluye elementos de software educativo y de aprendizaje colaborativo mediante opciones que proporcionan al participante la posibilidad de intercambiar ideas y mejores prácticas de aprendizaje, haciendo al sistema más usable al usuario

**Por otro lado,** Trujillo & González (2020) en su artículo titulado Aprendizaje activo en cursos básicos de ingeniería: un ejemplo en la enseñanza de Dinámica, resume lo siguiente.

Tradicionalmente, la educación superior en ingeniería no posibilita la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje, pues éste es un actor pasivo en el proceso, limitado a seguir y tratar de entender lo que el docente desarrolla en el pizarrón y posteriormente a aplicar los resultados en problemas que se le asignan. Esta forma de educación tradicional también acostumbra al estudiante a ser dependiente del docente como fuente de conocimiento y poco estimula la autonomía intelectual. Por lo anterior, las estrategias didácticas con enfoque en el aprendizaje activo son las de mayor relevancia para la instrucción con participación, el desarrollo de competencias y la estimulación de la autonomía del estudiante. En el presente artículo se propone una estrategia didáctica de aprendizaje activo para ser utilizada en los cursos básicos de ingeniería, ejemplificando su aplicación en el curso de Dinámica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Se propone que dicha estrategia es una alternativa válida para utilizar en la impartición de cursos básicos de ingeniería, en donde el aprendizaje basado en problemas no es, usualmente, de pertinencia.

**En ese mismo contexto,** Espinoza et al. (2018) en un artículo de revista de ciencias aplicadas titulado La Implementación de las TIC en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, resume lo siguiente:

El propósito de este estudio es analizar la importancia y beneficios del empleo de las Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en los procesos educacionales en aras de contribuir a impulsar su introducción en los colegios de la educación básica de la ciudad de Machala en Ecuador. La estrategia metodológica se fundamentó en los métodos de observación científica, análisis documental, analítico-sintético y estadístico. Los hallazgos encontrados mediante la revisión documental permiten aseverar que una verdadera implementación de estas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje requiere de una visión integradora de las políticas educativas, disposición de las autoridades de las instituciones escolares, compromiso de los docentes y alumnos e infraestructura tecnológica

### 2.1.2. Contexto Nacional

Según **Jiménes** (2006) OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS TURBINAS PELTON DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA "JUAN CAROSIO"-MOYOPAMPA. Resume lo siguiente:

El objetivo fundamental de la presente Tesis es optimizar el Mantenimiento Preventivo de las turbinas Pelton de la Central Hidroeléctrica "Juan Carosio" – Moyopampa; con este fin he desarrollado un Software aplicativo. El desarrollo del presente trabajo se encuentra dividido en cinco capítulos cuyos alcances se encuentran respaldados en 34 referencias bibliográficas. El Cuarto Capítulo se orienta en la optimización del proceso de mantenimiento, que requiere de una planificación y programación eficaz; con este fin he

desarrollo un software aplicativo. El Quinto Capítulo muestra el análisis económico, los indicadores económicos y beneficios que se pueden obtener con la implementación del software.

**Según Garcia (2016)** en su proyecto de tesis titulado Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las líneas embolsadoras de la planta caramelos en la empresa Molitalia s.a. Resume lo siguiente:

El objetivo de este proyecto está enfocado en el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las líneas embolsadoras, debido a que evidenciare que no cumplen este tipo de actividades, lo cual conlleva a que las máquinas tengan continuas y prolongadas detenciones. La población y muestra son las líneas embolsadoras del área de envasado el cual presento fallas recurrentes en los sistemas de los equipos. Los datos respecto a la muestra son tomadas durante un periodo de siete meses. Para lo cual se tomó los tiempos de los registros de mantenimiento y producción para verificar cuantas horas hombre de los mantenedores eran dedicadas a los mantenimientos preventivos. Se utilizó el índice de mantenimiento programado para llevar un mejor control, también se utilizó registros de información de las detenciones correctivas para tener un mejor enfoque respecto a la disponibilidad de las líneas, para así poder realizar gestión en mantenimiento. Esto hizo fundamental la determinación de los objetivos designados a cumplir, analizando los sistemas de mantenimiento de los equipos de las líneas embolsadoras, elaborando un historial de los mismos, mejorando este diseño con un plan de mantenimiento preventivo por equipos críticos de las líneas. Además, se concretó los beneficios propuestos con la ejecución de esta investigación, el cual permite que la

disponibilidad de las líneas embolsadoras mejore, potencializando las actividades productivas de la empresa.

## 2.2. Base teórica

### 2.2.1. Mantenimiento

#### 2.2.1.1. Definición De Mantenimiento.

El mantenimiento se define como una combinación de todas las actividades técnicas y administrativas durante la vida útil de un dispositivo o active, con el objetivo de preservarlo o mantenerlo en un estado en el que pueda realizar la función requerida (funciones de elementos funcionales o una combinación considerada necesaria para prestar un servicio en particular).

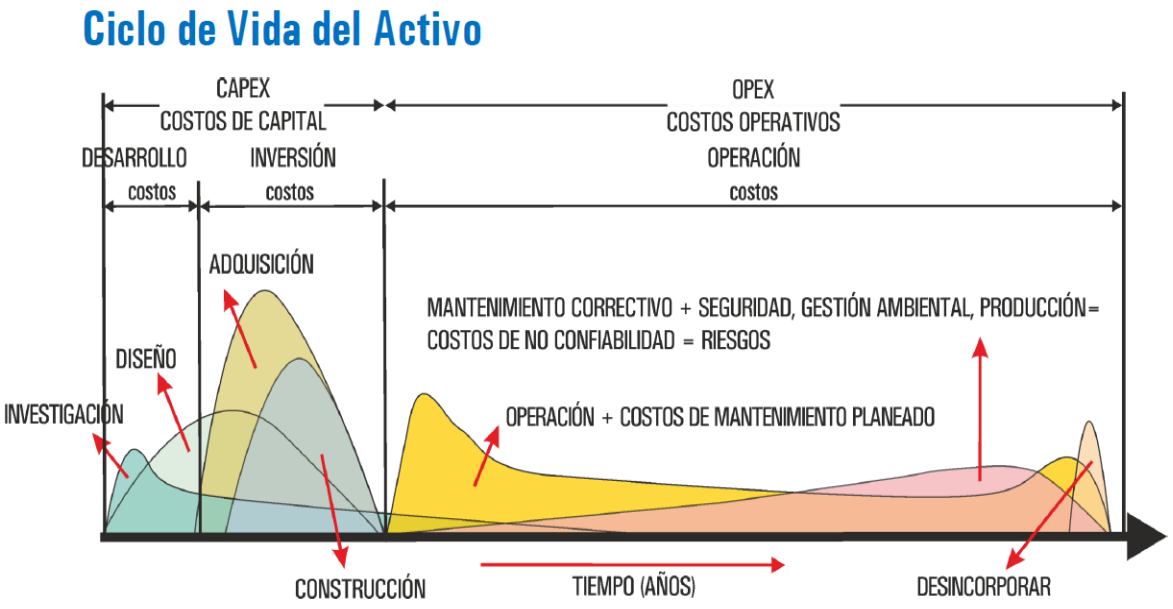
Otro enfoque plantea que es un servicio alternativo dentro del funcionamiento de una empresa, caracterizado por una serie de acciones encaminadas a corregir, prevenir y en algunos casos predecir fallas o averías, que puedan afectar el normal funcionamiento de los equipos, logrando así, llevarlos a condiciones de trabajo seguras.

#### 2.2.1.2. Importancia del Mantenimiento.

La importancia radica, en que esta acción nos permite alargar o prolongar el ciclo de vida de los activos de una empresa, mantenerlos en las mejores condiciones de funcionamiento, con un alto nivel de confiabilidad, disponibilidad y calidad, logrando reducir los costos por mantenimientos correctivos reactivos o conocidos también como los correctivos no programados; a través de un plan de formación continua, que coadyuva a que el personal encargado esté capacitado en acciones y decisiones básicas de mantenimiento.

El principal objetivo es maximizar la vida útil de los activos logrando así una óptima disponibilidad de los activos, reducción en el OPEX, otro de sus objetivos es evitar las paradas de planta no programadas estos son causados principalmente por los mantenimientos correctivos reactivos los cuales se generan cuando un activo considerado “Crítico” alcanzo el punto “F” de la curva P-F mejor dicho el equipo está en falla funcional.

***Figura 2.*** Ciclo de vida del activo.




***Fuente:*** https://www.pjp4.com/vernoticia.php?id=63656

### 2.2.1.3. Finalidad del Mantenimiento.

La finalidad del mantenimiento es conseguir un máximo valor de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo de los servicios que contaminen lo menos posible el medio ambiente y aumentar la seguridad en el personal; lo que conlleva a conservar el sistema de producción y servicios funcionando al mejor nivel de fiabilidad posible, reduciendo la frecuencia (ratio) y gravedad de las fallas, cumpliendo con los estándares de

seguridad e higiene ocupacional, minimizando los impactos ambientales negativos con el fin de reducir los costos a su mínima expresión.

Si la ejecución del mantenimiento cumple con todos los ítems mencionados con anterioridad, la producción no se verá afectada por los imprevistos que puedan ocurrir en la empresa.

#### 2.2.1.4. Estrategia de mantenimiento.

El mantenimiento comienza con el diseño del activo. El mantenimiento consiste en mantener el rendimiento de un activo en las condiciones para las que fue diseñado y controlar su deterioro. Un ingeniero de mantenimiento, ahora llamado ingeniero de activos, es responsable de la gestión eficaz de un activo a lo largo de su ciclo de vida, desde el diseño hasta el retiro.

Gran parte de las causas de las fallas de los equipos y sistemas es un diseño que no es suficiente para desempeñar la función ejercida. Los ingenieros de diseño muchas veces no consideran variables como la mantenibilidad, estandarización de partes (repuestos) y otros que pueden acortar la vida útil del activo o afectar su desempeño.

#### 2.2.1.5. Mantenimiento Planificado.

El propósito del mantenimiento planificado es garantizar una disponibilidad óptima a largo plazo de los objetos. Con la ayuda del mantenimiento planificado se evitan fallos del sistema o fallos de otros objetos que, además de los costes de reparación, a menudo conducen a un aumento de costes posteriores derivados de los fallos en la fabricación. Los planes de mantenimiento son una descripción de las fechas y el alcance de las medidas de mantenimiento preventivo y de inspección que se deben realizar en los activos.

#### 2.2.1.6. Tipos de Mantenimiento.

##### 2.2.1.6.1. Mantenimiento correctivo.

Es el mantenimiento que se realiza después de que una maquina en particular tiene una avería, por lo que debe realizarse de manera urgente. El personal encargado de avisar de las fallas es el propio usuario de la máquina y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento. El correctivo de emergencia debe realizarse lo antes posible para evitar costos y daños materiales y/o humanos graves.

##### 2.2.1.6.2. Mantenimiento preventivo.

Es un tipo de mantenimiento cuyo objetivo principal es detectar y prevenir averías en la máquinas o activos de una empresa antes de que se produzcan. Esto se realiza mediante inspecciones periódicas y reposición de elementos averiados o defectuosos. Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en la confiabilidad del equipo.

##### 2.2.1.6.3. Mantenimiento predictivo.

Este mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que ocurra. Se trata de anticiparse al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones normales de funcionamiento. Para lograr esto, se utilizan herramientas y técnicas de monitoreo de parámetros físicos.

El mantenimiento predictivo comprende un conjunto de técnicas de inspección, análisis y diagnóstico, organización y planificación de procedimientos que no afectan al servicio del equipo, y cuyo fin es maximizar la vida útil del equipo o elemento.

#### 2.2.1.6.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Este sistema caracterizado por las siglas TPM (Total Productive Maintenance), es un sistema diseñado para mantener el equipo lo más eficiente posible. Se basa en el principio básico de que todas las personas cuyo trabajo está relacionado con el equipo, deben participar en su mantenimiento y gestión.

**Características del TPM:**

Se considera una estrategia global de la empresa, en lugar de un simple sistema de mantenimiento de equipos. Su origen se basa en los principios de calidad total ampliamente utilizados en la industria actual, sus características son:

- Procedimientos de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Amplia participación de todos los miembros de la empresa desde el operador hasta el personal encargado del mantenimiento de los equipos.
- Muy simple de implementar en las instalaciones o plantas.
- Bajos costos de implementación respecto de las demás estrategias de mantenimiento que existen hoy en día.

### 2.2.2. Aprendizaje Activo

#### 2.2.2.1. ¿Qué es el Aprendizaje Activo?

Es una estrategia que se enfoca en el aprendizaje de los estudiantes a través de experiencias continuas de colaboración y reflexión individual. Promueve la búsqueda de conocimiento, capacidad de análisis y síntesis de información, así como adaptación activa a la solución de problemas de esta manera el docente pasa a ser un fiscalizador o un facilitador de la información para el uso correcto de las TICs.

***Figura 3.*** Aprendizaje activo

**Fuente:** Universidad EAFIT[1]

### 2.2.2.2. ¿Cómo podemos diseñar una experiencia de aprendizaje activo?

Diseñar una experiencia de aprendizaje implica otorgarles un nuevo significado a los roles del docente, estudiante, aulas y demás espacios para aprender. En la escuela, los estudiantes participan activamente y se involucran significativamente en actividades diseñadas por los docentes para promover su motivación intrínseca y actitud positiva, tales como los trabajos experimentales, la resolución de problemas, juegos serios, estudios de casos, simulaciones y muchas y muchas otras estrategias metodológicas.

Fuera del aula, los estudiantes se adaptan a los conceptos utilizando una variedad de recursos de aprendizaje digital, de espacios cómodos (como espacios organizados en la biblioteca) y otros lugares que fomentan el aprendizaje autónomo del estudiante. de esta manera el docente pasa a ser un fiscalizador de la información para el uso correcto de las TICs.

[1] https://www.eafit.edu.co/proyecto50/aprendizaje/aprendizajeactivo/PublishingImages/Paginas/que-es-el-aprendizaje-activo/bannersWeb3-05.jpg

De esta forma, el docente redefine su rol y se convierte en un diseñador de experiencias de aprendizaje, que dirige y monitorea las actividades, orienta el logro de las metas, fomenta el uso de recursos, de tecnologías digitales e incita a sus estudiantes a que resignifiquen su rol como participantes activos y comprometidos con su propio aprendizaje.

#### 2.2.2.3. Uso de las TIC en el aprendizaje activo.

Con el objetivo de mejorar los resultados académicos que conseguían un grupo de alumnos en la asignatura de Tecnología, se realiza e implementa un conjunto de actividades y estrategias de enseñanza en las que se analiza su rendimiento académico, motivación y grado de satisfacción de los alumnos. Del mismo modo, se recogen las conclusiones extraídas durante la experiencia y los resultados obtenidos. Cabe señalar que las actividades desarrolladas están diseñadas de acuerdo a las buenas prácticas docentes y que los resultados obtenidos muestran la efectividad de los medios TIC para incrementar el rendimiento y la satisfacción de los alumnos en el tema de estudio, también se evidencia las dificultades que surgen en su uso y se concluye que la experiencia con el uso de las TIC mejora el rendimiento académico en especial en aquellos alumnos cuyo rendimiento académico fue bajo. (Roig, 2016).

#### 2.2.2.4. Tecnologías de la información y la comunicación (TICs)

La tecnología hace referencia a las herramientas fáciles de usar para el manejo e intercambio de la información, desde un principio se utilizó para el desarrollo y avances de la ciencia, ahora es empleada para resolver problemas o facilitar las actividades diarias y adaptarse a nuestro entorno, de tal manera que ver un futuro sin el uso de las tecnologías de la información y la comunicación es inviable.

**Importancia de la tecnología**

En primer lugar, el desarrollo de la tecnología permite reducir o eliminar las barreras entre las personas alrededor del mundo; es decir que lugares en distintos puntos geográficos pueden estar comunicados. Los mensajes se pueden enviar y recibir en segundos haciendo la vida más rápida.

Lo que empezó como un complemento se ha convertido en una necesidad, mirando a tu alrededor te das cuenta de que estas rodeado de tecnología y aunque sea de forma sencilla, siempre está presente en nuestro día a día. Pero, también ha mejorado el nivel de vida y satisface fácilmente todas las necesidades creando nuevas fuentes de empleo.

### 2.2.2.5. ¿Que son las TICs?

Son recursos y herramientas denominados Tecnologías de la Información y la Comunicación, que se utilizan para el procesar, administrar y distribuir información a través de hardware (por ejemplo, computadoras, teléfonos, televisores, etc.).

En los últimos años y más a menudo con la pandemia provocada por el Covid – 19, se ha incrementado el uso de las TICs, llegando a ser muchas veces indispensable su uso ya sea para el trabajo o para la formación educativa.

### 2.2.2.6. ¿Para qué sirven las TICs?

Su función principal es facilitar el acceso a la información de manera fácil y rápida en cualquier formato, todo esto es posible por intermedio de la inmaterialidad; es decir, digitalizar datos para almacenarlos o acceder a ellos en masa, incluso si está en dispositivos remotos.

En segundo lugar, la inmediatez; porque la información se puede compartir al instante. Aunque su característica más importante es que permite la comunicación bidireccional entre varias personas, esto es utilizado cuando se trata de foros, mensajería instantánea, videoconferencias.

**Entre los beneficios que aportan podemos mencionar:**

- Permite el desarrollo de la salud y educación.
- Desarrollo de especialistas a través del intercambio de información.
- Apoyo a las pequeñas empresas para la promoción de sus productos.
- Permite el aprendizaje interactivo.
- La información puede ser consultada desde cualquier parte del mundo y poco a poco están dejando en desuso a los libros.
- Grandes volúmenes de información pueden ser almacenados en espacios muy reducidos esto es una gran ventaja sobre los tradicionales libros.

A medida que la tecnología se desarrolla y la búsqueda de nuevos métodos de comunicación más efectivos, las TIC se han convertido en uno de los pilares fundamentales de la sociedad.

## 2.3. Variables y Operacionalización.

### 2.3.1. Variable Dependiente.

- Aprendizaje Activo

### 2.3.2. Variable Independiente.

- Aplicativo de Mantenimiento Preventivo.

### 2.3.3. Cuadro de Operacionalización

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES |
|---|---|---|---|
| **Variables Dependientes:** Aprendizaje Activo. | Es una estrategia centrada en el aprendizaje del estudiante a través de una experiencia de colaboración y reflexión individual en forma permanente. | Sera medido mediante un formulario compuesto de 10 preguntas (ítems), cuyo propósito es obtener del estudiante el nivel de aprendizaje antes y después de interactuar con el aplicativo. | 1. Experiencia en el uso del Aplicativo de MP.<br>2. Motivación en el uso del Aplicativo de MP por parte del alumno.<br>3. Interacción alumno – Aplicativo de MP. |
| **Variable Independiente:** Aplicativo de Mantenimiento Preventivo. | Los softwares son una herramienta que permite facilitar las tareas de las personas y están presentes en cualquier gestión que uno realice. | Estos indicadores serán medidos una vez terminado el aplicativo y al momento de ser implementado o utilizado por un profesional conocedor del tema. | 1. Algoritmo del Desarrollador.<br>2. Elasticidad del Software.<br>3. Experiencia del Usuario.<br>4. Efectividad del mantenimiento planificado.<br>5. señales de alarmas y/o notificaciones de advertencias. |

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

- Con la implementación de un aplicativo de mantenimiento mejoraría significativamente el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso de ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG.

### 2.4.2. Hipótesis Específica

- El silabo del curso de Ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG no contempla el uso de las TICs como parte de su desarrollo.
- El nivel de aprendizaje en los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo es regular.
- El nivel de aprendizaje en los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de mantenimiento preventivo se incrementa significativamente.

## 2.5. Definición de Términos.

**PMP:** Programa de mantenimiento preventivo.

**MP:** Mantenimiento Preventivo.

**TIC:** Tecnologías de la información y la comunicación.

**OT:** Orden de trabajo.

**Ítem:** El ítem puede ser una parte individual, componente, aparato, unidad funcional, equipo, subsistema o sistema.

**Aviso**: Son notificaciones de mantenimiento que se realizan dentro de una planta.

**OTNP:** Orden de trabajo no programada.

**Solped:** Solicitud de pedido.

**Paquete PM:** es un conjunto de actividades designadas bajo un nombre clave para el programa.

**VC:** Variable de control, conocido también como los puntos de medición en un equipo o activo.

**Ciclo de Vida:** serie de etapas identificables a través de las cuales un ítem pasa desde su concepción hasta el desecho.

**MTTF:** Mean time between failures, traducido al español significa el tiempo medio entre fallas.

**MTTR:** mean time to repair, traducido al español significa el tiempo medio para reparar

**DT:** Down time

**UT:** Up time

**Mantto:** mantenimiento

**KPI:** Indicadores claves de rendimiento

# 3. MARCO METODOLÓGICO

## 3.1. Diseño de contrastación de hipótesis.

La contrastación de hipótesis se consigue de la deducción de consecuencias observables, confrontación de la experiencia e inferencia.

- En el pre-test se confirmó que los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG tienen un nivel de aprendizaje regular sin el uso de las TIC.
- En el pos-test se confirmó que los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG mejoraron significativamente el nivel de aprendizaje con el apoyo de las TIC.
- Implementando el aplicativo que integre las necesidades básicas del curso de ingeniería de mantenimiento de la UNPRG - FIME mejoraría la actividad del aprendizaje de los alumnos.

### 3.1.1. Población y muestra de estudio.

**a. La población:** "Población es el total de los elementos, personas y objetos sobre los cuales se aplicará la investigación y de estos será considerada una fracción (muestra) de la cual se tiene considerado que representa las características en forma proporcional" (Martínez, 2008, p.111).

Los alumnos del curso de "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME - UNPRG.

**b. La Muestra:** Esta viene a constituir un subgrupo dentro de la población.

La muestra en esta investigación es la siguiente:

Los alumnos del curso de "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG del ciclo académico 2022 - I.

### 3.2. Técnicas de muestreo.

La técnica es no probabilística por conveniencia; debido a que obedece a una intencionalidad por el acceso a la aplicación y recolección de la información.

### 3.3. Materiales, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Utilizamos el método deductivo por que se han considerado características generales del uso de energías renovables, para llegar a conocer hechos particulares como es la energía eólica y la energía de Biomasa en la generación de energía eléctrica, que han permitido cumplir con los objetivos de la investigación.

**Las técnicas** empleadas son las siguientes:

- Observación: El ser un egresado de la FIME – UNPRG me permite saber que durante el tiempo que llevé el curso "Ingeniería de Mantenimiento" hacía falta un software que permita interactuar de mejor manera con el curso. En la ingeniería de mantenimiento es indispensable interactuar con las tecnologías de la información y la comunicación, mejor conocido como TIC y lo último que se está dando en esta ingeniería es la gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO). Entonces a través de lo observado se evidencia la necesidad de mejorar el curso.
- El análisis documental: Esta técnica se utilizó con la finalidad de indagar información acerca del contenido en el silabo del curso "Ingeniería de Mantenimiento".
- Encuesta: Se realizó una encuesta a los alumnos del curso "Ingeniería de Mantenimiento" para tener una mayor seguridad acerca de la necesidad de mejorar el contenido del curso.

***Tabla 1.*** Ficha Técnica de la encuesta.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la Encuesta** | Propuesta de un Programa de Mantenimiento en el Curso "Ingeniería de Mantenimiento" |
| **Población** | Alumnos del Curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG |
| **Muestra** | Alumnos del Curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG |
| **Fecha de Recolección de Datos** | 10/11/2022 |
| **Objetivo de la Encuesta** | Conocer al Interior del Curso la necesidad de Implementar un Programa de Mantenimiento. |
| **Numero de Preguntas Formuladas** | Tres (3) |

***Fuente:*** Elaboración Propia.

- Test: Se realizó un Pre-Test y un Post-Test a los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG con la finalidad de medir el nivel de aprendizaje antes y después de interactuar con el aplicativo (software). Puede ver el formato del Pre-Test y Post-Test en el Anexo N°05.

***Tabla 2.*** Preguntas del Test.

| Item | Pregunta |
|---|---|
| 01 | ¿Conoce usted un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS)? |
| 02 | ¿Qué es una orden de trabajo? |
| 03 | ¿Qué es un aviso de mantenimiento? |
| 04 | ¿Qué es re-programar una orden de trabajo? |
| 05 | Emplazamiento de un equipo es:? |
| 06 | Un paquete de mantenimiento es:? |
| 07 | Los Puntos de medida nos permite:? |
| 08 | Describen los estados de una orden de trabajo:? |
| 09 | ¿Puede un aviso de mantenimiento convertirse en una orden de trabajo? |
| 10 | ¿Quiénes pueden generar una orden de trabajo? |

***Fuente:*** Elaboración Propia.

# 4. PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

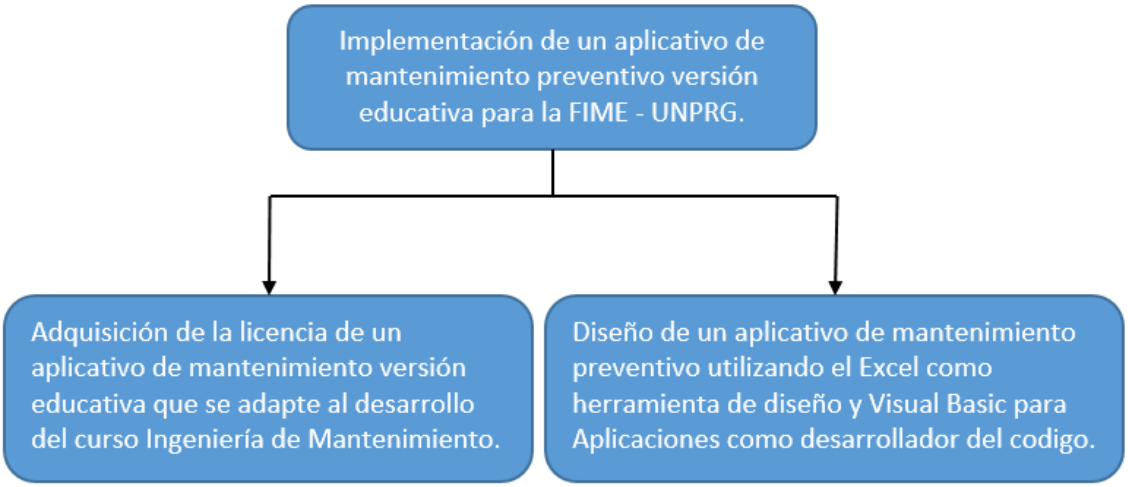
En base al contenido del silabo del curso “Ingeniería de Mantenimiento”, a la encuesta realizada a sus estudiantes, a la experiencia del investigador en el desempeño de la carrera y teniendo en cuenta la problemática encontrada y los efectos que genera la falta de implementación de las TICs como apoyo en el proceso de enseñanza – aprendizaje, este estudio de investigación propone las siguientes alternativas de solución:

- Diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo utilizando el Excel como herramienta de diseño y Visual Basic para Aplicaciones como desarrollador del código.
- Adquisición de la licencia de un aplicativo de mantenimiento versión educativa que se adapte al desarrollo del curso Ingeniería de Mantenimiento.

**Los objetivos que se pretenden alcanzar con la propuesta de solución son los siguientes:**

- Fomentar el uso de las TIC, como una herramienta pedagógica para mejorar el indicador académico y tiempos de procesamiento.
- Demostrar el uso de las herramientas tecnológicas que permita afianzar los conocimientos adquiridos en las universidades o centro de estudios.
- Estimular la autonomía intelectual del estudiante convirtiendo en agentes de cambio proactivos.
- Implementar las TICs en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME - UNPRG.
- Promover el uso de aplicativos como estos en los cursos de ingeniería.

***Figura 4.*** Árbol de alternativas.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

**Evaluación de las alternativas**

En primer lugar, se evalúa la posibilidad de adquirir un software de mantenimiento en el mercado; para ello se analizan los costos y el presupuesto de la entidad, evidenciando que esta clase de productos tiene un precio muy alto y la entidad no cuenta con presupuesto disponible para adquirirlo, sin embargo, en este estudio se ha analizado los costos de licencia de dos softwares ERP.

Por ejemplo, el software (odoo) es un programa de mantenimiento que permite generar requerimientos, hacer seguimiento a las órdenes de trabajo de acuerdo al personal asignado, llevar a cabo indicadores de cumplimiento y elaborar informes. Este programa cuenta con módulos de control de activos, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, inventarios, herramientas, compras, indicadores de gestión, control de costos, garantías, emisión de presupuestos, catálogos y campos personalizados, los cuales tienen limitadas posibilidades de usuario y licencias que incrementan su costo inicial.

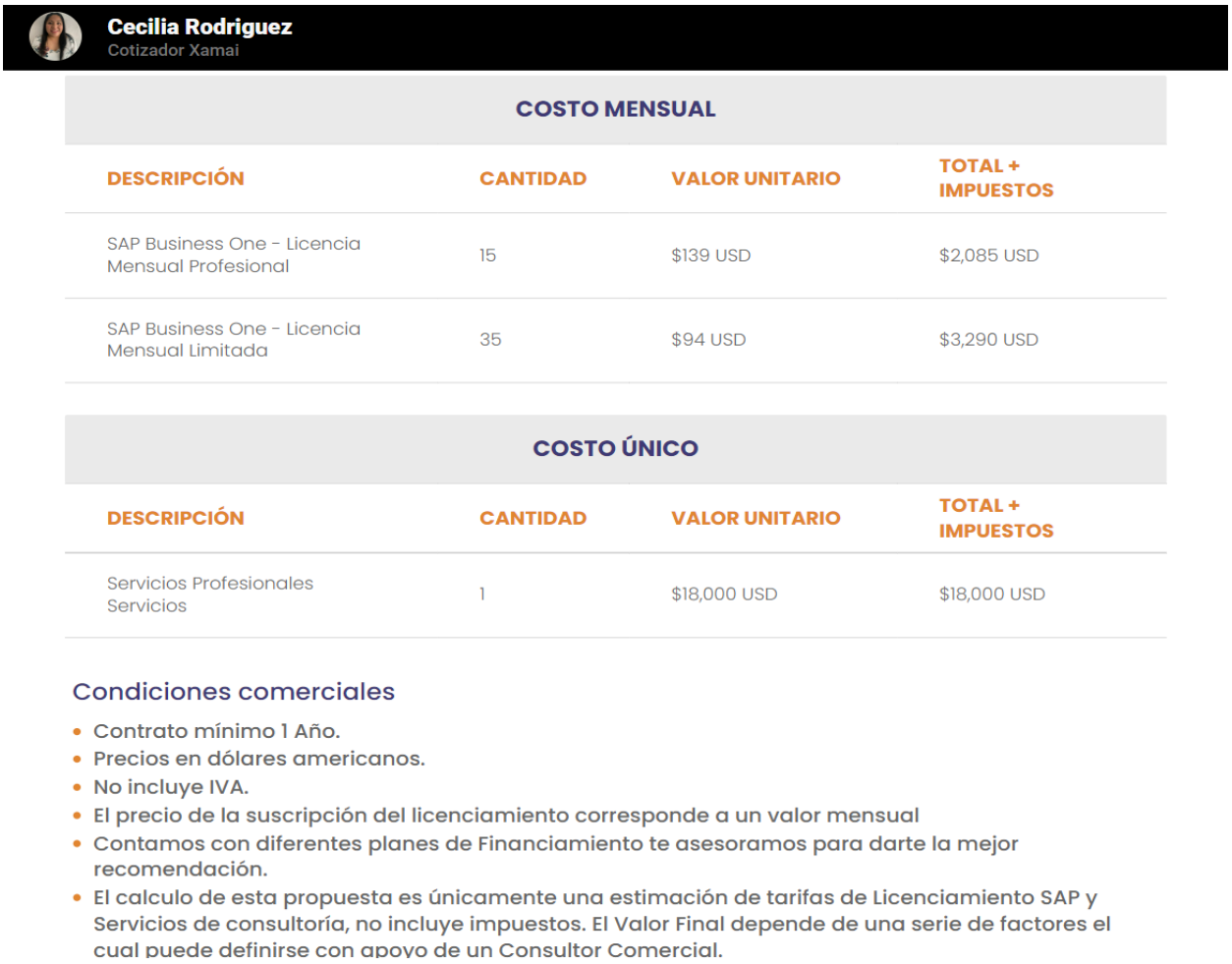
***Figura 5.*** Lista de precios del software odoo.

***Fuente*:** https://www.odoo.com/es_ES/pricing-plan

Por otro lado, tenemos el software SAP, el cual es un software ERP que concentra más de 40 años de experiencia en gestión de la panificación de los recursos empresariales.

Se observa que la propuesta "**Diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo para un aprendizaje activo en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG**" tiene mayores posibilidades de realización, además de ser desarrollado por un ex alumno del curso, quien conoce muy bien la exigencia del curso y lo que este puede aportar a la carrera.

***Figura 6.*** Lista de precios del software SAP ERP.



**Cecilia Rodriguez**
Cotizador Xamai

| COSTO MENSUAL | | | |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN** | **CANTIDAD** | **VALOR UNITARIO** | **TOTAL + IMPUESTOS** |
| SAP Business One - Licencia Mensual Profesional | 15 | $139 USD | $2,085 USD |
| SAP Business One - Licencia Mensual Limitada | 35 | $94 USD | $3,290 USD |

| COSTO ÚNICO | | | |
|---|---|---|---|
| **DESCRIPCIÓN** | **CANTIDAD** | **VALOR UNITARIO** | **TOTAL + IMPUESTOS** |
| Servicios Profesionales Servicios | 1 | $18,000 USD | $18,000 USD |

Condiciones comerciales

- Contrato mínimo 1 Año.
- Precios en dólares americanos.
- No incluye IVA.
- El precio de la suscripción del licenciamiento corresponde a un valor mensual
- Contamos con diferentes planes de Financiamiento te asesoramos para darte la mejor recomendación.
- El calculo de esta propuesta es únicamente una estimación de tarifas de Licenciamiento SAP y Servicios de consultoría, no incluye impuestos. El Valor Final depende de una serie de factores el cual puede definirse con apoyo de un Consultor Comercial.

***Fuente*:** https://mx.xamai.com/

Por lo tanto, de acuerdo con el análisis de las dos propuestas de solución, la más viable es el diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo que se adecue a las exigencias del curso, alternativa que propone este proyecto de investigación.

## 4.1. Diseño de la Propuesta de la alternativa Viable.

Para el diseño y desarrollo de este aplicativo fue necesario:

- Llevar un curso intenso de programación con código VBA (Visual Basic para Aplicaciones).

- llevar un curso de Microsoft Excel Avanzado.
- Revisar material bibliográfico acerca de gestión de mantenimiento programado, diseño de programas de mantenimiento, ingeniería de mantenimiento, consulta de datos, entre otros.
- Realizar consultas y reuniones virtuales a profesionales expertos en el área de mantenimiento.
- Desarrollar un sistema de seguridad para aplicativos, con el fin de evitar que personas no deseadas se apropien fácilmente de lo ajeno (propio).

Si bien es cierto que la calidad de un software depende mucho de la concepción del requerimiento, es mucho más importante saber lo que no se sabe al inicio. Se refiere a la elasticidad de un software o aplicativo y que se adapte al cambio constante de requerimientos para que la calidad de este no se degenere con el transcurso del tiempo. Entre la calidad lograda al momento de terminar el aplicativo y mantener la misma calidad posterior a la implantación es uno de los principales objetivos de los desarrolladores de software.

En el diseño de este aplicativo (aplicativo de mantenimiento preventivo) se va a dar mucha importancia a la "Elasticidad de un aplicativo", uno de los indicadores de calidad de un software dado que será este indicador quien me indique el ALCANCE y HORIZONTE que tendrá el aplicativo una vez terminado, esto es muy importante para determinar la funcionalidad del aplicativo y si se ha cumplido o no con el objetivo de este estudio.

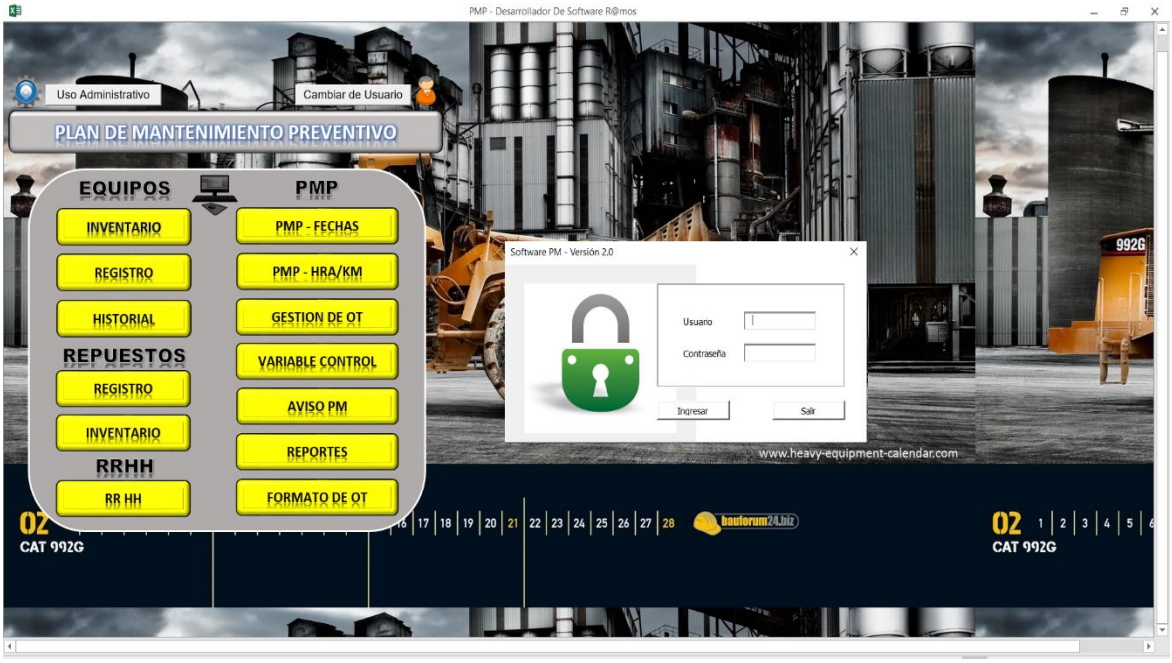
## 4.2. Características del Aplicativo de Mantenimiento Preventivo

El aplicativo de mantenimiento preventivo es un software con las siguientes características:

- Es un sistema automatizado y computarizado, compatible con Microsoft Office.

- Una de sus principales características es lo fácil y sencillo que resulta su uso, esto debido a que el programa ha sido desarrollado por un profesional de la carrera de mantenimiento y no por un programador únicamente, el enfoque que se le puede dar al desarrollo y diseño es totalmente distinto.
- El programa es de código cerrado, esto quiere decir que no es posible el ingreso al código de programación del aplicativo en cuestión.
- El programa cuenta con una macro para desproteger el libro de trabajo Excel, esto con el fin de poder extraer información que el usuario crea relevante.
- Es importante no cambiar el nombre de las carpetas para evitar errores en su uso.
- El aplicativo cuenta con una interface de entrada (ventanas de interacción), realizada en el lenguaje de programación más poderoso y amigable de la actualidad: MS Visual Basic para Aplicaciones, que permitirá a los usuarios del sistema interactuar más fácilmente, con la base de datos.
- Cuenta con módulos de seguridad y control de accesos, tanto en la base de datos, como en las interfaces de interacción.
- Gracias a que está diseñado con programas de la familia Microsoft, su empleo será más fácil para aquellos usuarios que tengan conocimientos del ambiente Windows.
- Está diseñado para ingresar más de un usuario al aplicativo, pero no a la vez (es decir que NO puede ser compartido en una red local LAN, en donde es posible que varias personas puedan ingresar o realizar consultas al aplicativo).
- El aplicativo está conformado por 6 módulos, las cuales son: Acceso (Login), Equipos, Repuestos, Recursos Humanos, PMP y Uso Administrativo. El contenido y el detalle de cada una de estas secciones se desarrolla a continuación.

***Figura 7.*** Menú inicio del aplicativo de mantenimiento preventivo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

## 4.3. Contenido del Aplicativo de Mantenimiento Preventivo

El aplicativo está conformado por 6 módulos, las cuales son:

## 4.4. Acceso (Login)

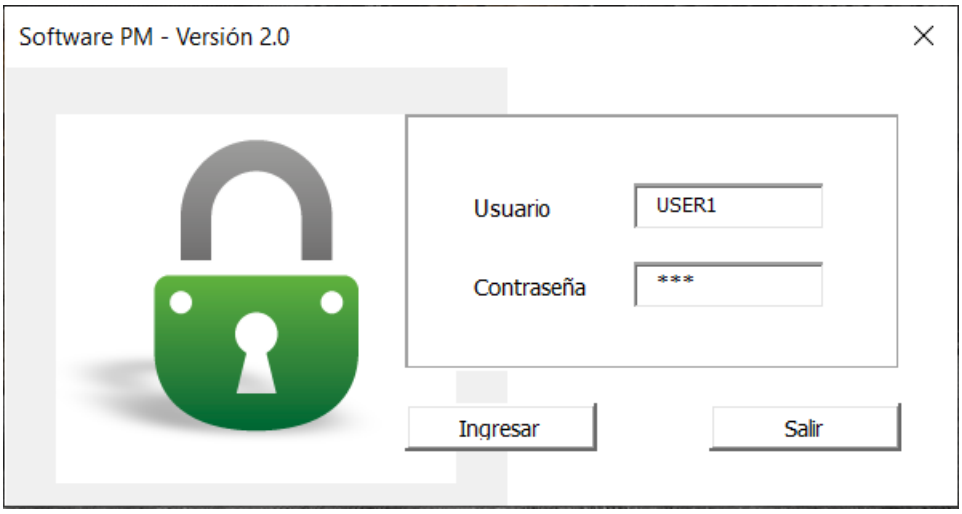
Al acceder al aplicativo nos va a pedir un usuario y contraseña, los cuales son:

**Usuario**: USER1

**Contraseña**: 123

Nota: Es importante indicar que el programa tiene la opción de ingresar con varias cuentas y cada una de estas dispone de un status el cual condiciona el uso del aplicativo de mantenimiento.

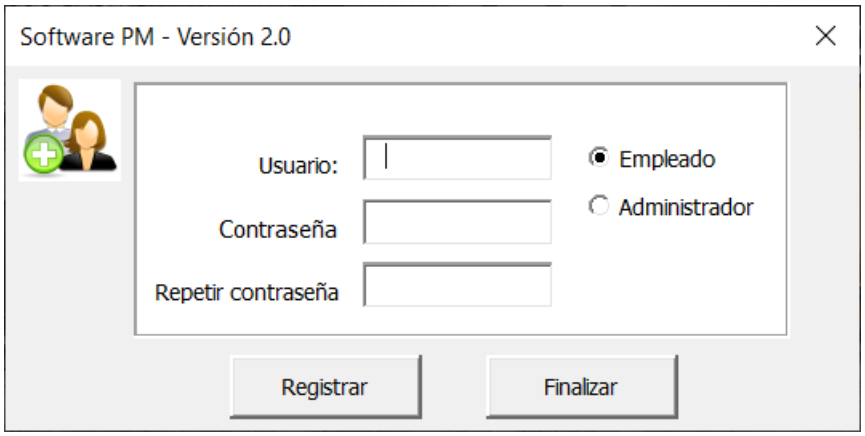
***Figura 8.*** Ventana Login del aplicativo de mantenimiento preventivo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

así mismo indicar que el aplicativo está diseñado para registrar a más de un usuario y asignar un status a cada usuario, es posible registrar n usuarios con su respectivo status cada uno, pero este tipo de operaciones solo lo puede hacer la persona que cuente con un status de administrador, porque el de empleado tiene restringido el acceso a este tipo operación.

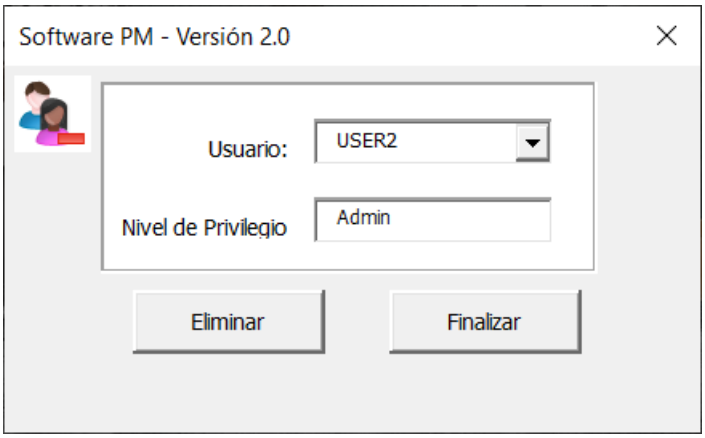
***Figura 9.*** Ventana crear usuario del aplicativo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

Así cómo es posible registrar también es posible eliminar usuarios con acceso al aplicativo, cabe indicar que este tipo de operaciones solo lo puede hacer la persona que cuente con un status de administrador, porque el de empleado tiene restringido el acceso a este tipo operación.

***Figura 10.*** Ventana eliminar usuario del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

## 4.5. Equipos

La sección equipos está conformada por 3 módulos los cuales son:

### 4.5.1. Inventario

En el módulo de inventario se encuentran registrados todos los equipos o maquinas a los que se le realiza mantenimiento, cada registro del inventario está conformado por nueve (9) campos descriptivos, también es posible filtrar equipos según su emplazamiento o área de trabajo, imprimir o guardar el inventario en formato pdf, mover las columnas de los registros y trabajar según lo requiera el usuario, además de ello cuenta con un doble filtrado, se puede filtrar a través de la segmentación de datos o según el propio filtro de la tabla.

***Figura 11.*** Inventario de los equipos del aplicativo

PMP - Desarrollador De Software R@mos

IMPRIMIR

AREA DE TRAB.

Almacén | Contabilidad | Corte | Ctrl Calidad | Dampla | Ensamble | Logística | Producción

| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | AREA DE TRAB. | PLACA/SERIE | MARCA | MODELO | POTENCIA | FABRIANTE | INFO ESPECIAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EXC-XX001 | Excavadora | Corte | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | 140 CV | CATERPILLAR | N.A |
| EXC-XX002 | Excavadora | Ensamble | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | 170 HP | CUMMINS INC | N.A |
| CAR-XX001 | Cargador frontal | Dampla | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | 200 HP | DETROIT DIESEL | N.A |
| EXC-XX003 | Excavadora | Ctrl Calidad | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | 20 HP | HISPANO VILLIERS | N.A |
| CAR-XX002 | Cargador frontal | Contabilidad | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | 50 HP | JA INDUSTRIES | N.A |
| TRA-XX001 | Tractor de orugas | Logística | 81028 | KOMATSU | D155AX-6 | 10 HP | ROSTEC | N.A |
| VOL-XX002 | Camión Volquete | Almacén | ABC-706 | VOLVO | FMX480 | 50 KW | PORSCHE SA | N.A |
| VOL-XX003 | Camión Volquete | Producción | ABC-707 | VOLVO | FMX480 | 140 CV | SETTER | N.A |
| CAM-XX001 | Camioneta | Corte | ABC-001 | TOYOTA | HILUX | 170 HP | SUNGRI MOTORS | N.A |
| VOL-XX004 | Camión Volquete | Ensamble | CM-104 | VOLVO | FMX480 | 200 HP | SDLG | N.A |
| EXC-XX004 | Excavadora | Dampla | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | 140 CV | WEG | N.A |
| EXC-XX005 | Excavadora | Ctrl Calidad | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | 170 HP | WULING MOTORS | N.A |
| CAR-XX003 | Cargador frontal | Contabilidad | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | 200 HP | ZIEHL ABEGG | N.A |
| EXC-XX006 | Excavadora | Logística | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | 20 HP | CHENSING | N.A |
| CAR-XX004 | Cargador frontal | Almacén | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | 50 HP | DUAL MOTORS | N.A |
| TRA-XX002 | Tractor de orugas | Producción | 81028 | KOMATSU | D155AX-6 | 10 HP | CATERPILLAR | N.A |
| VOL-XX005 | Camión Volquete | Corte | ABC-706 | VOLVO | FMX480 | 50 KW | CUMMINS INC | N.A |
| VOL-XX006 | Camión Volquete | Ensamble | ABC-707 | VOLVO | FMX480 | 140 CV | DETROIT DIESEL | N.A |
| CAM-XX002 | Camioneta | Dampla | ABC-001 | TOYOTA | HILUX | 170 HP | HISPANO VILLIERS | N.A |
| VOL-XX007 | Camión Volquete | Ctrl Calidad | CM-104 | VOLVO | FMX480 | 200 HP | JA INDUSTRIES | N.A |
| EXC-XX007 | Excavadora | Contabilidad | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | 20 HP | ROSTEC | N.A |
| EXC-XX008 | Excavadora | Logística | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | 50 HP | PORSCHE SA | N.A |
| CAR-XX005 | Cargador frontal | Almacén | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | 10 HP | SETTER | N.A |
| EXC-XX009 | Excavadora | Producción | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | 50 KW | SUNGRI MOTORS | N.A |
| CAR-XX006 | Cargador frontal | Corte | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | 140 CV | SDLG | N.A |
| TRA-XX003 | Tractor de orugas | Ensamble | 81028 | KOMATSU | D155AX-6 | 170 HP | WEG | N.A |
| VOL-XX008 | Camión Volquete | Dampla | ABC-706 | VOLVO | FMX480 | 200 HP | WULING MOTORS | N.A |
| VOL-XX009 | Camión Volquete | Ctrl Calidad | ABC-707 | VOLVO | FMX480 | 20 HP | ZIEHL ABEGG | N.A |
| CAM-XX003 | Camioneta | Contabilidad | ABC-001 | TOYOTA | HILUX | 50 HP | CHENSING | N.A |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

Es importante saber que al momento de dar clic en el botón imprimir este desencadena un código como consecuencia del evento “al hacer clic” el cual guardara de forma automática un registro en formato pdf del inventario que el usuario tiene en ese momento en el aplicativo ya sea filtrado o sin filtrar, cada registro del inventario será guardado en una de las carpetas que conforma el programa, el nombre de la carpeta es “Inventario”.

### 4.5.2. Registro

La macro “Registro” está conformada por los siguientes campos y botones:

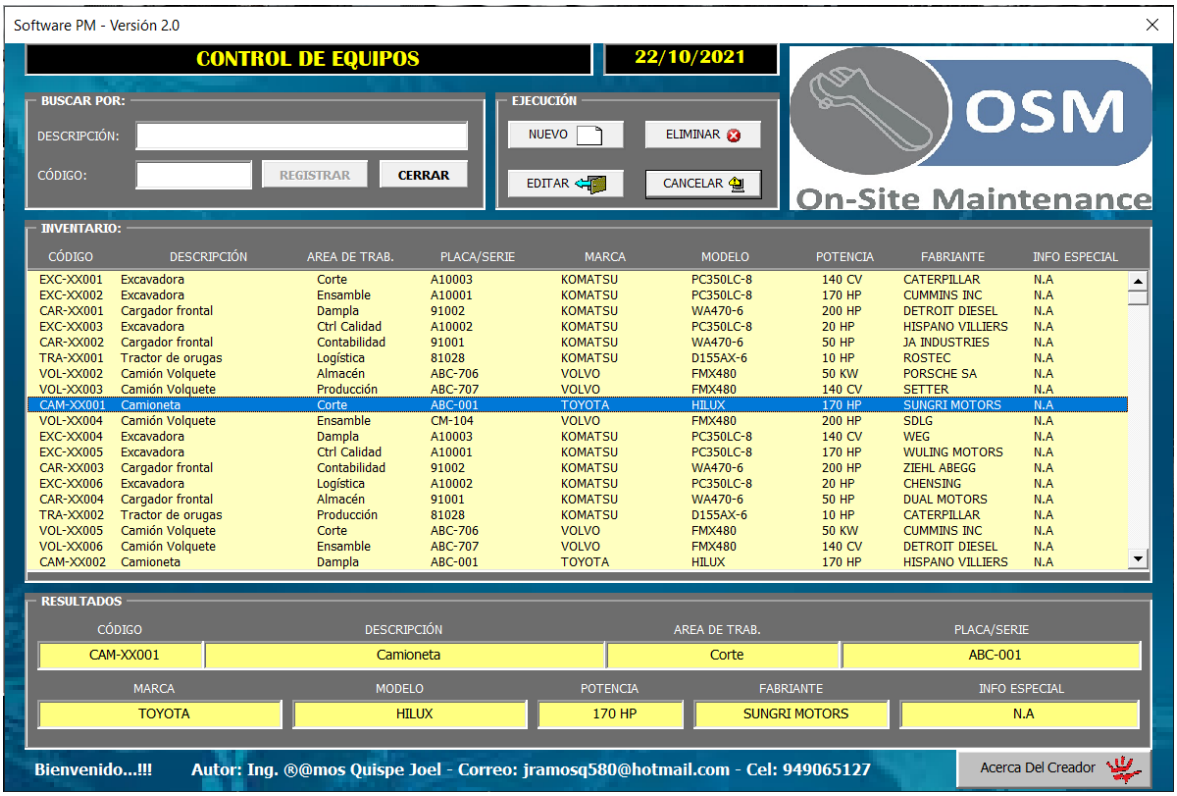
- **Código**, en este campo se registran los ID de los equipos este valor es único e irrepetible y es mediante este valor que se logra identificar a cada equipo en las consultas si bien el programa PMP acepta cualquier valor de ID se recomienda que este valor sea un código alfanumérico porque no hay que olvidar que el programa

está diseñado en Excel y como tal este software tiene sus limitantes y una de ellas es que cuando se registran valores numéricos mayores a once cifras en las celdas de Excel este lo guarda como un número científico y no como un número ordinal entonces si esto llegara a pasar lo que va a suceder es que cuando se desee hacer una consulta sobre un registro que ha sido guardado con un código numérico de más de once cifras el programa no lo encontrara en su base de datos porque ha sido guardado como un numero científico y no como un numero ordinal. Para evitar todo lo anterior el creador del programa recomienda registrar códigos alfanuméricos para así evitar problemas en el uso del programa.

- **Descripción del equipo o máquina**, es una breve descripción del equipo dado que el código no me dice exactamente de qué equipo o maquina se trata entonces el campo descripción me da esa información que se complementa al código del equipo. Sin embargo, los códigos pueden ser creados estratégicamente en donde cada carácter me informa algo del equipo en cuestión, se ser así ambos campos se complementan.
- **Área de trabajo**, En este campo se registra el lugar de trabajo del equipo a este campo también se le conoce en el departamento de mantenimiento como emplazamiento del equipo.
- **Placa, marca, serie, modelo, potencia, fabricante**, estos campos almacenan la información propia de cada equipo y además de ellos estos campos son editables.
- **Dos buscadores inteligentes**, en ellos se puede buscar un equipo ya sea por su código o descripción, basta con ingresar los primeros caracteres y se filtrarán solo los registros que contengan dichos caracteres.

- **Un botón nuevo**, el cual me permite registrar un nuevo equipo o máquina.
- **Un botón editar**, el cual me permite editar un registro.
- **Un botón eliminar**, el cual me permite eliminar un registro
- **Un botón cancelar**, el cual me permite restablecer la macro al estado de inicio.
- **Un botón acerca del creador**, el cual me presenta una macro con una breve descripción del creador del aplicativo, quien es el autor de este proyecto de investigación.
- **Un botón registrar**, el cual me permite registrar un nuevo equipo o actualizar un registro.
- **Un botón cerrar**, el cual me permite cerrar la macro.

***Figura 12.*** Control de quipos del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.5.3. Historial

En el módulo historial se encuentran registrados todos los equipos con todas las intervenciones de mantenimiento que ha tenido desde que ha ingresado al aplicativo de mantenimiento hasta la actualidad. Aquí se encuentra el historial de órdenes de trabajo y está conformada por los siguientes campos y botones:

- **Código del equipo o máquina**, en este campo se registran los ID de los equipos este valor es único e irrepetible y es mediante este valor que se logra identificar a cada equipo en las consultas si bien el programa PMP acepta cualquier valor de ID se recomienda que este valor sea un código alfanumérico porque no hay que olvidar que el programa está diseñado en Excel y como tal este software tiene sus limitantes y una de ellas es que cuando se registran valores numéricos mayores a once cifras en las celdas de Excel este lo guarda como un número científico y no como un número ordinal entonces si esto llegara a pasar lo que va a suceder es que cuando se desee hacer una consulta sobre un registro que ha sido guardado con un código numérico de más de once cifras el programa no lo encontrara en su base de datos porque ha sido guardado como un numero científico y no como un numero ordinal. Para evitar todo lo anterior el creador del programa recomienda registrar códigos alfanuméricos para así evitar problemas en el uso del programa.
- **Descripción del equipo o máquina**, es una breve descripción del equipo dado que el código no me dice exactamente de qué equipo o maquina se trata entonces el campo descripción me da esa información que se complementa al código del equipo. Sin embargo, los códigos pueden ser creados estratégicamente en donde

cada carácter me informa algo del equipo en cuestión, se ser así ambos campos se complementan.

- **Número de la orden de trabajo (#OT)**, es un número único e irrepetible de la orden de trabajo y mediante este número se puede identificar cada orden de trabajo al momento de realizar una búsqueda, consulta o cuando se desee hacer un auditoria sobre el área de mantenimiento, este valor lo genera el programa de manera automática esto con el fin de evitar el error humano que es muy frecuente y también para hacer el proceso mucho más rápido.
- **Fecha inicio**, esta fecha representa el día en que fue liberada la orden de trabajo en el programa PMP, es importante mencionar que la fecha liberada no siempre es igual a la fecha programada o planeada porque estas fechas a veces no se cumplen y necesariamente son reprogramadas para una posterior fecha.
- **Fecha fin**, esta fecha representa el día en que fue culminada la intervención de mantenimiento en el equipo también es conocida como la fecha en que la orden de trabajo fue cerrada en el programa PMP (Fecha de cierre de la OT), es importante mencionar que esta fecha no siempre es igual a la fecha programada o planeada porque estas fechas a veces no se cumplen y necesariamente son reprogramadas para una posterior fecha.
- **Hora inicio**, este registro horario representa la hora en que fue liberada la orden de trabajo en el programa PMP, es importante mencionar que la hora liberada no siempre es igual a la hora programada o planeada porque estas fechas a veces no se cumplen y necesariamente son reprogramadas para una posterior fecha.

- **Hora fin**, este registro horario representa la hora en que fue culminada la intervención de mantenimiento en el equipo, es importante mencionar esta hora no siempre es igual a la hora programada o planeada porque estas fechas a veces no se cumplen y necesariamente son reprogramadas para una posterior fecha.
- **Duración**, representa el tiempo que se tardó en la ejecución de la orden de trabajo, muchas veces este tiempo difiere de lo programado debido a varios factores entre ellos está que no haya stock de los repuestos que se necesitan en la intervención del equipo, demoras logísticas, falta de personal calificado para la intervención de mantenimiento, fenómenos naturales, etc.
- **Tipo de mantenimiento**, el tipo de mantenimiento realizado en los equipos puede ser un mantenimiento programado (preventivo) o no programado (mantenimiento correctivo) sin embargo, el programa PMP no está diseñado para cubrir solo los dos tipos de mantenimiento mencionados anteriormente, sino que aquellos tipos de mantenimientos diferentes a los anteriores el programa PMP los clasifica como "Otros". En posteriores versiones del programa PMP es posible clasificar los tipos de mantenimientos según como lo crea conveniente el Usuario.
- **Puesto de trabajo responsable**, es el puesto de trabajo responsable de la ejecución de la orden de trabajo este puesto puede ser ocupado por un mecánico, electricista, electrónico, instrumentista, gasfitero, soldador, etc.
- **Gastos**, es el gasto total generado en la ejecución de la orden de trabajo, este gasto incluye el costo de la mano de obra de los técnicos más los costos de materiales o insumos requeridos en la intervención del equipo. El programa PMP clasifica a

estos gastos en dos tipos de gastos los cuales son los gastos en técnicos o mano de obra y los gastos en repuestos o insumos.

- **Gastos en técnicos**, este gasto contempla el costo de la mano de obra de los técnicos asimismo mencionar que en posteriores versiones del programa PMP este campo se divide en dos uno contempla la mano de obra por mantenimientos internos y otro representa la mano de obra o los costos por mantenimientos externos, a este tipo de trabajo se le conoce como trabajo realizado por terceros el cual es muy común hoy en día en las empresas que no tienen el personal calificado para realizar los mantenimientos sobre sus activos, mayormente se requiere el trabajo de terceros en las inspecciones predictivas como lo son el análisis de ultrasonido, análisis de vibraciones, cámaras termo-gráficas, etc.
- **Gastos en repuestos**, este gasto contempla el costo de los materiales e insumos requeridos en la intervención del equipo estos costos los jala del costo unitario registrado en el inventario de repuestos del programa PMP.
- **Descripción del trabajo realizado**, en este campo se registra la lista de actividades de mantenimiento que se realizaran sobre el equipo intervenido. A este conjunto de actividades también se le conoce como “paquetes de mantenimiento”.
- **Técnicos**, en este campo se registran los nombres de los técnicos asignados a la ejecución de la orden de trabajo.
- **Repuestos utilizados**, en este campo se registran todos los repuestos en insumos utilizados en la ejecución de la orden de trabajo.
- **Observaciones**, en este campo se registran las observaciones que se presentaron en la intervención del equipo, es muy importante registrar estas observaciones porque

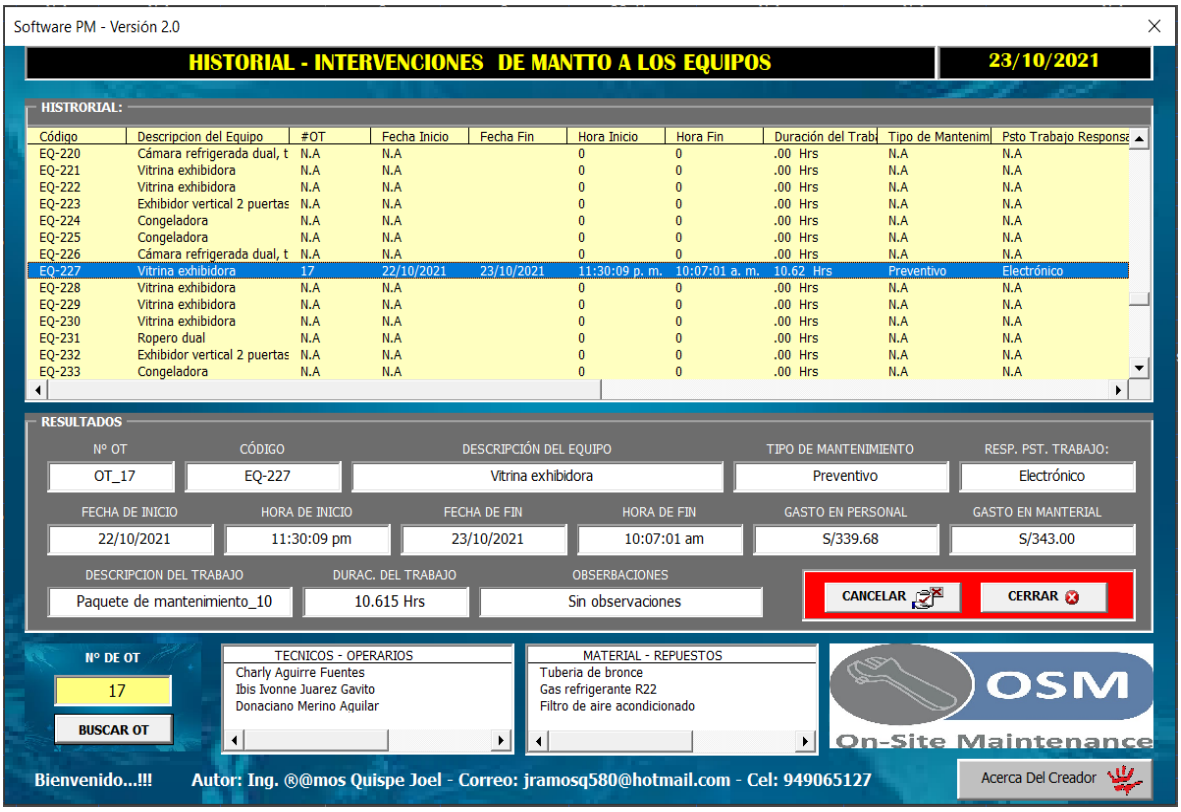
son una parte fundamental cuando se desea realizar un análisis causa raíz (RCA) en los equipos o cuando se desea hacer una auditoria del departamento de mantenimiento en la empresa.

- Un filtro por segmentación de datos el cual me permite visualizar solo las intervenciones de uno más equipos en específico, esto es muy importante cuando se desea presentar un reporte o un informe técnico del mantenimiento realizado a ciertos activos de la empresa o a uno en específico.
- Una macro que me permite guardar un reporte del historial en formato pdf, este reporte se guardara de forma automática en la carpeta “Historial de OT”, esto con el fin de tener un registro de los documentos que el usuario genera y hacer uso de ello cuando lo crea conveniente, sin embargo, estos documentos se pueden eliminar en cualquier momento desde la carpeta “Historial de OT” de esta manera tener solo la información que el Usuario necesita.
- Una macro para ver los cada uno de los registros de forma más detallada y ordenada la cual cuenta con un botón para realizar una búsqueda del registro por número de orden de trabajo (#OT), un botón para cancelar la búsqueda o para limpiar los campos del formulario, un botón para ver la brevemente una información resumida acerca del creador del programa PMP y un botón para cerrar el formulario o la ventana, este formulario cuenta con dos ListBox los cuales son los encargados de almacenar los técnicos que intervinieron al equipo y los repuestos utilizados en dicha intervención de una manera ordenada ítem por ítem, de esta manera el Usuario podrá ver el histórico de los equipos ya sea mediante la hoja de cálculo Excel o mediante el formulario “Historial – Intervenciones de Mantto a los Equipos”. Cada

una de estas opciones cumple el mismo fin el cual es presentar toda la información de los registros de interés.

- Una macro que me permite mover las columnas de los registros para poder visualizar mejor la información y por ultimo una macro para ir al menú inicio.
- IMPORTANTE: Es importante indicar que si se desea realizar modificaciones sobre los nombres de los encabezados estos sean consultados primero con el creador del programa porque existen algunos campos que forman parte de un modelamiento de datos y estos a su vez de los campos calculados de una tabla dinámica y cuando se realizan cambios sin conocer muy bien el uso de Excel en un nivel avanzado se tendrán muchos problemas en su posterior uso del programa PMP.

***Figura 13.*** Ventana historial de equipos del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

## 4.6. Repuestos

La sección Repuestos está conformada por dos módulos, uno de ellos representa el inventario y el otro un histórico de las entradas y salidas de los repuestos e insumos, estos módulos son:

### 4.6.1. Registro

En este módulo se encuentran registrados todos los repuestos e insumos que serán utilizados en las intervenciones de mantenimiento, este módulo representa el inventario o stock de los repuestos e insumos. Este formulario está conformado por los siguientes campos y botones:

- **Código**, en este campo se registran los ID de los repuestos, este valor es único e irrepetible y es mediante este valor que se logra identificar a cada registro en las consultas si bien el programa PMP acepta cualquier valor de ID se recomienda que este valor sea un código alfanumérico porque no hay que olvidar que el programa está diseñado en Excel y como tal este software tiene sus limitantes y una de ellas es que cuando se registran valores numéricos mayores a once cifras en las celdas de Excel este lo guarda como un número científico y no como un número ordinal entonces si esto llegara a pasar lo que va a suceder es que cuando se desee hacer una consulta sobre un registro que ha sido guardado con un código numérico de más de once cifras el programa no lo encontrara en su base de datos porque ha sido guardado como un numero científico y no como un numero ordinal. Para evitar todo lo anterior el creador del programa recomienda registrar códigos alfanuméricos para así evitar problemas en el uso del programa.
- **Descripción**, es una breve descripción del registro dado que el código no me dice exactamente de qué material o repuesto se trata entonces el campo descripción me

brinda esa información que se complementa al código del registro. Sin embargo, los códigos pueden ser creados estratégicamente en donde cada carácter me informa algo del registro en cuestión, se ser así ambos campos se complementan.

- **Stock**, el stock es uno de los campos más importantes en el área de mantenimiento debido a que es muy importante mantener siempre un stock disponible de los materiales e insumos para una rápida intervención en los activos de la empresa. Se recomienda tener siempre un stock disponible de los repuestos que son críticos los cuales al no haber stock de ellos se puede producir una parada de la producción lo cual generaría grandes pérdidas a la empresa asimismo también es importante no llenarse de stock dado que esto le genera pérdidas a la empresa por tener un capital en reposo, tener el stock justo y necesario hará la diferencia entre una mala y una buena gestión del inventario de repuestos.
- **Unidad**, representa la unidad de medida del registro en cuestión.
- **Costo Unitario**, representa el costo por unidad de cada registro en cuestión.
- **Costo Total**, representa el costo total de cada registro el cual es igual al costo unitario por el valor del stock que se tiene en almacén de cada registro.
- **Stock Min**, este campo representa el stock mínimo que se desea tener de cada registro y trabaja de la siguiente manera, por ejemplo, si uno desea que el valor del registro se coloree en rojo cuando el stock alcanza un valor mínimo de 20 unidades entonces se fija el stock mínimo en 20 unidades para el registro en cuestión. Si bien muchas empresas hoy en día no usan el stock mínimo hay algunas empresas que aún lo hacen y es por ello que está este campo disponible en el programa PMP además es un campo que el usuario lo puede usar o no, en caso de no usarlo el programa

considerara a este campo un valor de cero lo que significa que el stock mínimo será cero y que la celda del stock se coloreara de rojo cuando el valor del stock sea cero.

- **ListBox,** esta lista contiene el inventario de repuestos que se tiene registrado en la base de datos del programa PMP.
- **Entrada,** este botón me permite realizar entradas de repuestos a mi stock, esta macro se utiliza cuando no se tiene stock de cierto registro y sin stock no es posible liberar una orden de trabajo y por ende el proceso de la OT se estanca, esta es una manera que tiene el programa de validar la información que maneja porque no tiene sentido agregar repuestos o materiales a una OT cuando no se tiene stock de ello.
- **Nuevo,** este botón me permite crear un nuevo registro, dicho de otra forma, a través de este botón es posible registrar un repuesto que no existe en la base de datos del programa PMP.
- **Editar,** este botón me permite editar un registro que previamente ha sido seleccionado del ListBox.
- **Eliminar,** este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado del ListBox. Es importante indicar que una vez eliminado este registro también se elimina de la base de datos del programa PMP.
- **Cancelar,** este botón me permite restablecer el formulario al estado inicial.
- **Botón Registrar,** una vez ingresada toda la información que requiere el formulario se procede a almacenarla en una base de datos. El aplicativo está diseñado para validar la información que se ingresa esto con el propósito de obtener al final los resultados esperados. Cuando se ingresa datos incorrectos se emite un mensaje de alerta indicando cual es el motivo por el cual la operación no puede ser registrada.

- **Acerca del Creador,** esta macro presenta una breve reseña del creador del aplicativo, en este caso de mi persona: JOEL GEREMIAS RAMOS QUISPE Bach en ingeniería mecánica y eléctrica.
- **Botón Cerrar,** este botón me permite cerrar el formulario en cuestión, también se puede utilizar el icono de "x" ubicado en la parte superior derecha del formulario para cerrar el formulario.
- **Botón de los tres puntos,** este botón me permite editar el campo costo unitario, esto es muy importante cuando se hace entrada de un nuevo lote con precio diferente.

***Figura 14.*** Ventana control de repuestos del aplicativo.

***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.6.2. Repuestos

Mientras el modulo REGISTRO me permite trabajar desde un formulario de Excel el módulo REPUESTOS me permite trabajar con tres opciones diferentes y cada una de ellas me lleva a trabajar en las hojas de Excel. Por lo tanto, en este módulo se encuentran registrados tres sub módulos los cuales son:

- **Inventario,** este botón me lleva a ver el inventario de los repuestos en la hoja de cálculo Excel, mientras que el anterior me permitía ver el inventario mediante un formulario esta opción me permite ver desde la hoja de Excel esta opción es importante porque desde aquí puedo copiar registros o la tabla entera para presentar un reporte o un informe sobre el inventario que se tiene en almacén.
- **Entradas y salidas**, este botón me lleva a ver el histórico de las entradas y salidas que ha tenido los repuestos a lo largo del tiempo que se ha venido trabajando en el programa PMP, esta opción cuenta con una base de datos registrado en una tabla normal de Excel, cuenta con un botón que sirve para eliminar registros, cuenta con una segmentación de datos el cual me permite clasificar en entradas y salidas por separado y en conjunto.
- **Sistema kardex**, Es lo mismo que la opción anterior con la única diferencia que la anterior opción cuenta con una tabla normal de Excel y esta opción cuenta con una tabla dinámica la cual me permite realizar filtros de los registros en un determinado tiempo mediante la escala de tiempo también cuenta con una segmentación de datos para los códigos de los registros y una segmentación de datos para movimientos de repuestos los cuales son las entradas y salidas de repuestos, esta opción se recomienda al momento que se desea presentar ya sea un reporte o un informe.

## 4.7. Recursos Humanos (RR HH)

La sección Recursos Humanos está conformada por dos módulos, uno de ellos representa el registro del personal y me permite trabajar desde un formulario de Excel y el otro módulo representa el inventario del personal y me permite trabajar desde la hoja de cálculo de Excel, ambas opciones se complementan y hacen posible que el usuario gestione muy bien su información.

### 4.7.1. Registro

En este módulo se encuentra registrado el personal técnico encargado de realizar el mantenimiento a los activos de la empresa. Este formulario está conformado por los siguientes campos y botones:

- **Código**, en este campo se registran los ID del personal técnico, este valor es único e irrepetible y es mediante este valor que se logra identificar a cada registro en las consultas si bien el programa PMP acepta cualquier valor de ID se recomienda que este valor sea un código alfanumérico porque no hay que olvidar que el programa está diseñado en Excel y como tal este software tiene sus limitantes y una de ellas es que cuando se registran valores numéricos mayores a once cifras en las celdas de Excel este lo guarda como un número científico y no como un número ordinal entonces si esto llegara a pasar lo que va a suceder es que cuando se desee hacer una consulta sobre un registro que ha sido guardado con un código numérico de más de once cifras el programa no lo encontrara en su base de datos porque ha sido guardado como un numero científico y no como un numero ordinal. Para evitar todo lo anterior

el creador del programa recomienda registrar códigos alfanuméricos para así evitar problemas en el uso del programa.

- **Nombres y Apellidos**, en este campo se registra los nombres y apellidos del personal técnico dado que el código no me dice exactamente de qué registro se trata entonces el campo nombres y apellidos me da esa información que se complementa al código del registro. Sin embargo, los códigos pueden ser creados estratégicamente en donde cada carácter me informa algo del registro en cuestión, se ser así ambos campos se complementan.
- **Especialidad**, en este campo se registra la especialidad a la que corresponde el técnico, por ejemplo, puede ser mecánico, electricista, electrónico, instrumentista, gasfitero, soldador, etc.
- **DNI**, en este campo se registra el número del documento nacional de identidad del técnico.
- **Edad**, en este campo se registra la edad del técnico.
- **Celular**, en este campo se registra el celular del técnico.
- **Costo/Hra**. en este campo se registra el costo por hora que gana el técnico encargado de las intervenciones de mantenimiento en los activos de la empresa.
- **ListBox,** esta lista contiene el inventario del personal técnico que se tiene registrado en la base de datos del programa PMP. Esta lista representa el inventario del personal técnico encargado de realizar los mantenimientos a los equipos de la empresa.
- **Botón Editar,** este botón me permite editar un registro que previamente ya ha sido seleccionado del ListBox, es posible editar todos los campos incluyendo el código

del registro sin embargo es importante indicar que cuando se procede a editar el código este es validado antes de ser registrado en la base de datos del programa PMP, esto con el fin de evitar tener registros con códigos duplicados en la base de datos del programa PMP.

- **Botón Eliminar,** este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado del ListBox. Es importante indicar que una vez eliminado el registro seleccionado también se elimina de la base de datos del programa PMP, de esta manera no se tendrá un histórico de los registros que han sido eliminados.
- **Botón Cancelar,** este botón restablece el formulario al estado inicial dicho de otra manera limpia todos los campos del formulario y es muy diferente al botón cerrar.
- **Botón Registrar**, este botón es el encargado de almacenar los registros en la base de datos del programa PMP. Una vez ingresada toda la información que requiere el formulario se procede a almacenarla en la base de datos del programa para sus posteriores consultas que se requiera hacer sobre el registro en cuestión. El programa PMP está diseñado para validar la información que se ingresa esto con el propósito de obtener al final los resultados esperados porque de NO validar la información se estaría almacenando registros vacíos, códigos repetidos, campos incongruentes con el tipo de datos para el que ha sido diseñado, etc. Cuando se ingresa datos incorrectos se emite un mensaje de alerta indicando cual es el motivo por el cual la operación no puede ser registrada.
- **Botón Cerrar,** este botón me permite cerrar el formulario en cuestión, también se puede utilizar el icono de “x” ubicado en la parte superior derecha del formulario para cerrar el formulario.

- **Acerca del Creador,** esta macro presenta una breve reseña del creador del aplicativo, en este caso de mi persona: JOEL GEREMIAS RAMOS QUISPE Bach en ingeniería mecánica y eléctrica.
- **Logo**, esta imagen representa el logo de la empresa en donde se viene implementado el programa PMP y solo es posible su modificación mediante la programación.

***Figura 15.*** Ventana control de recursos humanos del aplicativo.

***Fuente:*** Elaboración Propia.

## 4.8. Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP)

La sección PMP está conformada por 7 módulos los cuales son:

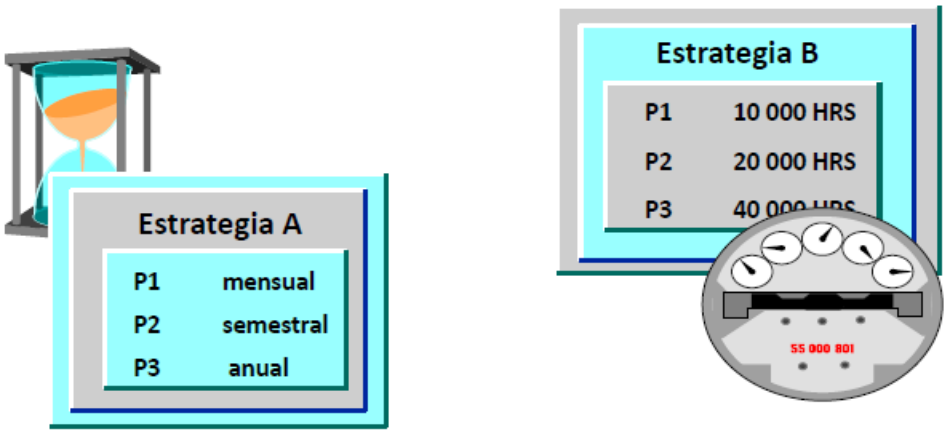
### 4.8.1. Plan de Mantenimiento Preventivo - Fechas (PMP - Fechas)

En el módulo PMP – Fechas se encuentra el cronograma de mantenimiento de los equipos, en este módulo la estrategia de mantenimiento elegida es “Día”, esto quiere decir que la variable de medición para los planes de mantenimiento del equipo es la variable de control “Día”. Ahora bien, hay que definir ¿Qué es una estrategia de mantenimiento? y la respuesta es simple pero primero definamos que es una estrategia.

- **¿Qué es una estrategia?:** Una estrategia es un conjunto de acciones planificadas con un objetivo.
- **¿Qué es una estrategia de mantenimiento?:** Trayendo el concepto anterior entonces una estrategia de mantenimiento quedaría definido de la siguiente manera, las acciones son las actividades de mantenimiento que se realizan en un equipo y la planificación es un conjunto de intervenciones u operaciones que se realizan a un equipo o activo de una planta o empresa con el fin de cumplir con unos objetivos de disponibilidad, confiabilidad y por ende ampliar la vida útil de los equipos, en otras palabras un plan de mantenimiento sirve para asegurar una óptima disponibilidad de los equipos a largo plazo.

Por lo tanto, una estrategia de mantenimiento es un conjunto de actividades realizadas o ejecutadas de manera planificada en donde se define la unidad y la frecuencia en la cual serán atendidos los equipos de mantenimiento, es decir son agrupaciones de paquetes, los cuales definen los períodos de emisión de las órdenes de mantenimiento dentro de un plan. Estas pueden ser basadas en tiempo (frecuencia) y/o desempeño de las maquinas (aquí están las horas y kilómetros de la máquina).

***Figura 16.*** Representación simbólica de la estrategia de mantenimiento.




***Fuente*:** SAP ERP.

Por otro lado, indicar que cada registro cuenta con 7 campos descriptivos los cuales son:

- **Código del equipo**, en este campo se registran los ID de los equipos este valor es único e irrepetible y es mediante este valor que se logra identificar a cada equipo en las consultas si bien el programa PMP acepta cualquier valor de ID se recomienda que este valor sea un código alfanumérico porque no hay que olvidar que el programa está diseñado en Excel y como tal este software tiene sus limitantes y una de ellas es que cuando se registran valores numéricos mayores a once cifras en las celdas de Excel este lo guarda como un número científico y no como un número ordinal entonces si esto llegara a pasar lo que va a suceder es que cuando se desee hacer una consulta sobre un registro que ha sido guardado con un código numérico de más de once cifras el programa no lo encontrara en su base de datos porque ha sido guardado como un numero científico y no como un numero ordinal. Para evitar todo lo anterior el creador del programa recomienda registrar códigos alfanuméricos para así evitar problemas en el uso del programa.

- **Número de actividad**, este campo indica el número de actividades registradas al equipo, este valor lo genera el programa de forma automática y siempre es el correlativo de la anterior actividad, si el equipo no tiene ninguna actividad registrada entonces empezara desde 1 luego 2 y así sucesivamente hasta la última actividad registrada.
- **Prioridad**, este campo me indica la importancia del mantenimiento la cual puede ser muy alta, alta, media y baja. Es una manera que tiene el programa PMP de clasificar las actividades de mantenimiento de acuerdo a su importancia, de esta manera se tomara mejores decisiones al momento de enviarlo al backlog, de liberar o reprogramar una orden de trabajo (OT).
- **Actividades a Realizar**, este campo indicara el conjunto de actividades a realizar si se ingresaron de forma manual dichas actividades de lo contrario mencionará el nombre descriptivo del paquete de mantenimiento PM. Como creador del programa recomiendo registrar las actividades mediante maquetes de mantenimiento dado que de esta forma se tendrá un histórico de las actividades que son frecuentes en las intervenciones de los equipos y ya no se tendría que registrar ítem por ítem cada vez que se requiera usar a dicha actividad ahorrando así bastante tiempo en la creación de los planes de mantenimiento.
- **Puesto de Trabajo Responsable**, es quien será el responsable de ejecutar dicha intervención de mantenimiento, puede ser el mecánico, electricista, electrónico, etc.
- **Frecuencia**, me indica cada que tiempo (número de días transcurridos) se realizará dicho mantenimiento al equipo, esta frecuencia solo es posible programar por un periodo de días por ejemplo realizar mantenimiento cada 15 días, 67 días, etc.

- **Fecha de Inicio**, me indica el día en que inicia el plan de mantenimiento para el equipo.
- **Calendario**, el calendario de programación está a la derecha del cronograma de mantenimiento y es un calendario que reúne los 365 días de un año no bisiesto y también los 366 días de un año bisiesto.

***Figura 17.*** Cronograma de mantenimiento del aplicativo

***Fuente*:** Elaboración Propia.

Por otro lado, la letra “X” me indica que en esa fecha al equipo le toca mantenimiento preventivo o dicho en otras palabras según la planeación el equipo será intervenido por el personal de mantenimiento en todas las fechas que tienen registradas las “X”, las columnas de color rojo me indican que en esas fechas la planta o empresa no labora así mismo indicar que esto es completamente configurable y más adelante se profundizara en este tema.

También podemos apreciar en la imagen superior que el módulo PMP – Fechas, está conformada por botones (macros), los cuales cada uno realiza una acción diferente, de los cuales se detalla a continuación:

- **Botón Mover Columnas**, Una macro que me permite mover las columnas de los registros para poder visualizar mejor la información y por ultimo una macro para ir al menú inicio.
- **Botón Cambiar de año**, esta acción me permite ver la programación del mantenimiento en un año en específico.
- **Botón >>,** al presionar este botón se ejecuta el cronograma de mantenimiento para el año siguiente ósea este botón me permite ver el cronograma de mantenimiento del año siguiente.
- **IMPORTANTE:** Es importante indicar que si se desea realizar modificaciones sobre los nombres de los encabezados estos sean consultados primero con el creador del programa porque existen algunos campos que forman parte de un modelamiento de datos y estos a su vez de los campos calculados de una tabla dinámica y cuando se realizan cambios sin conocer muy bien el uso de Excel en un nivel avanzado se tendrán muchos problemas en su posterior uso del programa PMP.
- **Botón Agregar,** al presionar este botón aparecerá un formulario como el de la imagen inferior, esta macro me permite registrar un plan de mantenimiento para uno o varios equipos a la vez, la selección de múltiples equipos se realiza a través del botón "SELEC. MULTIPLE", también se puede ingresar las actividades de mantenimiento de forma manual o seleccionando un paquete de mantenimiento que anteriormente ya ha sido registrado en el aplicativo.

  Luego de seleccionar el equipo o los equipos y las actividades o el paquete de actividades, se procede a ingresar el puesto de trabajo responsable de la ejecución de dicha actividad, su prioridad, la alerta y la fecha de inicio. Por último, indicar

que la alerta es un número que le indica al aplicativo con cuantos días de anticipación la información del plan de mantenimiento viaja al panel “Gestión de Órdenes de Trabajo” en donde posteriormente se le podrá asignar materiales, técnicos para la ejecución de la orden de trabajo. Al dar clic en el botón registrar del plan de mantenimiento, este me programa las intervenciones de mantenimiento en el tiempo (durante todo el año o años), pero ¿qué es una programación del plan de mantenimiento? y ¿Cuál es su importancia?, a continuación de detalla estas interrogantes.

**¿Qué es la Programación del Plan de Mantenimiento?**

Se refiere al hecho de establecer un momento de referencia en el tiempo, a partir del cual el sistema debe calcular la fecha de cumplimiento o vencimiento de la próxima medida de mantenimiento que se debe ejecutar; esto es, el plan de mantenimiento está preparado para determinar la fecha en que debe crearse una nueva orden de mantenimiento.

Después de planificar las actividades de mantenimiento estas son enviadas el área de programación para coordinar con su principal cliente que es el área de producción en donde llegaran a un acuerdo mutuo para ver en qué fecha es programada el activo para su intervención de mantenimiento.

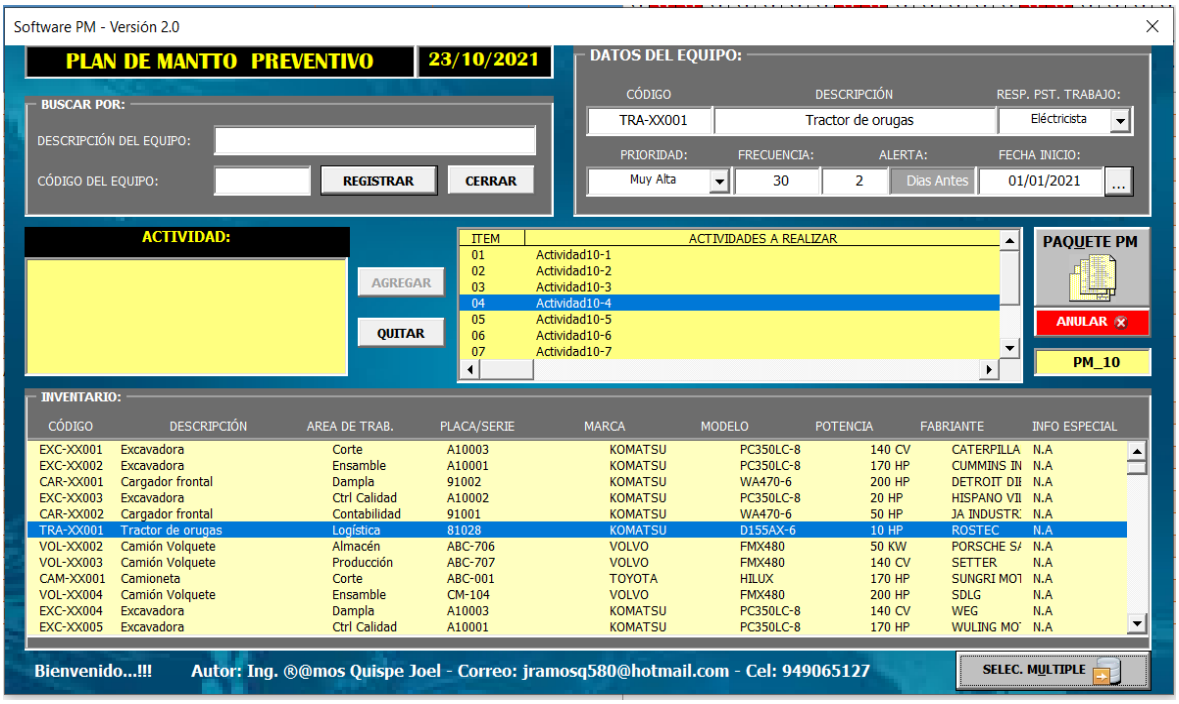
**¿Cuál es el Objetivo de un Mantenimiento Planificado?**

El principal objetivo es maximizar la vida útil de los activos logrando así una óptima disponibilidad de los activos, reducción en el OPEX, otro de sus objetivos es evitar

las paradas de planta no programadas estos son causados principalmente por los mantenimientos correctivos reactivos los cuales se generan cuando un activo considerado “Crítico” alcanzo el punto “F” de la curva P-F mejor dicho el equipo está en falla funcional.

Las empresas siempre tratan de evitar este tipo de paradas porque no solo gasta en los costes de mantenimiento necesarios para restaurar al activo a sus condiciones de trabajo, sino que el mayor coste lo lleva por la parada de planta y una hora de parada puede ser mucho dinero perdido para algunas empresas.

***Figura 18.*** Ventana plan de mantenimiento del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Botón Editar,** al presionar este botón me aparecerá la siguiente ventana en la cual es posible editar los siguientes campos como frecuencia, alerta, puesto de trabajo

responsable, fecha de inicio, prioridad y las actividades de mantenimiento pertenecientes al equipo. Es importante saber que los campos mencionados anteriormente es lo único que se puede editar, los demás campos no es posible editarlos y el aplicativo está diseñado para permitir modificar solo los campos requeridos sin perjudicar el funcionamiento del plan de mantenimiento del equipo.

Para una modificación de los campos que no son permitidos en este formulario será necesario eliminar el registro y volver a programar el plan de mantenimiento correspondiente al equipo. También indicar que el ingreso de fechas en todos los formularios se realiza de forma automática mediante una macro de calendario, el cual al seleccionar la fecha se ingresa ese registro al campo del formulario.

***Figura 19.*** Ventana editar plan de mantenimiento del aplicativo

***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Botón Eliminar,** al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro el cual deseo eliminar, luego le doy aceptar y el registro es eliminado del aplicativo. Este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado

del ListBox. Es importante indicar que una vez eliminado el registro seleccionado también se elimina de la base de datos del programa PMP, de esta manera no se tendrá un histórico de los registros que han sido eliminados.

- **Botón Crear Paquete PM,** al presionar este botón me aparecerá la siguiente ventana en la cual es posible crear, actualizar/ modificar o eliminar un paquete de mantenimiento preventivo.

  **Para registrar** un nuevo paquete de mantenimiento (o grupo de actividades) es necesario registrar estas actividades mediante el campo actividad, acá se ingresará actividad por actividad y luego dar clic en agregar para que la actividad sea agregada al paquete de mantenimiento que se viene creando, una vez registrada todas las actividades que conforma el paquete de mantenimiento se elige una de las opciones de la variable de control al cual se registrara dicho paquete PM, después se le da un nombre descriptivo al paquete de mantto y por último se da clic en el botón “Registrar”.

  **Para ver el historial** de paquetes de mantenimiento creados basta con hacer clic en el botón “Historial” luego aparecerá una ventana en la cual está todo el histórico de paquetes de mantenimiento creados hasta la fecha, para seleccionar uno de ellos basta con hacer doble clic sobre una de las opciones y eso sería todo, ahora mismo toda la lista de actividades pertenecientes al paquete seleccionado ya está en el formulario de trabajo.

  **Para actualizar** un registro primero se debe elegir uno de los paquetes del historial de paquetes de mantenimiento registrados en el aplicativo mediante el botón

historial, después se puede agregar o quitar actividades del paquete PM también se puede cambiar el nombre descriptivo, luego se da clic en el botón actualizar. Es importante indicar que en este escenario si se da clic en registrar el programa registrará una copia del paquete PM seleccionado con un nombre clave consecutivo al último registrado en la variable de control seleccionado.

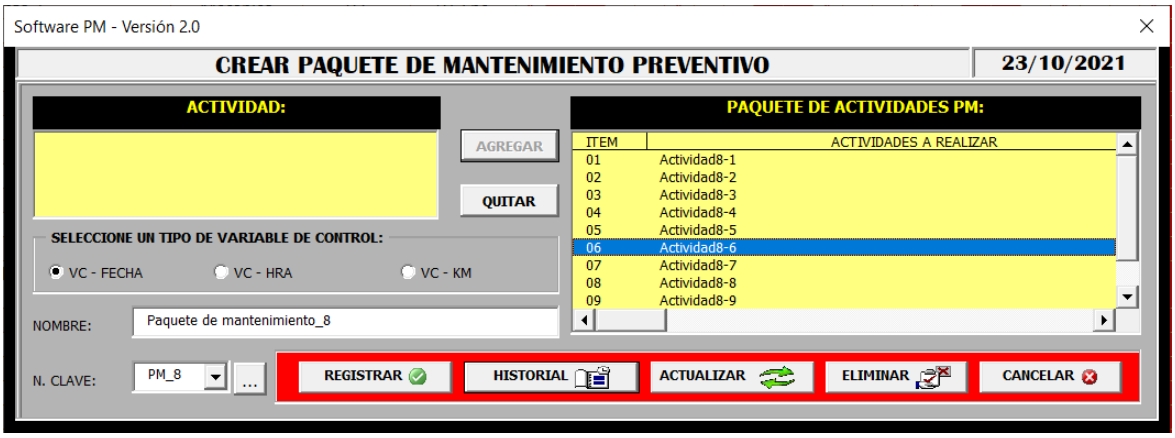
**Para eliminar** un registro del historial de paquetes PM, basta con elegir un registro mediante el botón historial y luego dar clic en el botón eliminar y listo con esta operación el registro ha sido eliminado. Al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro el cual deseo eliminar, luego le doy aceptar y el registro es eliminado del aplicativo. Este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado del historial de paquetes de mantenimiento. Es importante indicar que una vez eliminado el registro seleccionado también se elimina de la base de datos del programa PMP, de esta manera no se tendrá un histórico de los registros que han sido eliminados.

**Mediante los botones agregar y quitar** es posible agregar actividades a la lista de actividades que se viene creando o modificando y así mismo también es posible quitar actividades de mantenimiento de la lista de actividades que se viene creando o modificando.

**La lista de opciones** sirve para clasificar a los paquetes de mantenimiento por su variable de control la cual puede ser por fechas, horas o kilómetros trabajados.

Y el **botón cancelar** sirve para restablecer el formulario al estado inicial, la “x” en el extremo superior derecho se utiliza para cerrar el formulario (UserForm).

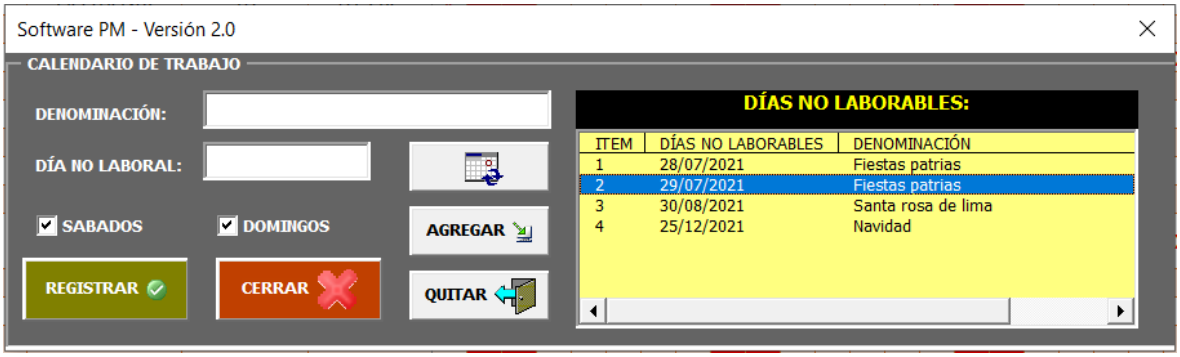
*Figura 20.* Crear paquete de mantenimiento del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Botón Config. Calendario,** aquí es posible configurar el calendario de trabajo, en esta macro se registra los días en que la planta o empresa NO labora. Es importante indicar que el cronograma del programa de mantenimiento PMP no considera a los días no laborables en su contabilización, esto quiere decir que en la frecuencia de mantenimiento solo son considerados los días laborables y no los días NO laborables para la planta o empresa (días en que el equipo tiene actividad). Esto con el fin de hacer mantenimiento sobre los activos durante el tiempo que estos vienen trabajando en la planta, en posteriores versiones es posible configurar esta opción.

*Figura 21.* Ventana configuración del calendario de trabajo del aplicativo



***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Botón >>,** al presionar este botón se ejecuta el cronograma de mantenimiento para el año siguiente ósea este botón me permite ver el cronograma de mantenimiento del año siguiente.
- Y por último está el botón que me permite seleccionar el cronograma de mantenimiento de un año en específico, el botón que me permite mover las columnas de los registros y el botón menú el cual me permite ir al menú inicio.

### 4.8.2. Plan de Mantenimiento Preventivo – Hra/Km (PMP - Hra/Km)

En este módulo se encuentran registrados todos los equipos que han sido asignados a un plan de mantenimiento mediante la variable de control (VC) hora (Hra) o kilómetro (Km). Al momento de realizar un mantenimiento programado es importante elegir una estrategia de mantenimiento, y esta estrategia no es más otra cosa que elegir la variable de control mediante la cual se va a programar y realizar el mantenimiento, a continuación, se detalla con mayor profundidad este tema.

- **¿Qué es una estrategia?:** Una estrategia es un conjunto de acciones planificadas.
- **¿Qué es una estrategia de mantenimiento?:** Trayendo el concepto anterior entonces una estrategia de mantenimiento quedaría definido de la siguiente manera, las acciones son las actividades de mantenimiento que se realizan en un equipo y la planificación es un conjunto de intervenciones u operaciones que se realizan a un equipo o activo de una planta o empresa con el fin de cumplir con unos objetivos de disponibilidad, confiabilidad y por ende ampliar la vida útil de los equipos, en otras palabras un plan de mantenimiento sirve para asegurar una óptima disponibilidad de los equipos a largo plazo.

Por lo tanto, una estrategia de mantenimiento es un conjunto de actividades realizadas o ejecutadas de manera planificada en donde se define la unidad y la frecuencia en la cual serán atendidos los equipos a los que se les va a hacer mantenimiento, es decir son agrupaciones de paquetes, los cuales definen los períodos de emisión de las órdenes de mantenimiento dentro de un plan. Estas pueden ser basadas en tiempo y/o desempeño.

Los mantenimientos realizados a los equipos o activos de una empresa se basan en dos escenarios y a continuación, se detalla cada uno de ellos:

**Puntos de medida:** En este escenario se realizan mantenimientos basados en condiciones medibles.

- Mantenimiento predictivo, este tipo de mantenimiento utiliza los puntos de medida como estrategia de mantenimiento.
- Son valores no acumulativos en el tiempo.
- Mide las condiciones actuales del equipo o activos de la empresa como, por ejemplo: vibración temperatura, presión.

**Contadores:** en este escenario se realizan mantenimientos basados en contadores.

- Mantenimiento preventivo, este tipo de mantenimiento utiliza los contadores como estrategia de mantenimiento.
- Son valores acumulativos en el tiempo.
- Mide el desempeño o actividad del equipo, por ejemplo: horas operadas, unidades producidas, kilómetros (Kms) recorridos, etc.

***Figura 22.*** Estrategias de mantenimiento preventivo.

***Fuente*:** SAP ERP.

Por ejemplo, en el anterior plan de mantenimiento (PMP – Fechas) la estrategia de mantenimiento es la variable de control "Día", esto quiere decir que según los días transcurridos el equipo será intervenido para realizarle una acción de mantenimiento preventivo y estas actividades de mantenimiento (paquete de mantenimiento) pueden varias según los días de operación del equipo. En este módulo las variables de control son hora y kilómetro, por lo tanto, la estrategia de mantenimiento elegida para este plan es diferente al anterior ya que trabaja con variables de control diferentes y es mediante una de estas variables que se va a planificar el mantenimiento preventivo de los equipos.

Por otro lado, este módulo me direcciona a una hoja la cual tiene una tabla y está conformada por las siguientes zonas y campos:

- **Zona de datos generales**, en esta zona se encuentra la información general del equipo y los campos que la conforman son: código, descripción, placa/serie, marca, modelo, variable de control (VC), frecuencia, Hra/ Km por día.
- **Ultimo servicio ejecutado**, en esta zona se encuentra toda la información relevante respecto al último servicio ejecutado del equipo y los campos que la conforman son: tipo de PM, Hra/Km, Fecha.
- **Datos Actuales**, en esta zona se encuentra la información actual del equipo como son contador actual del equipo y la fecha actual.
- **Próximo Servicio a Ejecutar**, en esta zona se encuentra toda la información relevante respecto al próximo servicio a ejecutar del equipo y los campos que la conforman son: tipo PM, Hra/Km, Hra/Km Faltantes, Días faltantes, Fecha Programada, Fecha de Toma y Status.

El campo "Días Faltantes" contiene un formato condicional el cual me indica lo siguiente:

- El **color rojo** me indica que los días faltantes es menor o igual a cero
- El **color naranja** me indica que los días faltantes es mayor que cero, pero menor o igual que diez.
- El **color amarillo** me indica que los días faltantes es mayor que diez, pero menor o igual que veinte.

El campo Status, contiene cuatro asignaciones las cuales se detallan a continuación el significado que el aplicativo refiere a cada uno de ellos:

- **Status Creada**, Es el status que el programa asigna al Paquete de mantenimiento recién creado del equipo.
- **Status Emitida**, Es cuando el paquete de mantenimiento del equipo ha llegado al panel gestión de órdenes de trabajo.
- **Status Liberada**, Es cuando la orden de trabajo asignada al equipo, ha sido Liberada. Una vez cerrada la orden de trabajo, el programa asigna de forma automática el siguiente paquete de mantenimiento al equipo y el Status vuelve al Status Creada.

***Figura 23. Cronograma de mantenimiento del aplicativo (VC – Hra/Km)***

PMP - Desarrollador De Software R@mos

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO -> KM/HRA CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO -> KM/HRA CRONOGRAMA DE MANTEN

AGREGAR PLAN PM | EDITAR PLAN PM | ELIMINAR PLAN PM | INGRESAR V.C | CREAR PAQUETE PM

| DATOS GENERALES DEL EQUIPO | | | | | | | | ÚLTIMO SERVICIO EJECUTADO | | | DATOS ACTUALES | | PRÓXIMO SERVICIO A EJECUTAR | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | PLACA/SERIE | MARCA | MODELO | V.C | Frecuencia | Hrs/ Kms Día | Tipo de PM | Hra/Km | Fecha | Hra/ Km | Fecha. | Tipo PM | Hra/Km | Hra/Km Faltantes | Días Faltantes | Fecha Programada | Fecha de Toma | Status |
| CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 1000 | 10 | PM0 | 1000 | 29/09/2021 | 1000 | 23/10/2021 | PM4 | 1250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 09/11/2021 | Creada |
| EXC-XX001 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 500 | 10 | PM0 | 800 | 05/10/2021 | 800 | 23/10/2021 | PM2 | 1000 | 0200 | 20.00 | 12/11/2021 | 07/11/2021 | Creada |
| EXC-XX002 | Excavadora | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 010 | 05/10/2021 | 010 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0240 | 24.00 | 16/11/2021 | 11/11/2021 | Emitida |
| CAR-XX001 | Cargador frontal | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 200 | 05/10/2021 | 200 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0050 | 5.00 | 28/10/2021 | 23/10/2021 | Emitida |
| TRA-XX001 | Tractor de orugas | 81028 | KOMATSU | D155AX-6 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| VOL-XX002 | Camión Volquete | ABC-706 | VOLVO | FMX480 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Creada |
| VOL-XX003 | Camión Volquete | ABC-707 | VOLVO | FMX480 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Creada |
| CAM-XX001 | Camioneta | ABC-001 | TOYOTA | HILUX | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| VOL-XX004 | Camión Volquete | CM-104 | VOLVO | FMX480 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| EXC-XX004 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| EXC-XX005 | Excavadora | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 000 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |
| CAR-XX003 | Cargador frontal | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | Hra | 250 | 10 | PM0 | 000 | 05/10/2021 | 050 | 23/10/2021 | PM1 | 250 | 0200 | 20.00 | 12/11/2021 | 07/11/2021 | Emitida |
| EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 1000 | 10 | PM1 | 750 | 05/10/2021 | 750 | 23/10/2021 | PM3 | 1000 | 0250 | 25.00 | 17/11/2021 | 12/11/2021 | Emitida |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

También podemos apreciar en la imagen superior que el módulo PMP – Fechas, está conformada por botones (macros), los cuales cada uno realiza una acción diferente, de los cuales se detalla a continuación:

- **IMPORTANTE:** Es importante indicar que si se desea realizar modificaciones sobre los nombres de los encabezados estos sean consultados primero con el creador del programa porque existen algunos campos que forman parte de un modelamiento de datos y estos a su vez de los campos calculados de una tabla dinámica y cuando

se realizan cambios sin conocer muy bien el uso de Excel en un nivel avanzado se tendrán muchos problemas en su posterior uso del programa PMP.

- **Agregar Plan PM**, al presionar este botón aparecerá un formulario como el de la imagen inferior, esta macro me permite registrar un plan de mantenimiento para uno o varios equipos a la vez, la selección de múltiples equipos se realiza a través del botón "SELEC. MULTIPLE", también se puede ingresar las actividades de mantenimiento de forma manual o seleccionando un paquete de mantenimiento que anteriormente ya ha sido registrado en el aplicativo.

A diferencia del plan anterior acá se puede ingresar las actividades o paquete de actividades que se van a realizar cada cierta frecuencia de la variable de control y se puede ingresar más de una frecuencia y cada una de ellas con un grupo de actividades diferentes, por ejemplo, el mantenimiento preventivo de 250 horas de operación del equipo es diferente al mantenimiento de 500 horas de operación del equipo y así sucesivamente hasta la cantidad de frecuencias que se considere oportuno para los mantenimientos que necesite el equipo.

Luego de seleccionar el equipo o los equipos y las actividades o el paquete de actividades, se procede a ingresar el puesto de trabajo responsable de la ejecución de dicha actividad, su prioridad, la alerta y la fecha de inicio y la cantidad de horas o kilómetros que el equipo trabaja por día. Por último, indicar que la alerta es un número que le indica al aplicativo con cuantos días de anticipación la información del plan de mantenimiento viaja al panel "Gestión de Órdenes de Trabajo" en donde posteriormente se le podrá asignar materiales, técnicos para la ejecución de la orden de trabajo.

Al dar clic en el botón registrar del plan de mantenimiento, este me programa las intervenciones de mantenimiento en el tiempo (durante todo el año o años), pero ¿qué es una programación del plan de mantenimiento?, y ¿cuál es su importancia? a continuación de detalla estas interrogantes.

**¿Qué es la Programación del Plan de Mantenimiento?**

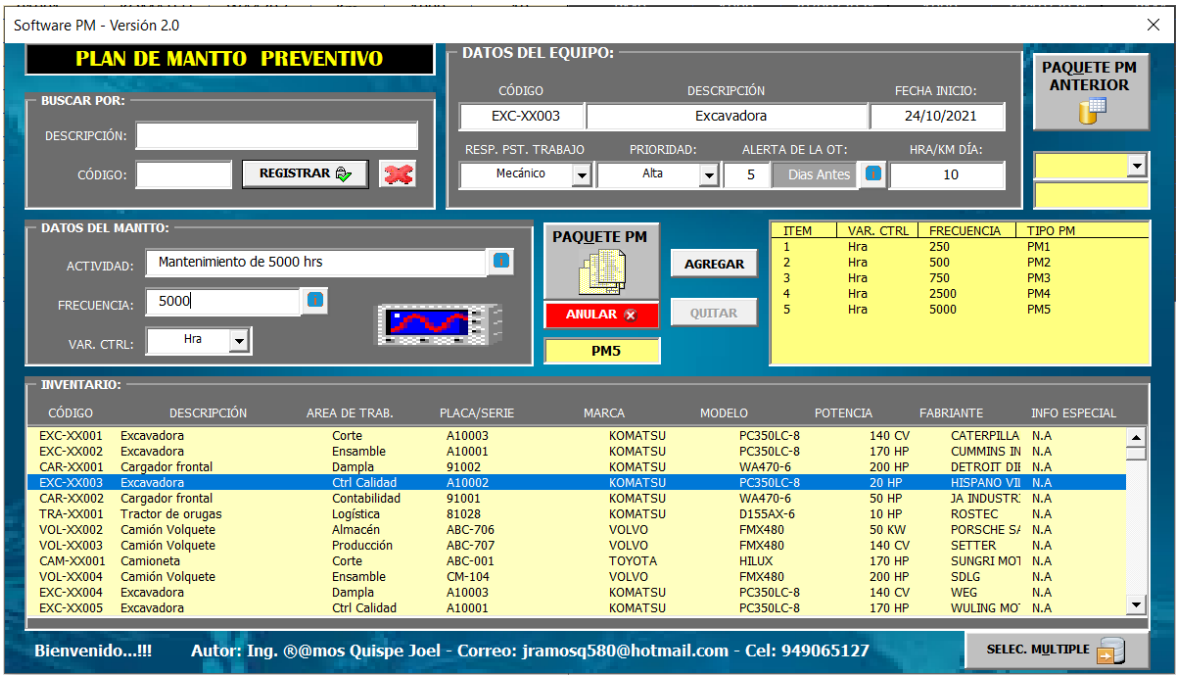
Se refiere al hecho de establecer un momento de referencia en el tiempo, a partir del cual el sistema debe calcular la fecha de cumplimiento o vencimiento de la próxima medida de mantenimiento que se debe ejecutar; esto es, el plan de mantenimiento está preparado para determinar la fecha en que debe crearse una nueva orden de mantenimiento.

**¿Cuál es el Objetivo de un Mantenimiento Planificado?**

El principal objetivo es maximizar la vida útil de los activos logrando así una óptima disponibilidad de los activos, reducción en el OPEX, otro de sus objetivos es evitar las paradas de planta no programadas estos son causados principalmente por los mantenimientos correctivos reactivos los cuales se generan cuando un activo considerado “Crítico” alcanzo el punto “F” de la curva P-F mejor dicho el equipo está en falla funcional.

Las empresas siempre tratan de evitar este tipo de paradas porque no solo gasta en los costes de mantenimiento necesarios para restaurar al activo a sus condiciones de trabajo, sino que el mayor coste lo lleva por la parada de planta y una hora de parada puede ser mucho dinero perdido para algunas empresas.

***Figura 24.*** Ventana plan de mantenimiento del aplicativo (VC – Hra/Km).




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Editar Plan PM**, al presionar este botón me aparecerá la siguiente ventana en la cual es posible editar los siguientes campos como frecuencia, alerta, puesto de trabajo responsable, fecha de inicio, prioridad y las horas o kilómetros que el quipo trabaja por día. Es importante saber que los campos mencionados anteriormente es lo único que se puede editar, los demás campos no es posible editarlos y el aplicativo está diseñado para permitir modificar solo los campos requeridos sin perjudicar el funcionamiento del plan de mantenimiento del equipo.

Para una modificación de los campos que no son permitidos en este formulario será necesario eliminar el registro y volver a programar el plan de mantenimiento correspondiente al equipo. También indicar que el ingreso de fechas en todos los formularios se realiza de forma automática mediante una macro de calendario, el

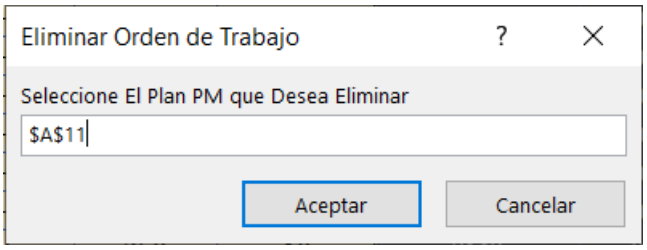
cual al seleccionar la fecha de interés esta se registra al campo del formulario de forma automática y no es posible editar de forma manual de esta manera el programa de mantenimiento PMP valida que lo se está ingresando sea una fecha y un texto o una cadena de caracteres sin sentido, para cambiar la fecha basta con volver a presionar el botón del calendario y seleccionar la nueva fecha y esta reemplaza a la anterior.

***Figura 25.*** Ventana editar plan de mantenimiento del aplicativo (VC – Hra/Km).

***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Eliminar Plan PM**, Al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro el cual deseo eliminar, luego le doy aceptar y el registro es eliminado del aplicativo. Este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado del historial de paquetes de mantenimiento. Es importante indicar que una vez eliminado el registro seleccionado también se elimina de la base de datos del programa PMP, de esta manera no se tendrá un histórico de los registros que han sido eliminados.

***Figura 26.*** Ventana eliminar OT del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Ingresar V.C**, al presionar este botón me aparecerá el siguiente formulario (UserForm) en el que me permite elegir un equipo del inventario e ingresar la lectura actual de su contador este contador puede ser en horas o kilómetros, según el plan de mantenimiento programado.

Las variables de control se clasifican en:

- **Puntos de Medida:** Son valores no acumulativos y permiten registrar la medición actual de un equipo, este tipo de medidas son muy utilizadas para los mantenimientos predictivos por ejemplo llevar un historial de estos puntos de medida para luego realizar un tipo de mantenimiento basado en la condición del equipo, los puntos de medida pueden ser temperatura, amperaje, voltaje, potencia, armónicos, etc.

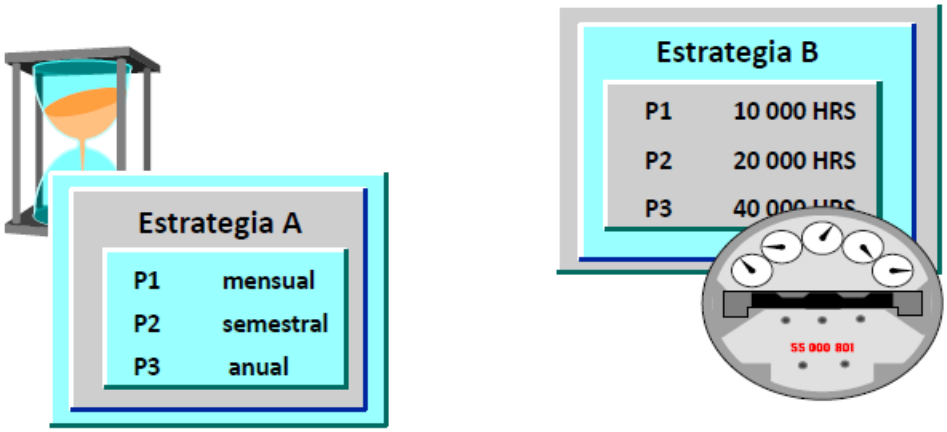
En este escenario se realizan mantenimientos basados en condiciones medibles.

- Mantenimiento predictivo, este tipo de mantenimiento utiliza los puntos de medida como estrategia de mantenimiento.
- Son valores no acumulativos en el tiempo como por ejemplo la temperatura, el amperaje, el voltaje, la potencia, nivel de armónicos, etc.

- Mide las condiciones actuales del equipo o activos de la empresa como, por ejemplo: vibración temperatura, presión.

- **Contadores:** Estos son valores acumulativos, los contadores se utilizan para representar el desgaste, el consumo o la vida útil de un equipo (por ejemplo, las horas operadas de un equipo, el kilometraje de un coche o el consumo de un sistema eléctrico).

***Figura 27. Representación simbólica de las estrategias de mantenimiento.***

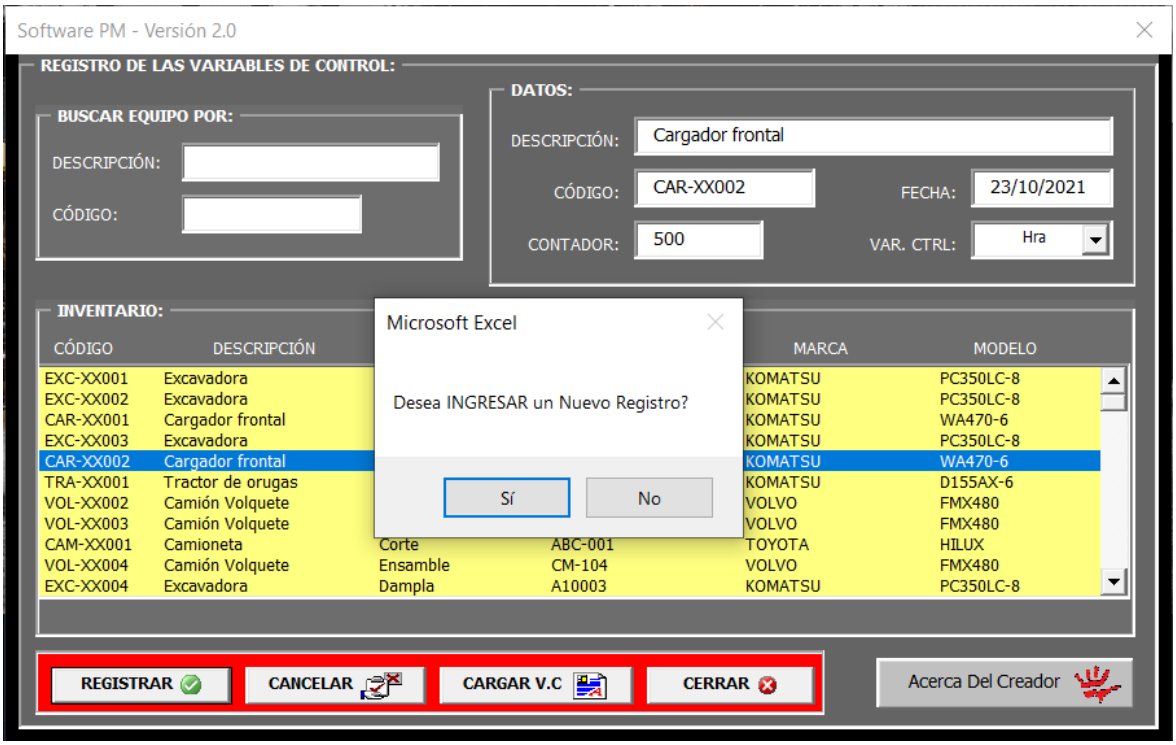



***Fuente*:** Elaboración Propia.

En este escenario se realizan mantenimientos basados en contadores.

- Mantenimiento preventivo, este tipo de mantenimiento utiliza los contadores como estrategia de mantenimiento.
- Son valores acumulativos en el tiempo.
- Mide el desempeño o actividad del equipo, por ejemplo: horas operadas, unidades producidas, kilómetros (Kms) recorridos, etc. En este punto se concentran los mantenimientos preventivos.

***Figura 28.*** Ventana registro de las variables de control del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Crear Paquete PM**, al presionar este botón me aparecerá la siguiente ventana en la cual es posible crear, actualizar/ modificar o eliminar un paquete de mantenimiento preventivo.

  **Para registrar** un nuevo paquete de mantenimiento (o grupo de actividades) es necesario registrar estas actividades mediante el campo actividad, acá se ingresará actividad por actividad y luego dar clic en agregar para que la actividad sea agregada al paquete de mantenimiento que se viene creando, una vez registrada todas las actividades que conforma el paquete de mantenimiento se elige una de las opciones de la variable de control al cual se registrara dicho paquete PM, después se le da un nombre descriptivo al paquete de mantto y por último se da clic en el botón “Registrar”.

**Para ver el historial** de paquetes de mantenimiento creados basta con hacer clic en el botón “Historial” luego aparecerá una ventana en la cual está todo el histórico de paquetes de mantenimiento creados hasta la fecha, para seleccionar uno de ellos basta con hacer doble clic sobre una de las opciones y eso sería todo, ahora mismo toda la lista de actividades pertenecientes al paquete seleccionado ya está en el formulario de trabajo.

**Para actualizar** un registro primero se debe elegir uno de los paquetes del historial de paquetes de mantenimiento registrados en el aplicativo mediante el botón historial, después se puede agregar o quitar actividades del paquete PM también se puede cambiar el nombre descriptivo, luego se da clic en el botón actualizar. Es importante indicar que en este escenario si se da clic en registrar el programa registrará una copia del paquete PM seleccionado con un nombre clave consecutivo al último registrado en la variable de control seleccionado.

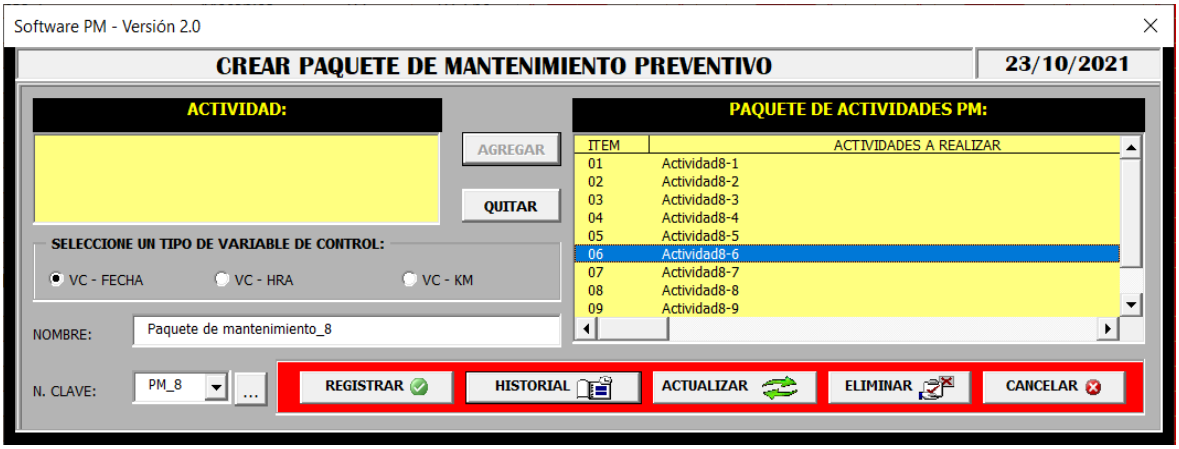
**Para eliminar** un registro del historial de paquetes PM, basta con elegir un registro mediante el botón historial y luego dar clic en el botón eliminar y listo con esta operación el registro ha sido eliminado. Al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro el cual deseo eliminar, luego le doy aceptar y el registro es eliminado del aplicativo. Este botón me permite eliminar un registro que previamente ha sido seleccionado del historial de paquetes de mantenimiento. Es importante indicar que una vez eliminado el registro seleccionado también se elimina de la base de datos del programa PMP, de esta manera no se tendrá un histórico de los registros que han sido eliminados.

**Mediante los botones agregar y quitar** es posible agregar actividades a la lista de actividades que se viene creando o modificando y así mismo también es posible quitar actividades de mantenimiento de la lista de actividades que se viene creando o modificando.

**La lista de opciones** sirve para clasificar a los paquetes de mantenimiento por su variable de control la cual puede ser por fechas, horas o kilómetros trabajados.

**Y el botón cancelar** sirve para restablecer el formulario al estado inicial, la "x" en el extremo superior derecho se utiliza para cerrar el formulario (UserForm) o la ventana de trabajo.

***Figura 29.*** Ventana crear paquete de mantenimiento del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

En este contexto es importante indicar algunos conceptos que se complementa a la información ya mencionada y que son muy importantes a la hora de planificar un mantenimiento preventivo porque ayuda al Usuario a saber cómo se crean los planes de mantenimiento o en que están basados al momento de estos ser creados o modificados.

**Creación de Paquetes:** La Jerarquía de cada paquete de mantenimiento define la prioridad de ejecución, es decir si las frecuencias indicadas se llegan a superponer en un intervalo de toma, se ejecutaría el de mayor jerarquía previamente definido. Es muy importante que al momento de crear los paquetes de mantenimiento estos sean creados estratégicamente, por ejemplo, si a los 250 Hrs de trabajo se realiza el cambio de aceite entonces a las 500 Hrs no solo se cambiara aceite sino se agregaran otras actividades.

**Detalle de cómo se deben crear los paquetes de mantenimiento en el programa de mantenimiento PMP**

**PM1:** Cambiar aceite, cambiar filtro de aire, verificar líquido de frenos.

**PM2:** Cambiar aceite, cambiar filtro de aire, verificar líquido de frenos, ajustar fajas, Verificar que no exista presencia de humedad en el circuito e instalar reguladores de tensión.

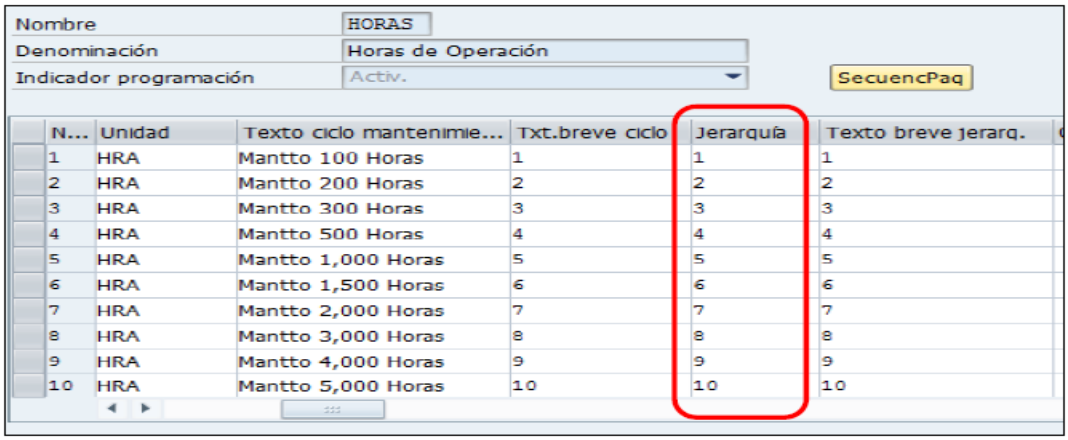
**PM3:** Cambiar aceite, cambiar filtro de aire, verificar líquido de frenos, Realizar un chequeo de la fuente de alimentación de la máquina, Realizar un chequeo de las condiciones de los resortes de los botones de mando.

**PM4:** Cambiar aceite, cambiar filtro de aire, verificar líquido de frenos, ajustar fajas, Verificar que no exista presencia de humedad en el circuito e instalar reguladores de tensión, Verificar el buen funcionamiento de la memoria del PLC, Realizar un chequeo de los niveles de temperatura en la tarjeta electrónica, Comprobar que las conexiones estén bien sujetas en las luces piloto, Comprobar el buen funcionamiento de los protectores termo-magnéticos.

- PM1: se va a realizar cada 250 Hrs de trabajo del equipo.
- PM2: se va a realizar cada 500 Hrs de trabajo del equipo.
- PM3: se va a realizar cada 750 Hrs de trabajo del equipo.
- PM4: se va a realizar cada 1000 Hrs de trabajo del equipo.

**Importante:** es importante crear de esta manera los paquetes de mantenimiento por ejemplo uno pensaría que el PM1 también se debería ejecutar a las 500 Hrs de trabajo y la verdad es que si pero las actividades contenidas en PM1 están incluidas en PM2, también alguien puede decir que PM2 debería ejecutarse a las 1000 Hrs de trabajo y la verdad es que tienen razón pero si revisamos bien las actividades de mantenimiento que contiene cada paquete nos vamos a dar cuenta que las actividades de mantenimiento del PM2 están incluidas en el PM4 y de esta manera evitamos llenarnos de variables o paquetes de mantenimiento y solo nos concentramos en crear muy bien los paquetes de mantenimiento y cuando uno es múltiplo de otro simplemente incluir esas actividades en el de mayor jerarquía.

***Figura 30.*** Registros de paquetes de mantenimiento.



Nombre: HORAS
Denominación: Horas de Operación
Indicador programación: Activ.
SecuencPaq

| N... | Unidad | Texto ciclo mantenimie... | Txt.breve ciclo | Jerarquía | Texto breve jerarq. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | HRA | Mantto 100 Horas | 1 | 1 | 1 |
| 2 | HRA | Mantto 200 Horas | 2 | 2 | 2 |
| 3 | HRA | Mantto 300 Horas | 3 | 3 | 3 |
| 4 | HRA | Mantto 500 Horas | 4 | 4 | 4 |
| 5 | HRA | Mantto 1,000 Horas | 5 | 5 | 5 |
| 6 | HRA | Mantto 1,500 Horas | 6 | 6 | 6 |
| 7 | HRA | Mantto 2,000 Horas | 7 | 7 | 7 |
| 8 | HRA | Mantto 3,000 Horas | 8 | 8 | 8 |
| 9 | HRA | Mantto 4,000 Horas | 9 | 9 | 9 |
| 10 | HRA | Mantto 5,000 Horas | 10 | 10 | 10 |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

***Figura 31.*** Secuencia de paquetes de mantenimiento.

**Secuencia de paquete**

Back | Fechas anteriores | Otras fechas

Estrategia: HORAS — Horas de Operación

| Pq | Texto ciclo | 100 H | 200 H | 300 H | 400 H | 500 H | 600 H | 700 H | 800 H | 900 H | 1000 H | 1100 H | 1200 H | 1300 H | 1400 H | 1500 H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mantto 100 Horas | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | |
| 2 | Mantto 200 Horas | | 2 | | 2 | | | | 2 | | | | | | 2 | |
| 3 | Mantto 300 Horas | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | | |
| 4 | Mantto 500 Horas | | | | | 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | Mantto 1,000 Horas | | | | | | | | | | 5 | | | | | |
| 6 | Mantto 1,500 Horas | | | | | | | | | | | | | | | 6 |

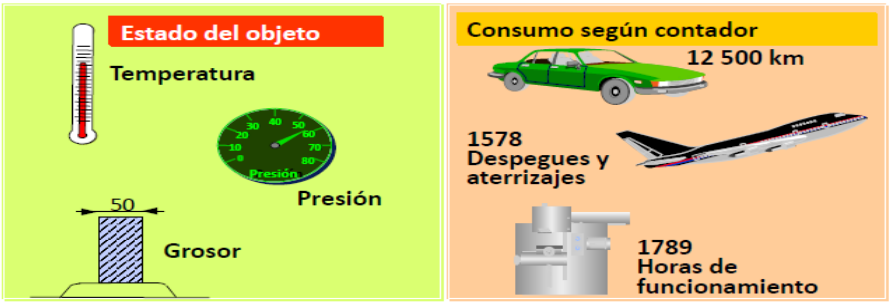
***Fuente*:** Elaboración Propia.

Las variables de control se clasifican en:

**Puntos de Medida:** Son valores no acumulativos y permiten registrar la medición actual de un equipo, este tipo de medidas son muy utilizadas para los mantenimientos predictivos por ejemplo llevar un historial de estos puntos de medida para luego realizar un tipo de mantenimiento basado en la condición del equipo, los puntos de medida pueden ser temperatura, amperaje, voltaje, etc.

**Contadores:** Estos son valores acumulativos, los contadores se utilizan para representar el desgaste, el consumo o la vida útil de un equipo (por ejemplo, las horas operadas de un equipo, el kilometraje de un coche o el consumo de un sistema eléctrico).

***Figura 32.*** Representación simbólica del contador e indicador.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.3. Gestión de OT

Antes de detallar el contenido de gestión de órdenes de trabajo, hay que definir ¿qué es una orden de trabajo? Y ¿cuál es su importancia?

**¿Qué es una orden de trabajo?**

Una orden de trabajo es un documento donde se especifican, por escrito, las instrucciones del trabajo o servicio a realizar, no existe un único formato de orden de trabajo, este tipo de documento puede adaptarse dependiendo de las características de cada empresa. Las órdenes de mantenimiento o también llamadas ordenes de trabajo conocido muchas veces por sus siglas "OT" se generan a partir de un plan de mantenimiento. Son actividades rutinarias de mantenimiento para las cuales se tiene previsto y establecido una frecuencia de ejecución.

**¿Por qué es tan importante una Orden de Trabajo?**

Una orden de trabajo es un tipo de documento de carácter legal que respalda tanto al cliente como a la empresa que presta el servicio, ante cualquier reclamo o inconveniente, un formulario de orden de trabajo puede llegar a ser una garantía en caso de reclamaciones, tanto por parte de los clientes como de los responsables de la empresa. Es muy importante especificar todos los detalles en una orden de trabajo para evitar malentendidos entre las partes.

Volviendo al funcionamiento del aplicativo, indicar que al hacer clic en el módulo "Gestión OT", este me direcciona a una hoja la cual tiene una tabla y está conformada por los siguientes campos:

- **Fecha a ejecutar**, es la fecha programada para realizar el mantenimiento preventivo del equipo.
- **Código del equipo**, La codificación en equipos es el proceso mediante el cual se asigna un identificador único a cada equipo, producto, ítem o sistema dentro de una empresa. La empresa puede tener una o más instalaciones y sus equipos pueden ser pocas decenas o miles de ellos. La codificación industrial identifica no sólo equipos físicos tangibles, sino también elementos no tangibles como puede ser el software. También se pueden codificar zonas o áreas funcionales, como por ejemplo 'Líneas de Envasado de Botellas'.
- **Descripción**, es una breve descripción del equipo dado que el código no me dice exactamente de qué equipo o maquina se trata entonces el campo descripción me da esa información que se complementa al código del equipo.
- **Prioridad**, este campo me indica la importancia del mantenimiento la cual puede ser muy alta, alta, media y baja.
- **Actividad**, este campo indicara el conjunto de actividades a realizar si se ingresaron de forma manual dichas actividades de lo contrario me indicara un nombre descriptivo del paquete PM.
- **Puesto de trabajo responsable**, es quien será el responsable de ejecutar dicha intervención de mantenimiento, puede ser el mecánico, electricista, electrónico, etc.
- **Status de la OT**, me indica en qué estado se encuentra actualmente la orden de mantenimiento o también llamada orden de trabajo conocida muchas veces por las siglas "OT".

- **Fecha de ejecución**, es la fecha en que realmente el equipo fue intervenido y esta puede o no coincidir con la fecha programada, si se cumple la programación entonces la fecha programada será igual a la fecha ejecutada de lo contrario serán diferentes, también es importante indicar que estas órdenes de mantenimiento pueden ser reprogramadas si el usuario así lo requiere.
- **Tipo de mantenimiento**, en este caso cuando es un mantenimiento programado el aplicativo le da un tipo de mantenimiento preventivo y cuando se realiza una acción de mantto no programado el aplicativo da la opción de elegir el tipo de mantto.
- **Técnicos**, en este campo se registran los nombres de los técnicos u operarios encargados de realizar el mantenimiento preventivo del equipo. Es importante indicar que cada nombre va separado de un punto y coma.
- **Repuestos**, en este campo van registrados todos los repuestos que se utilizaran en la intervención de mantenimiento preventivo del equipo.

***Figura 33.*** Gestión de órdenes de trabajo del aplicativo.

PMP - Desarrollador De Software R@mos

GESTIÓN DE ORDENES DE TRABAJO | GESTIÓN DE ORDENES DE TRABAJO

ELIMINAR OT | CERRAR OT | REPROGRAMAR | LIBERAR OT | AGREGAR OT NO PROG.

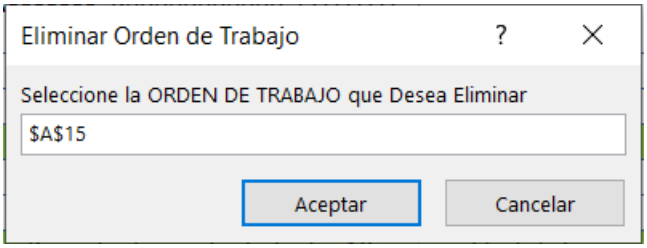
| Fecha a Ejecutar | Codigo del Equipo | Descripcion | Prioridad | Actividad | Pst Tbjo Responsable | Status de OT | #OT | Fecha de Ejecución | Tipo de Mantto | Tecnicos | Repuestos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28/10/2021 | EXC-XX002 | Excavadora | Alta | Paquete de mantenimiento_6 | Mecánico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | EXC-XX002 | Excavadora | Muy Alta | Aaaaaaaa; Bbbbbbbbbbbb; Ccccccccc; Ddddddddddddd | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-224 | Congeladora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-225 | Congeladora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-226 | Cámara refrigerada dual, tipo | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Liberada | 18 | 23/10/2021 11:01:27 a. m. | Preventivo | Camilo Mora Muñoz | Valvula de escape; Radiador de aluminio |
| 25/10/2021 | EQ-228 | Vitrina exhibidora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-229 | Vitrina exhibidora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-230 | Vitrina exhibidora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Liberada | 19 | 23/10/2021 11:02:01 a. m. | Preventivo | Donaciano Merino Aguilar | Gas refrigerante R134a; Control remoto |
| 25/10/2021 | EQ-231 | Ropero dual | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-240 | Cámara refrigerada dual, tipo | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EQ-241 | Cámara refrigerada dual, tipo | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Electrónico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 14/10/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 26/10/2021 | VOL-XX003 | Camión Volquete | Baja | Paquete de mantenimiento_20 | Otros | Abierta | | | Preventivo | | |
| 26/09/2021 | EXC-XX002 | Excavadora | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 28/10/2021 | CAR-XX001 | Cargador frontal | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 26/10/2021 | TRA-XX001 | Tractor de orugas | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | CAM- | Camioneta | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 26/10/2021 | VOL-XX004 | Camión Volquete | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 25/10/2021 | EXC-XX004 | Excavadora | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 26/10/2021 | EXC-XX005 | Excavadora | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 28/06/2021 | CAR-XX003 | Cargador frontal | Muy Alta | Mantenimiento de 250 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 01/09/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | Muy Alta | Mantenimiento de 1000 hrs | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | Alta | Paquete de mantenimiento_6 | Mecánico | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_24 | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | VOL-XX003 | Camión Volquete | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Eléctricista | Abierta | | | Preventivo | | |
| 27/10/2021 | VOL-XX003 | Camión Volquete | Muy Alta | Paquete de mantenimiento_10 | Eléctricista | Liberada | 20 | 23/10/2021 11:02:34 a. m. | Preventivo | Gustavo Perez Gonzalez | Aspersores; Bomba de vacio; Tuberia de bronce |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

También podemos apreciar en la imagen superior que el módulo “Gestión OT”, está conformada por botones (macros), cada uno de ellos realiza una acción diferente, de los cuales se detalla a continuación:

- **Eliminar OT**, al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro el cual deseo eliminar, una vez seleccionado el registro le doy aceptar y el registro es eliminado del aplicativo. Importante indicar que las ordenes de trabajo que son eliminadas tienen un proceso irreversible de tal manera que no es posible recuperar el registro que ha sido eliminado, el aplicativo ha sido diseñado de tal forma que al cerrar el aplicativo los cambios se guardan de forma automática, esto quiere decir que no saldrá la ventana típica de Windows diciendo si desea o no guardar los cambios.

***Figura 34.*** Eliminar OT del aplicativo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Reprogramar**, al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro luego de seleccionar el registro le doy clic en aceptar y aparecerá el siguiente formulario el cual me permite reprogramar las ordenes de mantenimiento que superaron a la fecha programada. En el panel gestión de órdenes de trabajo, las ordenes que no fueron ejecutadas en sus respectivas fechas programadas las pone

de un color rojo, esto me indica que es de prioridad ejecutar cuanto antes dichas ordenes de trabajo.

La reprogramación se realiza mediante una macro, al dar clic en los 3 puntos me aparece un calendario luego selecciono la fecha de reprogramación para la orden de trabajo y después le doy clic en el botón reprogramar, listo una vez hecho todo lo anterior la orden ha sido reprogramada para una nueva fecha.

***Figura 35.*** Ventana reprogramación de OT del aplicativo

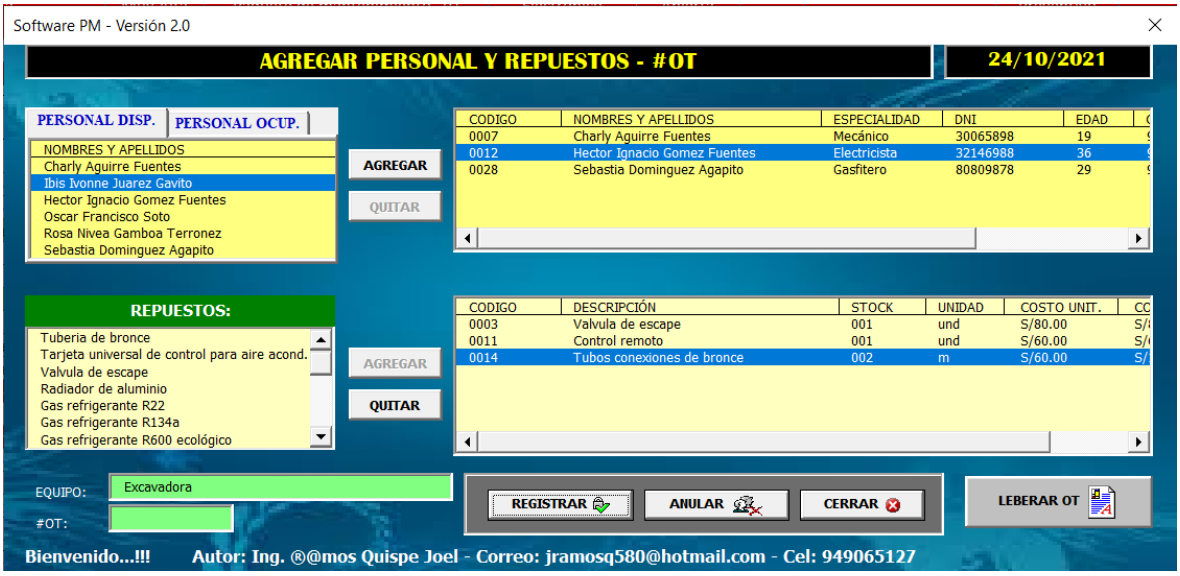
***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Liberar OT**, al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro luego de seleccionar el registro le doy clic en aceptar y aparecerá el siguiente formulario el cual me permite agregar el personal encargado de ejecutar la orden de trabajo y los repuestos que se utilizaran en dicha orden. Es importante indicar que la macro cuenta con dos listas de personal una lista es del personal disponible ósea los que no están asignados a ninguna orden mientras que la otra lista es del personal ocupado, estos están asignados a una orden y en la macro me indica a que orden ha sido asignada cada uno de los técnicos ocupados.

Una vez que se ha seleccionado el personal y los materiales se procede a registrar la operación una vez registrado se habilita el botón de “Liberar OT” se da clic en ese botón el cual me permite liberar la orden, después aparecerá un menaje diciendo que la orden numero ## ha sido liberada con éxito, el número de la orden lo genera el aplicativo de forma automática estos son números correlativos e irrepetibles.

El botón eliminar me permite restablecer el formulario al estado inicial, pero esto solo es posible mientras no se haya liberado la orden, de lo contrario no solo no es posible, sino que el botón eliminar queda deshabilitado (disabled). Y el botón cerrar que sirve para cerrar el formulario.

***Figura 36.*** Ventana liberar OT del aplicativo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Cerrar OT**, al presionar este botón me va a pedir que seleccione un registro luego de seleccionar el registro le doy clic en aceptar y aparecerá el siguiente formulario el cual me permite cerrar la orden de trabajo, pero esto solo es posible si antes la orden ya ha sido liberada de caso contrario esta operación queda inhabilitada, de

ser el caso que la orden ya ha sido liberada entonces aparecerá un formulario, aquí antes de cerrar la orden puedo editar los técnicos que realizaron la orden y los materiales que han sido utilizados en la intervención de mantenimiento, esta operación se realiza mediante el botón editar del formulario.

una vez realizado todo lo anterior se procede a cerrar la orden de trabajo, si orden a cerrar se trata de un mantenimiento con variable de control Hora o Kilometro entonces me va a pedir que ingrese el valor actual del contador para registrarlo en el sistema de no ser el caso esto no será necesario. Al cerrar la orden de trabajo aparecerá un mensaje informativo indicando que la orden ha sido cerrada con éxito con un numero de orden ##, este número es el mismo que le asigno el aplicativo a la orden al momento de liberarlo. Importante indicar que al momento de cerrar la orden todos los registros de dicha orden viajan a la hoja historial de órdenes de trabajo, allí se registra los costos de la orden y el tiempo de ejecución o demora.

***Figura 37.*** Ventana cerrar OT del aplicativo

***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **Agregar OT No Prog.**, al presionar este botón me aparecerá el siguiente formulario el cual me permite registrar una orden de mantenimiento no programada, este tipo de operación mayormente se da para los mantenimientos correctivos sin embargo también se puede dar para un mantenimiento preventivo. Para entender mejor estos términos hay que definir que es un mantenimiento preventivo y correctivo.

**¿Qué es un Mantenimiento Preventivo?**

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento planeado o planificado que es llevado a cabo según el programa de tiempo especificado. Y esto se desprende de un plan de mantenimiento además de acá se puede identificar la necesidad de requerir acciones de mantenimiento correctivo, muchas veces los mantenimientos correctivos tuvieron origen en un mantenimiento preventivo.

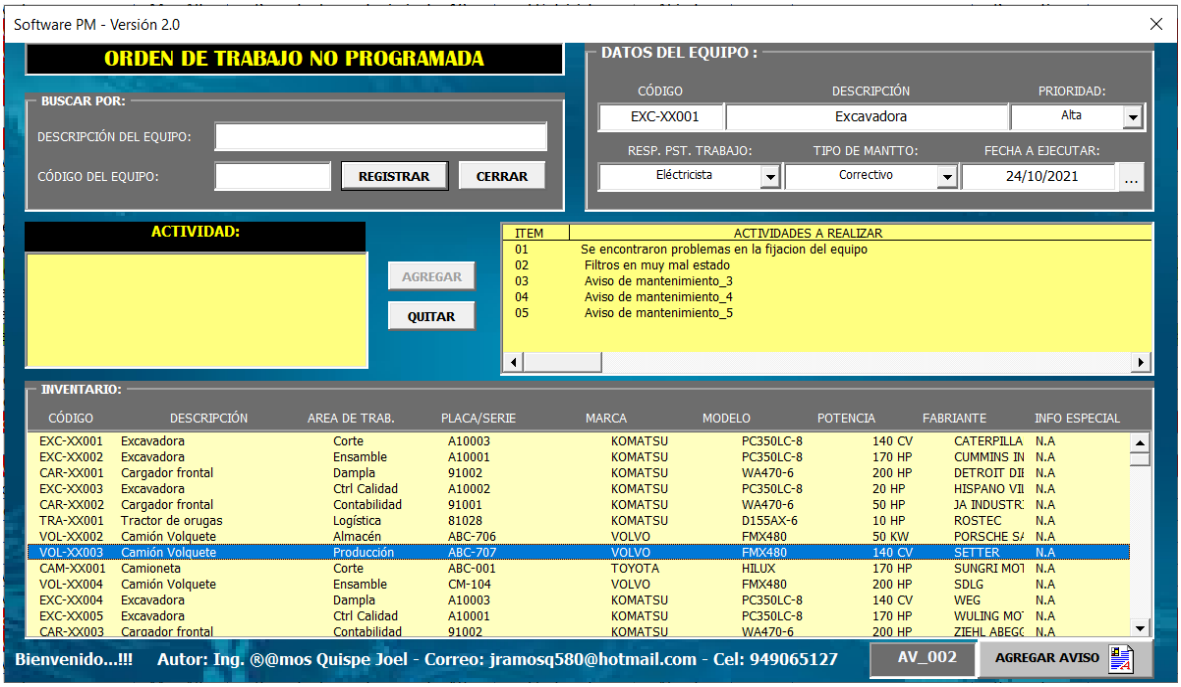
Según la norma ISO 14224, los mantenimientos planificados o programados son considerados mantenimientos preventivos y se pueden dar cuando en equipo está operando o cuando está en un estado de parada, pero es un estado de parada planificado el cual no afecta ni condiciona la producción de la empresa, si estos mantenimientos se dan en un horario en que el equipo es requerido entonces si afecta la disponibilidad del equipo de caso contrario no.

**¿Qué es un Mantenimiento Correctivo?**

Es un mantenimiento que es llevado a cabo después de la detección de una falla hasta completar la restauración del equipo, ósea que es un tipo de mantenimiento no programado porque las fallas no están programadas para suceder en un

determinado instante, estas son aleatorias y perjudiciales para el equipo y la empresa. Según la norma ISO 14224, los mantenimientos no planificados o no programados son considerados mantenimientos correctivos y llevan al equipo a un estado de parada, lo cual afecta y condiciona la producción de la empresa y también afecta la disponibilidad del equipo.

***Figura 38.*** Ventana OT no programadas aplicativo – mantenimiento correctivo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

**Aviso de Mantenimiento:**

Una orden de mantenimiento no programada se puede originar desde un aviso de mantenimiento, mediante el botón “Agregar Aviso” se selecciona un aviso del historial de avisos que tiene registrado el aplicativo hasta ese entonces y se da doble clic en uno de los registros de aviso y toda la información que tiene el aviso se carga al formulario

de orden de trabajo no programada, luego se completa la información de los campos que conforman el formulario y se da clic en registrar.

Una vez realizado todo lo anterior el aviso ha sido convertido en una orden de trabajo y en el historial de avisos se asignó un numero de OT al aviso todo esto para identificar que el aviso ha sido asignado a una orden de trabajo en específico y al momento de liberar y cerrar la orden de trabajo saldrá en las ordenes, primero que la orden ha sido creada a través de un aviso con un numero tanto de aviso como de orden de trabajo y también saldrá que se trata de una orden de trabajo no programada.

**Botones del formulario OT No Prog.**

- **El botón agregar** me permite agregar actividades de mantenimiento registradas en el formulario.
- **El botón quitar** me permite quitar actividades de mantenimiento registradas en el formulario.
- **Botón Registrar**, este botón es el encargado de almacenar los registros en la base de datos del programa PMP. Una vez ingresada toda la información que requiere el formulario se procede a almacenarla en la base de datos del programa para sus posteriores consultas que se requiera hacer sobre el registro en cuestión. El programa PMP está diseñado para validar la información que se ingresa esto con el propósito de obtener al final los resultados esperados porque de NO validar la información se estaría almacenando registros vacíos, códigos repetidos, campos incongruentes con el tipo de datos para el que ha sido diseñado, etc.
- **Y el botón cerrar** me permite cerrar el formulario.

***Figura 39.*** OT no programada – aviso de mantenimiento del aplicativo

***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.4. Variable de Control

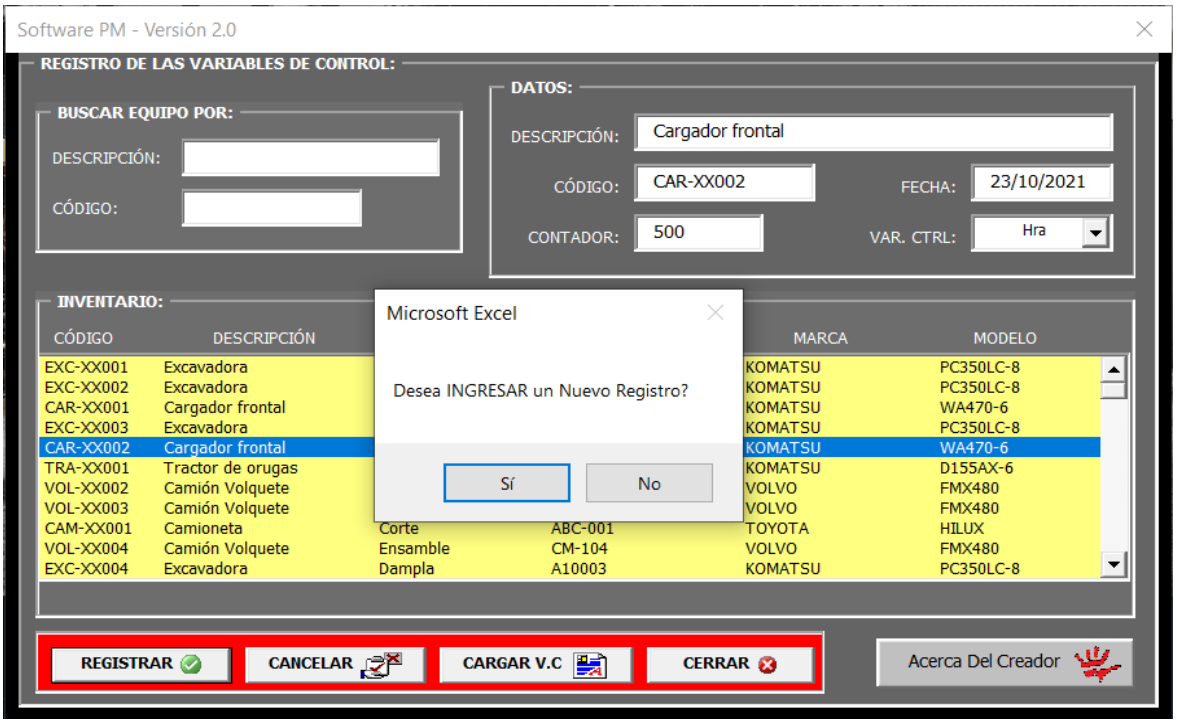
Este módulo está conformado por dos sub botones uno de ellos es para ingresar a través de una macro los contadores actuales de los equipos, esta data es muy importante porque de acuerdo a estos datos los planes de mantenimiento que utilizan estas variables de control (VC) se actualizan y lanzaran la orden de mantenimiento al panel gestión de órdenes de trabajo de ser necesario.

El siguiente sub botón me va a direccionar a una hoja en la cual está todo el historial de las variables de control que se han ingresado hasta la fecha. Es importante indicar que los contadores ingresados deben de ser siempre mayor o igual al último contador ingresado de su respectivo equipo, de caso contrario estos registros no aparecerán en la hoja historial de variables de control, el aplicativo está diseñado para validar en todo instante la información

ingresada dado que registrar un valor del contador menor al último es un indicador de error y aparecerá un mensaje de error indicando lo explicado.

sin embargo, el aplicativo cuenta con una carpeta llamada “Formatos” y en esta carpeta existe un archivo de Excel en donde es posible ingresar los contadores de los equipos, pero este archivo no valida la información que se ingresa por ende es posible registrar todo tipo de valores y una vez que se han registrado todos los contadores de los equipos es posible subir toda esta información al aplicativo y es allí donde el aplicativo SI VALIDAR LA INFORMACIÓN que carga a su base de datos. Al presionar este botón me aparecerá el siguiente formulario (UserForm) en el que me permite elegir un equipo del inventario e ingresar la lectura actual de su contador este contador puede ser en horas o kilómetros, según el plan de mantenimiento programado.

***Figura 40.*** Ventana registro de las variables de control del aplicativo.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

Las variables de control se clasifican en:

- **Puntos de Medida:** Son valores no acumulativos y permiten registrar la medición actual de un equipo, este tipo de medidas son muy utilizadas para los mantenimientos predictivos por ejemplo llevar un historial de estos puntos de medida para luego realizar un tipo de mantenimiento basado en la condición del equipo, los puntos de medida pueden ser temperatura, amperaje, voltaje, etc.

En este escenario se realizan mantenimientos basados en condiciones medibles.

- Mantenimiento predictivo, este tipo de mantenimiento utiliza los puntos de medida como estrategia de mantenimiento.
- Son valores no acumulativos en el tiempo.
- Mide las condiciones actuales del equipo o activos de la empresa como, por ejemplo: vibración temperatura, presión.

- **Contadores:** Estos son valores acumulativos, los contadores se utilizan para representar el desgaste, el consumo o la vida útil de un equipo (por ejemplo, las horas operadas de un equipo, el kilometraje de un coche o el consumo de un sistema eléctrico).

En este escenario se realizan mantenimientos basados en contadores.

- Mantenimiento preventivo, este tipo de mantenimiento utiliza los contadores como estrategia de mantenimiento.
- Son valores acumulativos en el tiempo.
- Mide el desempeño o actividad del equipo, por ejemplo: horas operadas, unidades producidas, kilómetros (Kms) recorridos, etc.

***Figura 41.*** Historial de las variables de control del aplicativo

PMP - Desarrollador De Software R@mos

REGISTRO DE LAS VARIABLES DE CONTROL DE LOS EQUIPOS

ELIMINAR REG.

| Fecha_Regist | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | PLACA/SERIE | MARCA | MODELO | V.C | Contador | Diferencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Hra | 200 | 200 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 200 | 200 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 200 | 0 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 500 | 300 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 500 | 0 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 700 | 200 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 900 | 200 |
| 29/09/2021 | CAR-XX002 | Cargador frontal | 91001 | KOMATSU | WA470-6 | Km | 1000 | 100 |
| 04/10/2021 | EXC-XX002 | Excavadora | A10001 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 10 | 10 |
| 04/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 500 | 500 |
| 04/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 500 | 0 |
| 04/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 600 | 100 |
| 05/10/2021 | EXC-XX003 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 200 | 200 |
| 05/10/2021 | EXC-XX003 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 250 | 50 |
| 05/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | A10003 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 800 | 200 |
| 05/10/2021 | CAR-XX003 | Cargador frontal | 91002 | KOMATSU | WA470-6 | Hra | 50 | 50 |
| 08/10/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 250 | 250 |
| 08/10/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 500 | 250 |
| 08/10/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 500 | 0 |
| 08/10/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 750 | 250 |
| 08/10/2021 | EXC-XX006 | Excavadora | A10002 | KOMATSU | PC350LC-8 | Hra | 750 | 0 |
| 08/10/2021 | EQ-320 | Camara de conservacion | Cd moquegua | SIEMENS | KULTHORN AE2428ZK | Hra | 7850 | 7850 |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.5. Aviso PM

Conceptos previos antes de explicar el contenido del módulo “Aviso PM”.

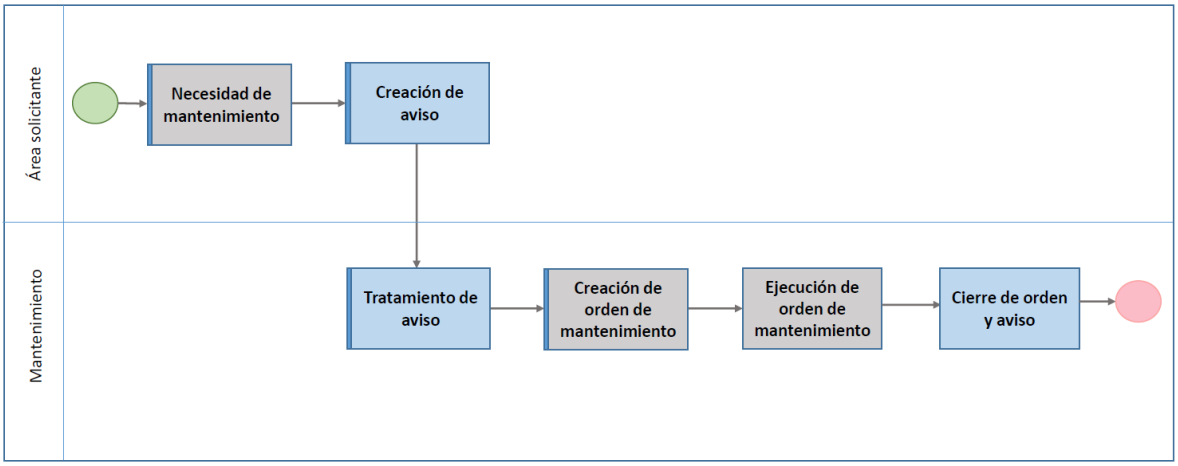
**¿Qué es un aviso de mantenimiento?**

Documento que consiste en realizar una solicitud de trabajo, servicio o condición sub estándar de los distintos procesos de producción. Dentro de un aviso se pueden indicar si hubo un paro de funcionamiento y los tiempos, así como la fecha y hora de inicio, la fecha y hora de fin, las causas y daños en una instalación o equipo se reportan a través de códigos.

Los avisos de mantenimiento permiten documentar las medidas de mantenimiento por completo. También les confieren disponibilidad en vistas a un análisis a largo plazo. Se pueden utilizar para ejecutar planificaciones y ejecuciones preliminares de medidas.

A continuación, se muestra una imagen que representa el proceso desde su origen hasta el cierre técnico de una orden de mantenimiento u orden de trabajo.

***Figura 42.*** Proceso de tratamiento de la OT desde su creación hasta su cierre técnico




***Fuente*:** Elaboración Propia.

**Veamos Un Ejemplo Práctico De Un Aviso De Mantenimiento.**

Las ordenes de trabajo lo generan las personas autorizadas en el área de mantenimiento mientras que en los avisos de mantenimiento no siempre es así, por ejemplo:

En una planta o empresa el operador encargado del funcionamiento del equipo se ha percatado que el equipo presenta manchas de aceite en el motor, algo inusual de presenciar entonces el operador puede realizar un aviso de mantenimiento solicitando que vengan a intervenir al equipo en cuestión pero en dicha solicitud no solo va la solicitud sino también se puede detallar lo observado y así quedar esto documentado en un historial para después realizar un análisis más exhaustivo del caso como puede ser un análisis causa raíz del equipo "RCA" o una auditoria sobre ciertos activos de la planta, en conclusión es importante gestionar correctamente estos documentos porque son pieza clave para los análisis.

***Figura 43.*** Aviso de mantenimiento del aplicativo

OSM

AVISO DE MANTTO

EMPRESA ON - SITE MAINTENANCE

On-Site Maintenance | N° | AV_001

| MAQUINA | | EMISIÓN | |
|---|---|---|---|
| CÓDIGO: | EXC-XX003 | N° AVISO | AV_001 |
| DESCRIPCIÓN: | Excavadora | N° OT | - |
| | | TIPO DE MANTTO: | Correctivo |
| PRIORIDAD: | N.A | FECHA EMISION: | 04/10/2021 |
| STATUS | N.A | FECHA DE EJECUCIÓN: | - |
| AUTORIZA: | ON - SITE MAINTENANCE | EJECUTA: | PERSONAL DE MANTENIMIENTO |
| CARGO: | Supervisor | CARGO: | Tecnicos |

TAREAS A EJECUTAR

| N° | REGISTRO DE ACTIVIDADES |
|---|---|
| 01 | Se encontraron fallas en la faja transportadora |
| 02 | Manchas de aceite en el motor |
| 03 | Aviso de mantenimiento_1 |
| 04 | Aviso de mantenimiento_2 |
| 05 | Aviso de mantenimiento_3 |
| 06 | Aviso de mantenimiento_4 |
| 07 | ---------- |
| 08 | ---------- |
| 09 | ---------- |
| 10 | ---------- |



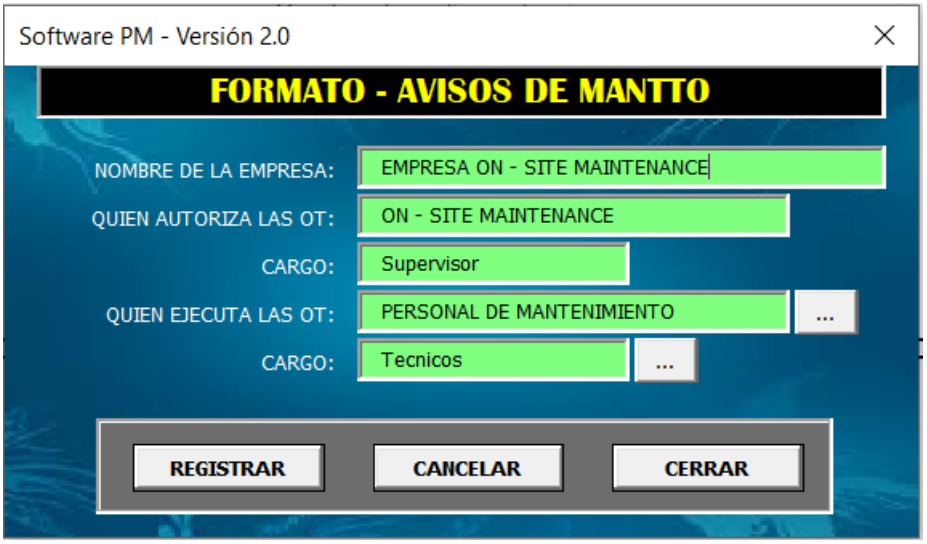
***Fuente*:** Elaboración Propia.

**Funcionamiento del Aplicativo:**

Volviendo a la explicación del funcionamiento del aplicativo, al hacer clic en el módulo "Aviso PM" me direcciona a una hoja en donde se encuentra el formato del aviso también se puede apreciar en la imagen que este formato de aviso cuenta con cuatro (4) botones de acción (macro) de los cuales se pasa a detallar el funcionamiento de cada uno de ellos.

- **El botón menú,** me permite regresar al panel del menú inicio del aplicativo.
- **El botón editar,** me permite cambiar algunos campos del aplicativo como lo son nombre de la empresa, nombre y cargo de quien autoriza, nombre y cargo de quien emitió el aviso de mantenimiento.

***Figura 44.*** Configuración del formato – Aviso PM



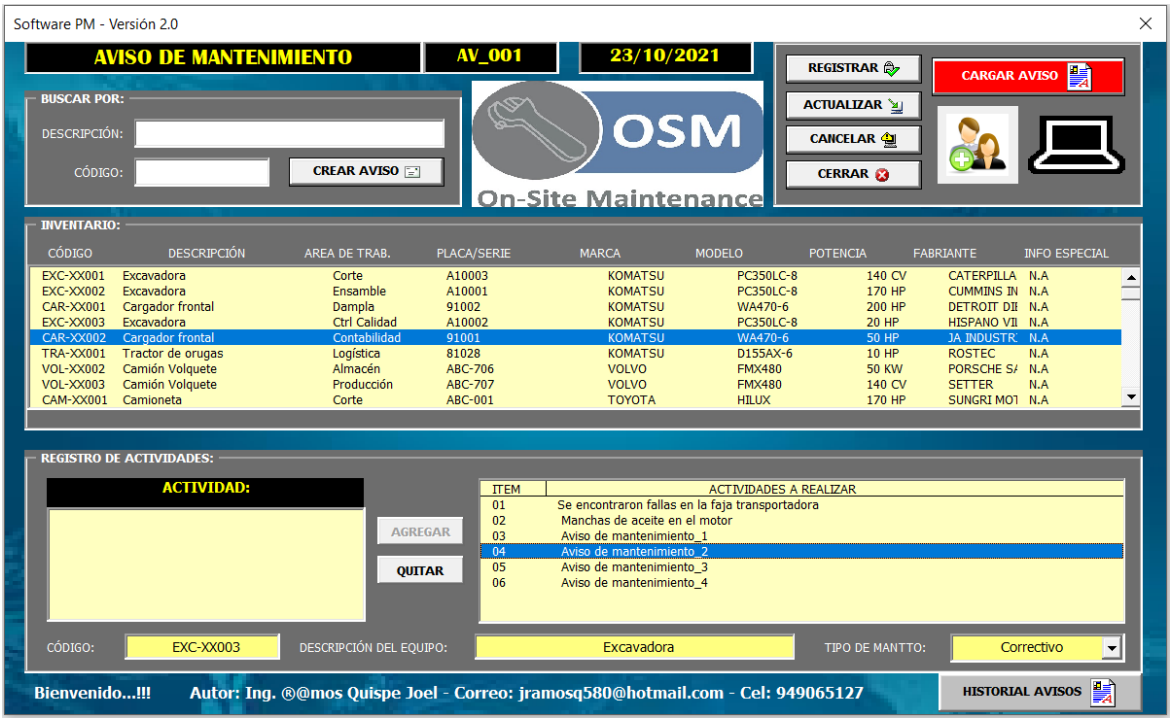

***Fuente*:** Elaboración Propia.

- **El botón Historial,** me direcciona a una hoja en donde se encuentra el historial de los avisos de mantenimiento, aquí se encuentran todos los avisos registrados hasta la fecha.
- **Y el botón en forma de piñón,** me permite crear un aviso de mantenimiento, al presionar este botón me aparece el siguiente formulario, en el puedo realizar muchas cosas tales como crear, actualizar y cargar un aviso de mantenimiento.

  - **Botón registrar**, una vez ingresada toda la información que requiere el aviso para ser creado se procede a registrar el aviso mediante este botón, el aplicativo está diseñado para no registrar ningún aviso con campos de información vacíos, su manejo del aplicativo es muy sencillo porque en todo instante va diciendo que información es necesaria para proceder con la operación a través de mensajes informativos a todo esto en programación se le llama validación de la información y este aplicativo lo tiene.

- **Botón actualizar**, este botón me permite actualizar un aviso de mantenimiento que anteriormente ya ha sido registrado.
- **Botón cancelar,** este botón restablece el formulario al estado inicial, es muy diferente al botón cerrar.
- **Botón cerrar,** este botón me permite cerrar el formulario en cuestión, también se puede utilizar el icono de "x" ubicado en la parte superior derecha del formulario para cerrar el formulario.
- **Botón cargar aviso,** este botón me permite subir o cargar al aplicativo un aviso que anteriormente ya ha sido creado mediante el formato de Excel "Aviso_PM" ubicado en la carpeta formatos del aplicativo, al cargar el aviso se aloja en la base de datos del aplicativo y se puede ver mediante el botón "historial avisos".

***Figura 45.*** Ventana crear aviso de mantenimiento del aplicativo




***Fuente*:** Elaboración Propia.

También es importante saber que una orden de mantenimiento no programada se puede originar desde un aviso de mantenimiento, mediante el botón “Agregar Aviso” se selecciona un aviso del historial de avisos que tiene registrado el aplicativo hasta ese entonces y se da doble clic en uno de los registros de aviso y toda la información que tiene el aviso se carga al formulario de orden de trabajo no programada, luego se completa la información de los campos que conforman el formulario y se da clic en registrar.

Una vez realizado todo lo anterior el aviso ha sido convertido en una orden de trabajo y en el historial de avisos se asignó un numero de OT al aviso todo esto para identificar que el aviso ha sido asignado a una orden de trabajo en específico y al momento de liberar y cerrar la orden de trabajo saldrá en las ordenes, primero que la orden ha sido creada a través de un aviso con un numero tanto de aviso como de orden de trabajo y también saldrá que se trata de una orden de trabajo no programada.

### 4.8.6. Reportes

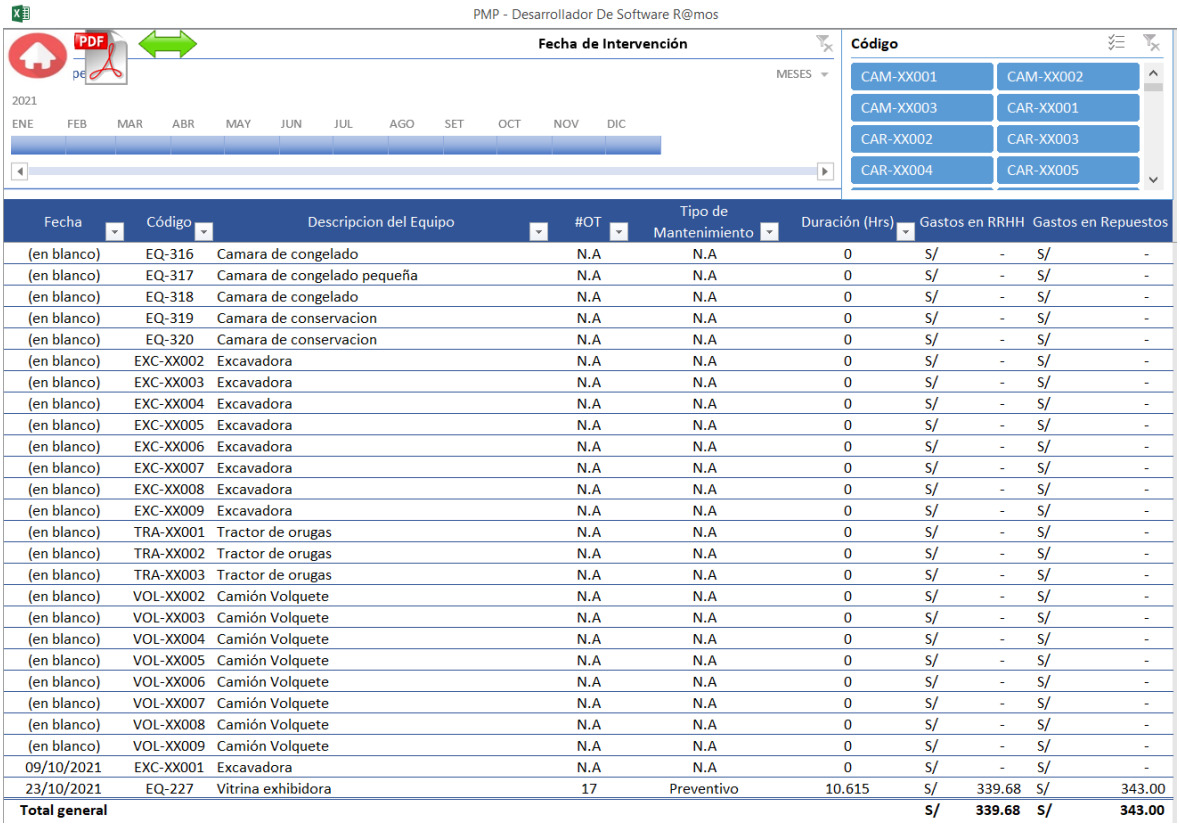
Al hacer clic en el módulo “Reportes” me direcciona a una hoja en donde se encuentra una tabla dinámica con una escala de tiempo y un filtro con segmentación de datos, todo este conjunto hace que esta hoja sea una de las más importantes del aplicativo porque me permite emitir reportes de los gastos que se vienen dando tanto en los mantenimientos programados como no programados de los equipos y en una fecha en específico. A continuación, se detalla el funcionamiento de cada uno de ellos:

- **Escala de tiempo:** esta maravillosa herramienta de Excel me permite filtrar de una manera rápida y sencilla los registros donde es posible ver los datos de una fecha

en específico o todos los registros, también se puede ver por meses, trimestres y anuales.

- **Segmentación de datos,** esta herramienta de Excel me permite filtrar los registros ya sea por cada equipo (selección individual) o por múltiples equipos (selección múltiple), estas consultas se realizan de manera rápida y sencilla, esta opción es muy importante cuando se desea presentar un reporte o un informe de las intervenciones de mantenimiento que ha tenido ciertos activos en un tiempo dado.
- **Tabla dinámica,** esta es una herramienta muy poderosa de Excel la cual me permite realizar múltiples filtros y consultas algo que no es posible con las tablas ordinarias de Excel, por ejemplo, en una tabla ordinaria de Excel no es posible asignar una escala de tiempo, mientras que en una tabla dinámica esto si es posible, algo muy funcional e indispensable cuando se trabaja con datos en donde se trabaja con fechas.
- Aparte de ello tiene 3 botones de acción (macro):
  - Botón menú, es el que tiene forma de casa y sirve para ir al panel de inicio del aplicativo.
  - Botón pdf, sirve para sacar reportes en formato pdf, estos reportes son guardados de forma automática en una carpeta del programa, el nombre de la carpeta es “Reportes”, aquí se encuentran guardados todos los reportes que han sido emitidos hasta la fecha.
  - El botón de la flecha bidireccional, sirve para mostrar el encabezado de la hoja de Excel y así mover las columnas de los registros, esto con el fin de ordenar de mejor manera la información contenida en la tabla.

***Figura 46.*** Historial de las intervenciones de los equipos del aplicativo.




| Fecha | Código | Descripcion del Equipo | #OT | Tipo de Mantenimiento | Duración (Hrs) | Gastos en RRHH | Gastos en Repuestos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (en blanco) | EQ-316 | Camara de congelado | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EQ-317 | Camara de congelado pequeña | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EQ-318 | Camara de congelado | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EQ-319 | Camara de conservacion | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EQ-320 | Camara de conservacion | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX002 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX003 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX004 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX005 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX006 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX007 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX008 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | EXC-XX009 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | TRA-XX001 | Tractor de orugas | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | TRA-XX002 | Tractor de orugas | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | TRA-XX003 | Tractor de orugas | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX002 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX003 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX004 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX005 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX006 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX007 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX008 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| (en blanco) | VOL-XX009 | Camión Volquete | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| 09/10/2021 | EXC-XX001 | Excavadora | N.A | N.A | 0 | S/ - | S/ - |
| 23/10/2021 | EQ-227 | Vitrina exhibidora | 17 | Preventivo | 10.615 | S/ 339.68 | S/ 343.00 |
| **Total general** | | | | | | **S/ 339.68** | **S/ 343.00** |

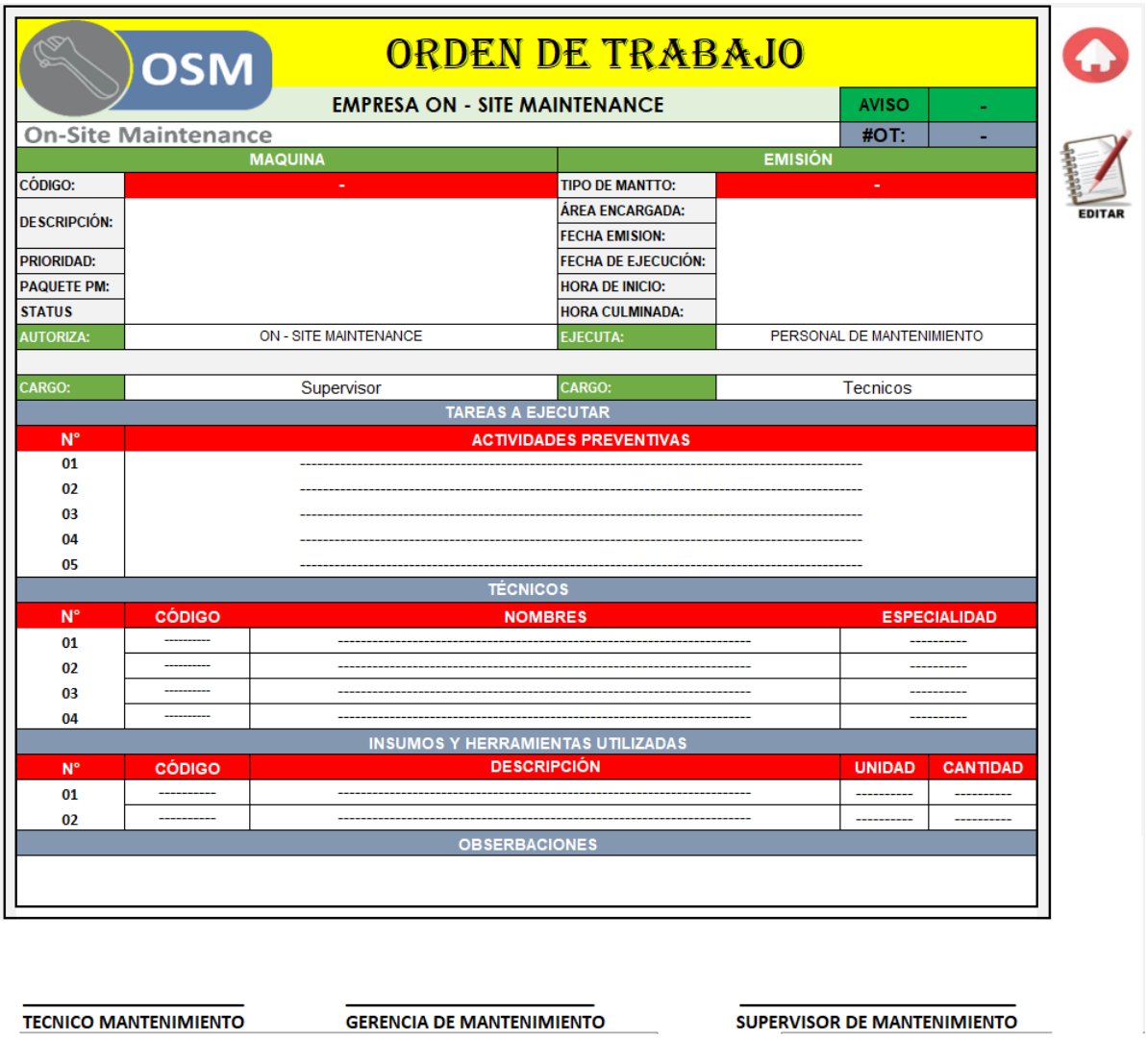
***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.7. Formato de OT

Al hacer clic en el módulo “Formato OT” me direcciona a una hoja en donde se encuentra el formato de la ordenes de trabajo, en donde es posible cambiar los datos de los campos como son: nombre de la empresa, nombre y cargo de quien autoriza las órdenes de trabajo, nombre y cargo de quien ejecuta las ordenes. El formato tiene dos botones una para regresar al menú inicio del programa y el otro botón sirve para editar los campos del formato OT.

El logo de la OT es editable, lo único que hay que hacer es desproteger el programa de mantenimiento PMP y luego ir a la hoja de Excel “FORMATO” seleccionar el logo eliminar y seleccionar otra imagen de cualquier archivo y pegarlo en el formato de OT.

*Figura 47.* Formato de la OT del aplicativo.



OSM

ORDEN DE TRABAJO

EMPRESA ON - SITE MAINTENANCE

On-Site Maintenance

| | |
|---|---|
| AVISO | - |
| #OT: | - |

| MAQUINA | | EMISIÓN | |
|---|---|---|---|
| CÓDIGO: | - | TIPO DE MANTTO: | - |
| DESCRIPCIÓN: | | ÁREA ENCARGADA: | |
| | | FECHA EMISION: | |
| PRIORIDAD: | | FECHA DE EJECUCIÓN: | |
| PAQUETE PM: | | HORA DE INICIO: | |
| STATUS | | HORA CULMINADA: | |
| AUTORIZA: | ON - SITE MAINTENANCE | EJECUTA: | PERSONAL DE MANTENIMIENTO |
| CARGO: | Supervisor | CARGO: | Tecnicos |

TAREAS A EJECUTAR

| N° | ACTIVIDADES PREVENTIVAS |
|---|---|
| 01 | ---------- |
| 02 | ---------- |
| 03 | ---------- |
| 04 | ---------- |
| 05 | ---------- |

TÉCNICOS

| N° | CÓDIGO | NOMBRES | ESPECIALIDAD |
|---|---|---|---|
| 01 | --------- | ---------- | ---------- |
| 02 | --------- | ---------- | ---------- |
| 03 | --------- | ---------- | ---------- |
| 04 | --------- | ---------- | ---------- |

INSUMOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

| N° | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| 01 | ---------- | ---------- | ---------- | ---------- |
| 02 | ---------- | ---------- | ---------- | ---------- |

OBSERBACIONES

EDITAR

TECNICO MANTENIMIENTO | GERENCIA DE MANTENIMIENTO | SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.8. Uso Administrativo

A este módulo solo tienen acceso los usuarios con un status de “Administrador” de esta manera se valida que las únicas personas que puedan realizar ajustes sobre el programa PMP sean Usuarios capacitados, quienes al hacer clic en dicho módulo “Uso Administrativo” aparecerá el siguiente formulario (UserForm) el cual le permite realizar muchas acciones entre ellas:

- **Agregar Usuario**, esta macro permite agregar la cantidad de usuarios que uno requiera y asignar un estatus a cada uno de ellos.
- **Eliminar Usuario,** esta macro permite eliminar o restringir el acceso a usuarios que ya han sido registrados anteriormente, cabe indicar que esta acción solo lo puede realizar un usuario administrativo.
- **Restablecer programa,** esta macro permite borrar toda la información contenida en el aplicativo y dejarlo limpio para volver a trabajar en el (la información borrada corresponde a los inventarios, historial de OT, planes de mantenimiento, etc.).
- **Frecuencia Mínima,** esta macro permite establecer la mínima frecuencia en la ejecución de paquetes de mantenimiento, este valor es muy importante para el aplicativo porque gracias a este valor los planes de mantenimiento credos pueden generar ordenes de trabajo de forma automática, por ejemplo, el aplicativo cuenta con una frecuencia mínima de 250, esto quiere decir que es capaz de generar exactamente 4 650 intervenciones automáticas o que es lo mismo a decir que el aplicativo será capaz de generar 4 650 órdenes de trabajo de forma automática.

  Ahora bien, que pasaría si el valor de frecuencia mínima se establece en 10 (o sea mantenimiento cada 10 horas o km), entonces en este escenario el aplicativo será capaz de generar 50 000 OT para los equipos con una frecuencia de 10 y tan solo será capaz de generar 200 OT para los equipos con una frecuencia de 250 Hra o km, es por eso que es muy importante ingresar un valor apropiado en esta macro.

  Las frecuencias que se manejan en la mayoría de empresas son múltiplos de 250 o 100 como mínimo y en esos escenarios el aplicativo cumple las exigencias sin

ningún problema, además que después de alcanzar el límite de OT generadas se puede volver a crear el plan de mantenimiento para el equipo y empieza nuevamente desde cero.

- **Cargar Inventario,** esta macro subir al aplicativo el inventario de equipos que cada empresa disponga en su momento de forma masiva, para realizar esta acción primero se debe de abrir el archivo Inventario.xlsx ubicado en la carpeta "Formatos" y está desprotegido, en este archivo de Excel es posible realizar un copia y pega del inventario de equipos que tenga la empresa luego guardar cambios y cerrar, una vez realizada esta acción se puede subir todo el inventario a través de esta macro en cuestión.

Al presionar este botón aparecerá la ventana de Windows que permite seleccionar el archivo que se desea cargar al aplicativo, allí se debe seleccionar el archivo Inventario.xlsx y dar clic en aceptar, listo después de esta operación el inventario ha sido cargado con éxito.

- **Cargar Personal,** esta macro permite subir al programa de mantenimiento PMP todo el inventario del personal de mantenimiento (personal técnico de mantto) que cada empresa disponga en su momento de forma masiva, para realizar esta acción primero se debe de abrir el archivo RRHH.xlsx ubicado en la carpeta "Formatos" y está desprotegido, en este archivo de Excel es posible realizar un copia y pega del personal de mantenimiento que tenga la empresa luego guardar cambios y cerrar, una vez realizada esta acción se puede subir todo el inventario del personal de mantenimiento a través de esta macro en cuestión.

Al presionar este botón aparecerá la ventana de Windows que permite seleccionar el archivo que se desea cargar al aplicativo, allí se debe seleccionar el archivo RRHH.xlsx y dar clic en aceptar, listo después de esta operación el inventario del personal ha sido cargado con éxito.

- **Cargar Materiales,** esta macro subir al aplicativo el inventario de repuestos que cada empresa disponga en su momento de forma masiva, para realizar esta acción primero se debe de abrir el archivo Materiales.xlsx ubicado en la carpeta "Formatos" y está desprotegido, en este archivo de Excel es posible realizar un copia y pega del inventario de repuestos que tenga la empresa luego guardar cambios y cerrar, una vez realizada esta acción se puede subir todo el inventario de repuestos a través de esta macro en cuestión.

  Al presionar este botón aparecerá la ventana de Windows que permite seleccionar el archivo que se desea cargar al aplicativo, allí se debe seleccionar el archivo Materiales.xlsx y dar clic en aceptar, listo después de esta operación el inventario de repuestos ha sido cargado con éxito.

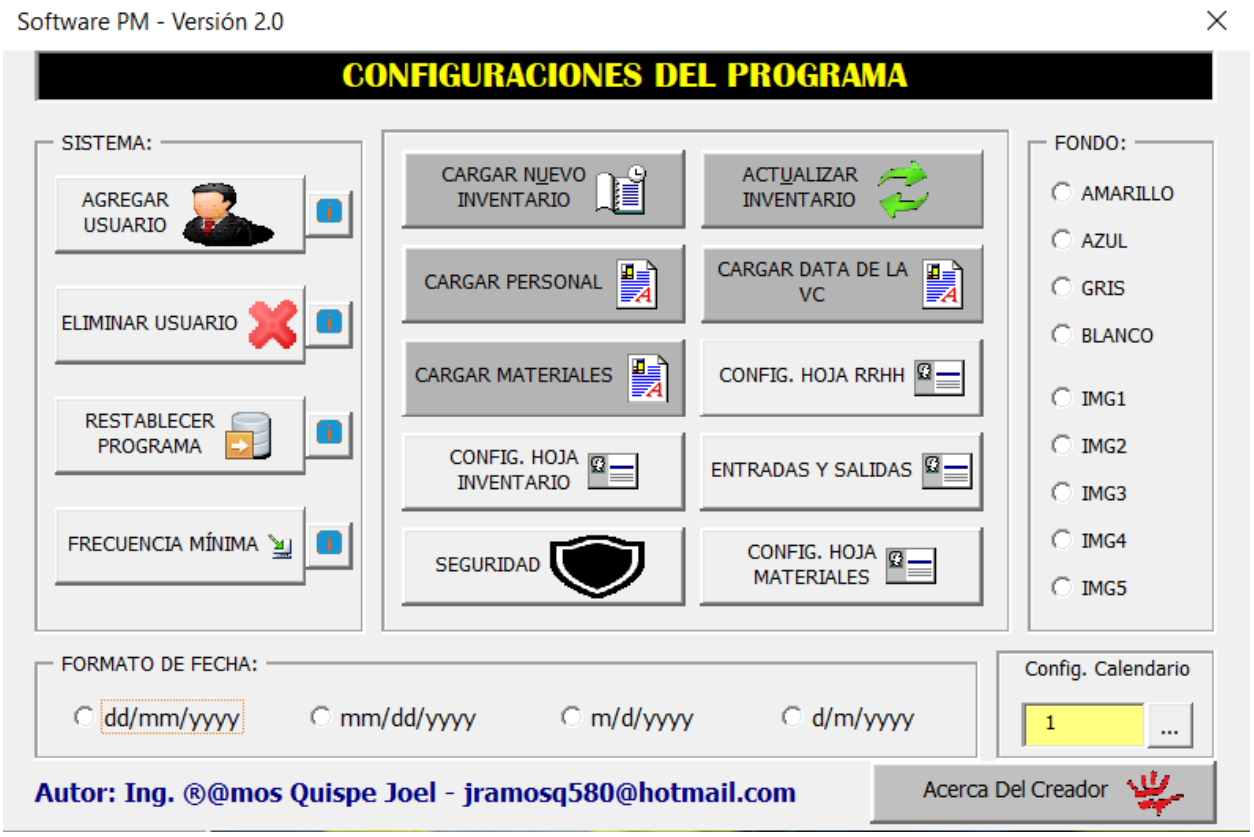
- **Cargar Data de la VC,** esta macro subir al aplicativo toda la data sobre los contadores actuales de los equipos que cada empresa disponga en su momento de forma masiva, para realizar esta acción primero se debe de abrir el archivo Data_VC.xlsx ubicado en la carpeta "Formatos" y está desprotegido, en este archivo de Excel es posible realizar un copia y pega de la data (contadores actuales de los equipos) que tenga la empresa luego guardar cambios y cerrar, una vez realizada esta acción se puede subir toda la data a través de esta macro en cuestión.

Al presionar este botón aparecerá la ventana de Windows que permite seleccionar el archivo que se desea cargar al aplicativo, allí se debe seleccionar el archivo Data_VC.xlsx y dar clic en aceptar, listo después de esta operación en inventario ha sido cargado con éxito.

- **Config. Hoja Inventario,** esta macro permite cambiar los nombres de los campos (nombres de cabecera de la tabla) de la tabla inventario de equipos, de tal manera que se puede personalizar de manera automática la información que se desea presentar en las tablas y al mismo tiempo este cambio de información también de verá reflejado en los formularios (UserForm).
- **Config. Hoja RR HH,** esta macro permite cambiar los nombres de los campos (nombres de cabecera de la tabla) de la tabla inventario del personal técnico de mantenimiento, de tal manera que se puede personalizar de manera automática la información que se desea presentar en las tablas y al mismo tiempo este cambio de información también de verá reflejado en los formularios (UserForm).
- **Config. Hoja Materiales,** esta macro permite cambiar los nombres de los campos (nombres de cabecera de la tabla) de la tabla inventario de repuestos, de tal manera que se puede personalizar de manera automática la información que se desea presentar en las tablas y al mismo tiempo este cambio de información también de verá reflejado en los formularios (UserForm).
- **Seguridad**, esta macro me permite proteger y desproteger el programa de mantenimiento PMP, es importante indicar que el creador de este programa recomienda usarlo en modo protegido porque de esta manera el programa PMP valida toda la información que ingresa a su base de datos.

- **Fondo,** esta sección de fondos permite establecer un fondo de trabajo para el aplicativo, además de ello es posible personalizar estos fondos a gusto del usuario, en la carpeta "Fondos" de este aplicativo existen 5 imágenes en formato JPG y cada una de ellas con un nombre, si uno desea cambiar estos fondos, solo basta con eliminar las imágenes existentes e ingresar a esta carpeta las imágenes deseadas en formato JPG y dar los mismos nombres que las imágenes eliminadas y listo.
- **Formato Fecha,** en esta sección es posible personalizar el formato de las fechas de aplicativo.
- **Config. Calendario**, sirve para ajustar los días del formulario "Calendario"

***Figura 48.*** Ventana configuraciones del aplicativo

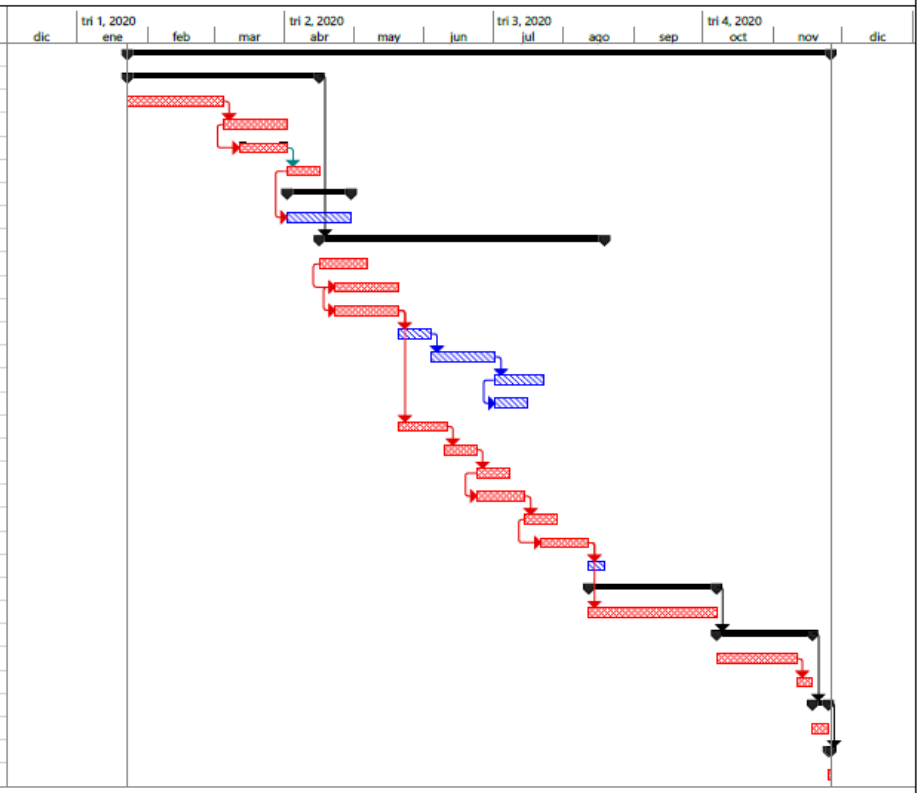



***Fuente*:** Elaboración Propia.

### 4.8.9. Cronograma De Ejecución

## CRONOGRAMA DE DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| Id | ITEM | Nombre de tarea | Duración |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 220 días |
| 2 | 1.1 | TRABAJOS PRELIMINARES | 60 días |
| 3 | 1.1.1 | Buscar Información | 30 días |
| 4 | 1.1.2 | Contrastar y Validar la Información | 20 días |
| 5 | 1.1.3 | Diseño Conceptual | 15 días |
| 6 | 1.1.4 | Diagrama de Bloques | 10 días |
| 7 | 1.2 | TOMA DE DECISIONES | 20 días |
| 8 | 1.2.1 | Elección del Software | 20 días |
| 9 | 1.3 | DISEÑO DEL APLICATIVO | 89 días |
| 10 | 1.3.1 | Arquitectura del Aplicativo a Mano Alzada | 15 días |
| 11 | 1.3.2 | Diseño de los Formularios | 20 días |
| 12 | 1.3.3 | Validación de la Información | 20 días |
| 13 | 1.3.4 | Diseño de las Hojas en Excel | 10 días |
| 14 | 1.3.5 | Diseño de las Tablas Ordinarias | 20 días |
| 15 | 1.3.6 | Diseño de las Tablas Dinámicas | 15 días |
| 16 | 1.3.7 | Diseño de la Presentación de la Información | 10 días |
| 17 | 1.3.8 | Manejo de la DATA | 15 días |
| 18 | 1.3.9 | Limites en el Manejo de Datos | 10 días |
| 19 | 1.3.10 | Comparación del Diseño | 10 días |
| 20 | 1.3.11 | Automatización de las Plantillas | 15 días |
| 21 | 1.3.12 | Establecer Filtros de la Información | 10 días |
| 22 | 1.3.13 | Formato Condicional de la Información | 15 días |
| 23 | 1.3.14 | Depuración de Errores | 5 días |
| 24 | 1.4 | DESARROLLO DEL APLICATIVO EN VBA | 40 días |
| 25 | 1.4.1 | Codificación del Aplicativo en VBA | 40 días |
| 26 | 1.5 | PRUEBAS | 30 días |
| 27 | 1.5.1 | Realizar Multiples Pruebas al Aplicativo | 25 días |
| 28 | 1.5.2 | Forzar al ERROR Mediante Pruebas | 5 días |
| 29 | 1.6 | SEGURIDAD | 5 días |
| 30 | 1.6.1 | Código de Seguridad del Aplicativo | 5 días |
| 31 | 1.7 | IMPLEMENTACIÓN | 1 día |
| 32 | 1.7.1 | Implemenación del Aplicativo en la Empresa: OSM DE COLOMBIA S.A.S. | 1 día |




Fecha: mar 02/11/21

Tarea · División · Hito · Resumen · Resumen del proyecto · Agrupar por síntesis · Tarea resumida · Tarea crítica resumida · Hito resumido · Progreso resumido · Tareas externas · Hito externo · Tarea inactiva · Hito inactivo · Resumen inactivo · Tarea manual · solo duración · Informe de resumen manual · Resumen manual · solo el comienzo · solo fin · Fecha límite · Tarea crítica · Progreso

PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

## 4.9. Presupuesto

### 4.9.1. Introducción

Para determinar los costes de inversión en el diseño del aplicativo de mantenimiento preventivo es necesario diferenciar entre el gasto generado en asesoría, compra de otros aplicativos para tener una orientación en el diseño, pago en un curso de Excel para expertos y el costo de mi tiempo (disponibilidad continua durante los más de 6 meses en el diseño del aplicativo).

### 4.9.2. Costes de inversión

En la fase "Costes A" de la inversión se tienen en cuenta los costes en asesoría, compra de otros aplicativos, pago en un curso de Excel para expertos y en la fase "Costes B" de la inversión se tienen en cuenta los costes de mi tiempo (disponibilidad continua durante los 7 meses en el diseño del aplicativo).

Sin embargo, la idea de diseñar un aplicativo de mantenimiento preventivo se dio durante la pandemia de Covid-19, un tiempo en el cual el confinamiento era obligatorio por ende no se podía salir a trabajar ni circular libremente por las calles y en este escenario la inversión en "Costes B" sería nulo, de tal manera que el único costo real generado sería el de "Costes A".

A continuación, se presentan ambos costes generados a modo de estudio y referencia para otros creadores similares a este contenido.

***Tabla 3.*** Costes de inversión.

| | |
|---|---|
| **Costes A de la inversión (S/.)** | 2 000,00 |
| **Costes B de la inversión (S/.)** | 14 000,00 |
| **Costes Totales de inversion: A+B (S/.)** | 16 000,00 |

***Fuente*:** Elaboración propia.

# 5. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

## 5.1. Presentación de los Resultados

De la encuesta planteada a 20 estudiantes del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FME - UNPRG se obtuvo el siguiente cuadro de frecuencias porcentuales

***Tabla 4.*** Resultados de la encuesta.

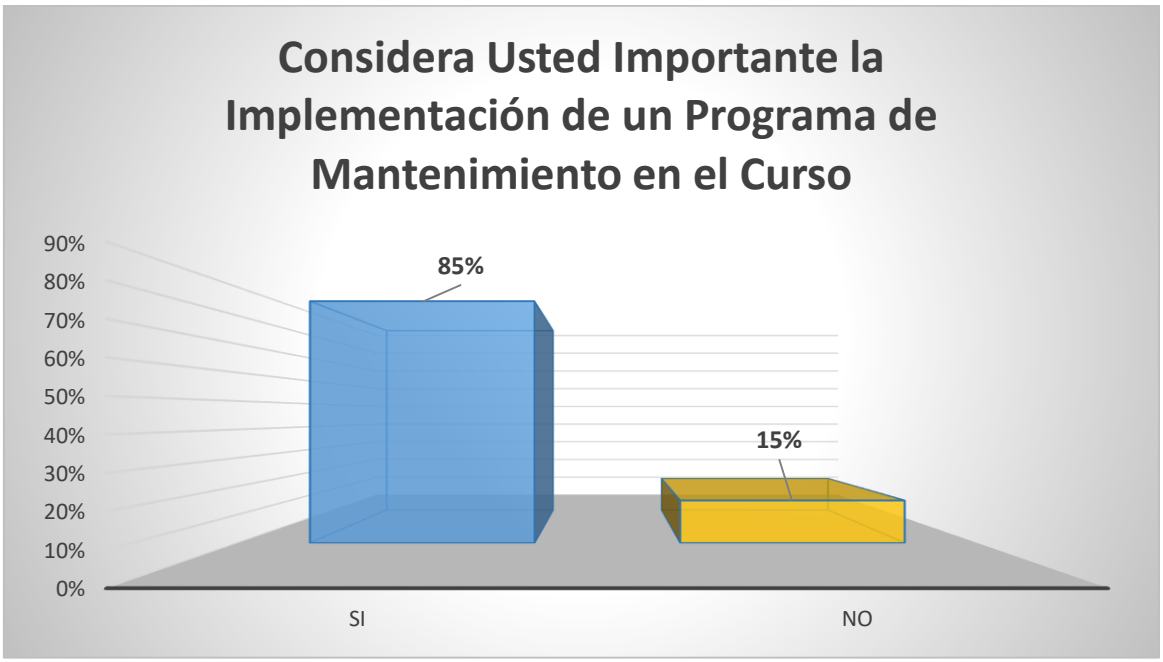
| Preguntas de la Encuesta | SI | NO |
|---|---|---|
| Considera Usted Importante la Implementación de un Programa de Mantenimiento en el Curso. | 85% | 15% |
| Alguna vez a Interactuado con un Programa de Mantenimiento. | 10% | 90% |
| Considera el Curso "Ingeniería de Mantenimiento uno de los más Importantes en la Carrera. | 95% | 5% |

***Fuente*:** Elaboración Propia.

Según los resultados de la encuesta se puede evidenciar que más del 50% de los alumnos del curso “Ingeniería de Mantenimiento” desconocen el manejo de un programa (aplicativo) de mantenimiento lo cual es algo preocupante porque un programa como estos permite comprender mejor el curso y ayuda a reforzar los conocimientos teóricos adquiridos.

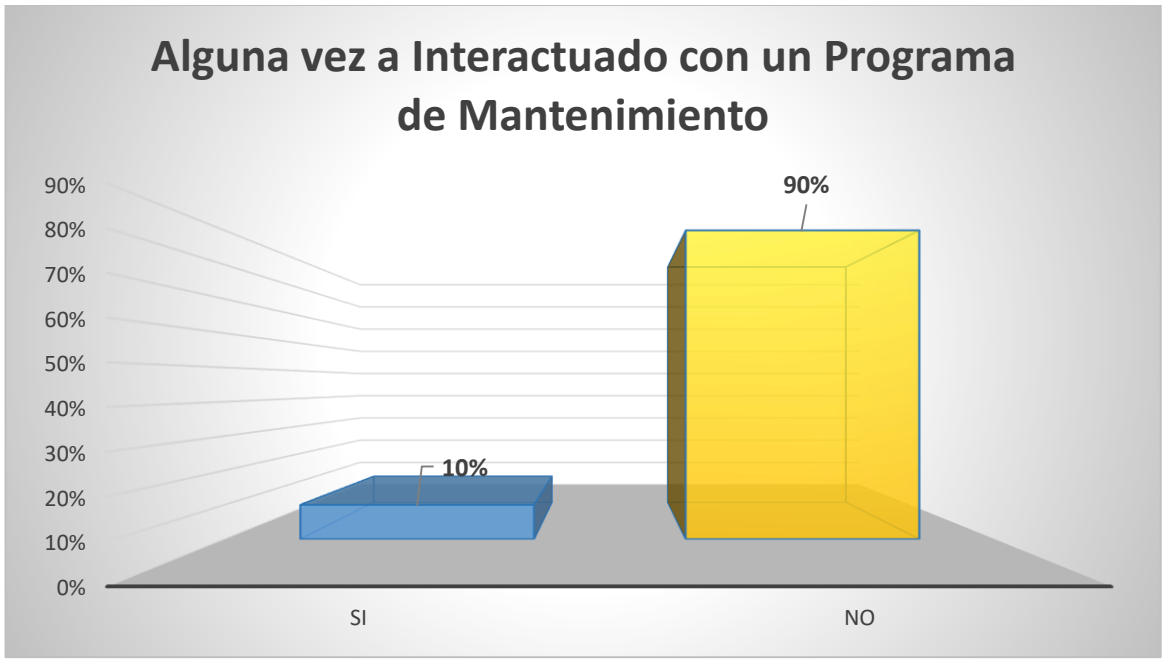
Por otro lado, más del 90% de los encuestados está de acuerdo con el propósito de este proyecto, el cual es “diseñar un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la actividad del aprendizaje de los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la facultad de ingeniería mecánica y eléctrica de la UNPRG”. A continuación de muestran unos gráficos que son el resultado de la encuesta realizada a los alumnos del curso ya antes mencionado.

***Figura 49.*** Gráfico de la primera pregunta de la encuesta.



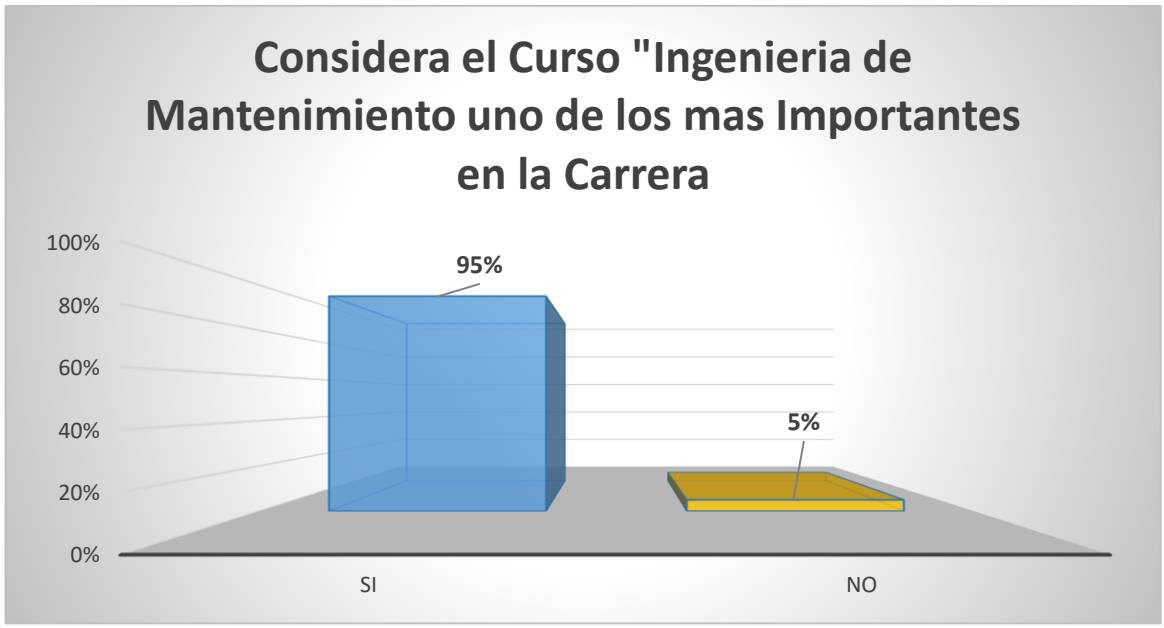

***Fuente*:** Elaboración Propia.

***Figura 50.*** Gráfico de la segunda pregunta de la encuesta.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

***Figura 51.*** Gráfico de la tercera pregunta de la encuesta.




***Fuente*:** Elaboración Propia.

**Resultados del Test**

***Figura 52.*** Gráfico estadístico del Pre-Test.

***Fuente*:** Google Drive.

**Acerca del Pre-Test**

Según los resultados del Pre-Test se puede evidenciar que los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG han obtenido un promedio de 8.35 pts. de un total de 20 pts. este indicador nos dice que el nivel de aprendizaje en el curso es regular y que hay trabajo por hacer para mejorar dicho indicador.

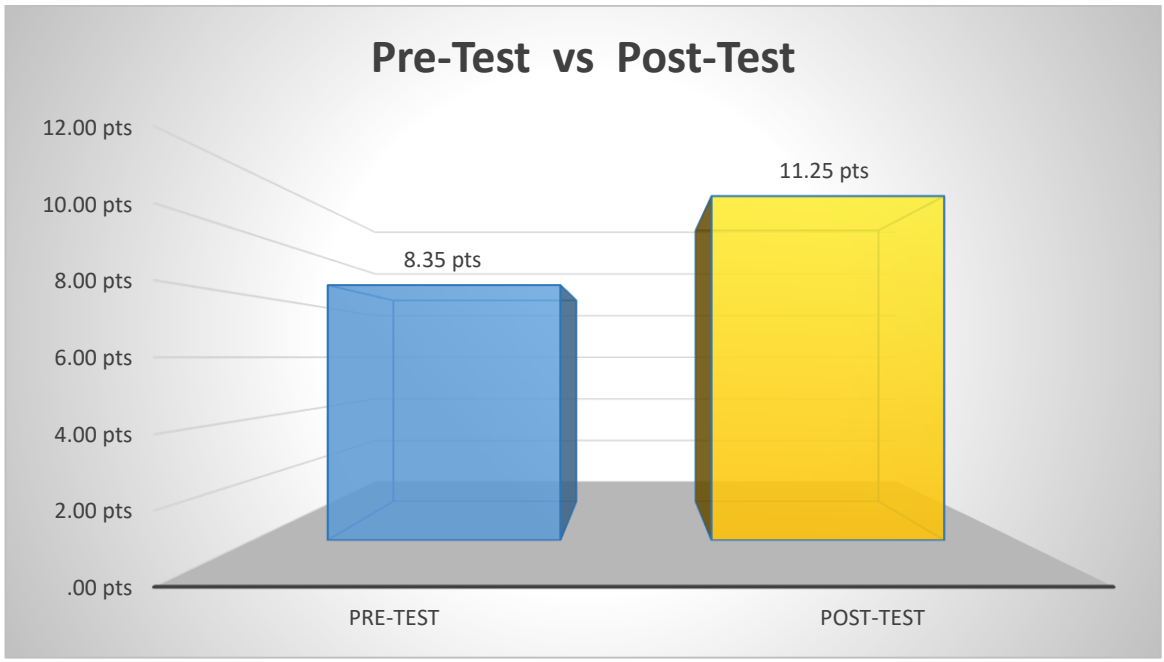
***Figura 53.*** Gráfico estadístico del Post-Test.

***Fuente*:** Google Drive.

**Acerca del Post-Test**

Según los resultados del Post-Test se puede evidenciar que los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG han obtenido un promedio de 11.25 pts. de un total de 20 pts. Siendo este indicador superior al del Pre-Test, lo que indica que la interacción con el aplicativo de mantenimiento preventivo ha tenido un efecto positivo en los alumnos.

***Figura 54.*** Gráfico estadístico del Pre-Test vs Post-Test




***Fuente*:** Elaboración Propia.

De los resultados obtenidos se puede evidenciar que los alumnos del curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG obtuvieron un promedio de 8.35 pts. en el Pre-Test y un promedio de 11.25 pts. en el Post-Test esto indica que después de interactuar con el aplicativo de mantenimiento preventivo lograron un incremento del 14.5% sobre la evaluación inicial.

Con base en estos resultados se puede decir que el uso de las TICs, brindan al estudiante nuevos conocimientos, así como el desarrollo de habilidades y destrezas que le permiten comprender mejor el desarrollo del curso. Es importante indicar que en este escenario los alumnos son los protagonistas del aprendizaje y deben participar activamente en la construcción del mismo.

***Tabla 5.*** Ficha técnica del aplicativo.

| **FICHA TÉCNICA DEL APLICATIVO DE MANTENIMINETO PREVENTIVO** | |
|---|---|
| **Nombre** | Software PM – Versión 2.0 |
| **Peso** | 2.7 MB |
| **Fecha de Creación** | 15/07/2020 |
| **Base de Datos** | MS Excel 2016 |
| **Desarrollo del Código** | MS VBA |
| **Alcance** | Micro, Pequeñas y Medianas Empresas |
| **Versión** | Comercial y Educativa |
| **Clientes** | OMS-COLOMBIA S.A.S; KOMATSU |
| **Horizonte del Diseño** | 10 años |
| **Última Actualización** | 01/11/2021 |

***Fuente*:** Elaboración propia.

- El aplicativo tiene como base de datos a Microsoft Excel 2016 y en el desarrollo de la interfaz de usuario a Microsoft Visual Basic para Aplicaciones.
- Con el fin de presentar una propuesta funcional a mi facultad (FIME – UNPRG) se buscó por todos los medios implementar el aplicativo en una empresa por un tiempo prudente para comprobar si se había o no cumplido con el objetivo de este proyecto de tesis.
- Una vez terminado el aplicativo, se implementó en una empresa dedicada a prestar servicios de mantenimiento y con una amplia experiencia en este rubro.
- En el Anexo N°02 se presenta un documento en donde acredita que el aplicativo ha sido implementado en la empresa OSM DE COLOMBIA SAS OSM (On-Site Maintenance). Esta empresa de ha consolidado como el aliado de confianza en servicios de diagnóstico, mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo, de vehículos automotrices, reparación de maquinaria, equipos industriales y motores

Diésel en los distintos sectores económicos, como lo son Oíl & Gas, Agrícola, Industrial, Marítimo y Naval.

- Al principio se tuvieron algunas complicaciones con el código del aplicativo, pero el soporte técnico brindado a la empresa por parte del creador, fue decisivo para superar dichos inconvenientes.
- La elasticidad, uno de los indicadores de calidad de un software, es directamente proporcional a la cantidad de registros (volumen de la data) que este maneja, y una de las desventajas de Excel es que ofrece una cantidad limitada de registros, sin embargo, el aplicativo está diseñado para trabajar en un escenario extremo en donde se disponga de un máximo de 300 equipos y con una intervención diaria por cada equipo por un periodo de 10 años, lo que da un total de 1 095 000 registros que es aproximadamente lo que ofrece una hoja de cálculo de Excel, ahora bien, el tiempo de demora al realizar una consulta al último registro del programa en este escenario es de 3 segundos aproximadamente. Lo que le convierte en un programa (aplicativo) muy rápido al momento de gestionar la información.
- A la fecha en que se presenta esta propuesta a mi facultad (la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo), el aplicativo tiene más de un año de haberse creado e implementado, dando muy buenos resultados en la gestión de mantenimiento programado de las empresas que lo han adquirido. Esto me da la confianza y seguridad de presentar una buena propuesta a la facultad y decir que se ha cumplido con el objetivo de este estudio.
- En el Anexo N°06 se presenta una imagen de la presentación del aplicativo.

# 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

**1)** El resultado de la investigación sobre el diseño de un aplicativo de mantenimiento preventivo para un aprendizaje activo en el curso "Ingeniería de Mantenimiento". Se ha obtenido lo siguiente, en el Anexo Nº 02 se muestra un certificado emitido por parte de la empresa OSM COLOMBIA S.A.S. en donde se demuestra que el aplicativo viene funcionando y dando buenos resultados en la gestión del mantenimiento programado y en la administración de la información de la empresa. Todo esto es muy importante para el objetivo general de este proyecto, porque no solo presenta una propuesta como mejora al curso ya mencionado, sino que se demuestra a través del certificado (ver Anexo N° 02) que el aplicativo es funcional para las empresas por ende los estudiantes del curso tendrán la posibilidad de interactuar con un programa basado en procesos reales que se dan en el área de mantenimiento de una planta. El objetivo de esta propuesta es acercar a los estudiantes a casos prácticos, reales que se viven fuera de las aulas de estudio, de esta manera pasa de ser un actor pasivo (alumnos del curso) a uno activo en donde no solo estará orientado a escuchar y escribir lo que el docente desarrolla en el pizarrón, sino que participara de la clase reforzando su conocimiento teórico a través de este aplicativo.

**2)** Los resultados obtenidos en el Pre-Test de este estudio indican que los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG tienen un nivel de aprendizaje regular sobre el curso estos resultados guardan relación con lo que sostiene Trujillo & González (2020) en su artículo titulado Aprendizaje activo en cursos básicos de ingeniería, en donde señala que de la encuesta de prejuicios se puede comprobar que la mayoría de los alumnos poseen los conocimientos previos necesarios para enfrentar el objeto de estudio en cuestión y aunque la mayoría no están familiarizados con el formalismo del método deductivo de la

ciencia ni lo han utilizado comúnmente durante sus estudios, sí reconocen que poseen capacidades deductivas

**3)** Los resultados obtenidos en el Post-Test de este estudio indican que los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME - UNPRG han mejorado significativamente su nivel de aprendizaje sobre el curso, lo que confirma que la interacción con el aplicativo de mantenimiento preventivo ha tenido un efecto positivo en los alumnos, estos resultados guardan relación con lo que sostiene Trujillo & González (2020) en su artículo titulado Aprendizaje activo en cursos básicos de ingeniería, en donde después de aplicar la estrategia afirma que la mayoría de los estudiantes reportan un alto nivel de aprendizaje en cuanto a la utilización de conocimientos previos, así como en cuanto a la apropiación, entendimiento y aplicación del nuevo conocimiento.

**4)** Desde un principio el objetivo de este estudio NO está en demostrar que el uso o implementación de un aplicativo en el curso genera un aprendizaje activo en los alumnos, porque existen muchos trabajos científicos (Tesis, Artículos Científicos) que demuestran lo dicho. Por lo tanto, se ha recogidos esos resultados para el estudio y propuesta de este proyecto de tesis.

**5)** Por ejemplo Martha P. Castellanos S. (2015) Master en Gerencia de Telecomunicaciones, quien se desempeñó por casi 8 años como Directora Ejecutiva de Computadores para Educar en uno de sus trabajos científicos titulado "¿Son las TIC realmente, una herramienta valiosa para fomentar la calidad de la educación?" dice lo siguiente. Las TIC acompañadas por la formación profesional docente, son un acelerador de cambio, ya que éstas pueden mejorar el desempeño de los estudiantes, promover el trabajo colaborativo, fomentar la accesibilidad y

aumentar el desempeño laboral (UNESCO, 2009; 2011) y Rodríguez et. al., (2011). Esto ha generado que América Latina en especial, haya fijado su mirada en las TIC como una herramienta para fortalecer la educación, dadas las desigualdades sociales, culturales, geográficas que tienen sus países (UNESCO, 2015).

**6)** Como también señala Espinosa et al. (2018) en su tesis "Implementación de las TIC en el Proceso De Enseñanza - Aprendizaje" dice lo siguiente. El uso de las TIC en la educación brinda innumerables posibilidades para que los actores de la gestión educativa, docentes y estudiantes, se vean involucrados en nuevas formas de acción pedagógica; para ello, aún falta superar ciertas resistencias que se oponen al uso de las tecnologías para impulsar el desarrollo formativo.

**7)** Por otro lado, en comparación con los otros programas que han formado parte en el marco teórico del presente estudio, este proyecto de investigación ha considerado a MS Excel como base de datos del aplicativo mientras que en los demás programas se ha utilizado a MS Access, esta es una de las principales diferencias con los demás programas que se han desarrollado.

**8)** Por ejemplo, Jiménes (2006) en la propuesta de su tesis "Optimización Del Mantenimiento Preventivo De Las Turbinas Pelton De La Central Hidroeléctrica Juan Carosio - Moyopampa" ha considerado en el diseño del aplicativo a MS Excel para su base de datos y para el desarrollo del código a MS Visual Basic para Aplicaciones, además de ello el aplicativo puede ser utilizado en una red local LAN mientras que en el aplicativo del presente estudio no es posible utilizarlo en una red local LAN, en donde varios puedan trabajar a la vez sobre el aplicativo.

# 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1. Conclusiones

**1)** En esta tesis se diseñó un aplicativo de mantenimiento para mejorar significativamente el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG

**2)** En esta tesis se determinó que el curso de "Ingeniería de Mantenimiento" de la FIME – UNPRG no cuenta con un aplicativo (software) de mantenimiento preventivo para una enseñanza adecuada, debido a que el curso no contempla el uso de las TICs como parte de su desarrollo.

**3)** En esta tesis se analizó el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG. Los resultados obtenidos en el Pre-Test arrojaron un nivel de aprendizaje regular.

**4)** En esta tesis se analizó el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG. Los resultados obtenidos en el Post-Test arrojaron un incremento significativo en el nivel de aprendizaje.

**5)** El aplicativo ha sido probado por la empresa OSM COLOMBIA S.A.S. una empresa consolidada como el aliado de confianza en servicios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de vehículos automotrices, reparación de maquinaria, equipos industriales y motores diésel en los distintos sectores económicos, los resultados obtenidos por la empresa son "*Certifico Que, el señor JOEL GEREMIAS RAMOS QUISPE, Identificado con DNI N° 47277813, ha desarrollado un APLICATIVO DE MANTENIMIENTO para mejorar la gestión de mantenimiento actual de nuestra empresa,*

*brindando asesoría y soporte en el manejo del programa. Desde el 01 de octubre de 2020 hasta la fecha. El aplicativo ha venido trabajando de manera continua, dando buenos resultados a la empresa.*" y en base a ello la empresa me ha emitido un certificado de implementación el cual se encuentra en el Anexo N°02.

### 7.2. Recomendaciones

**1)** Motivar a través de esta propuesta a colegas y futuros ingenieros de mi casa de estudios a generar propuestas como esta, o mejor aún, que seleccionen este trabajo y lo mejoren. Una de las mejoras seria, hacer posible que el aplicativo sea usado en una red local LAN en donde se pueda trabajar muchas personas a la vez, la información esta para ser compartida y mejorar así lo que ya existe.

**2)** Mediante este proyecto de estudio, exhorto a las universidades e instituciones académicas a usar las TICs como una herramienta de complemento en la formación académica de los alumnos que le permita estar a la vanguardia del aprendizaje activo y adaptándose a los cambios tecnológicos. El creciente uso social de las TIC y su enorme impacto no puede pasar desapercibido en el mundo de la educación. Así, se están convirtiendo ya en una herramienta fundamental para los nuevos docentes y alumnado.

**3)** Se recomienda a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo-UNPRG tener en cuenta el aplicativo de mantenimiento propuesto para contribuir a mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

**4)** Se recomienda a los futuros ingenieros realizar un estudio de la aplicación continua del aplicativo propuesto para analizar el impacto en el aprendizaje activo y de esa manera realizar las mejoras necesarias para que continúe cumpliendo con el propósito de su diseño.

**5)** Si bien el aplicativo de mantenimiento preventivo diseñado en este proyecto de estudio viene siendo implementado en algunas empresas se recomienda que más empresas o personas profesionales lo implementen en sus centros de labores para lograr un mayor alcance de este proyecto.

# 8. BIBLIOGRAFÍA


Arroyo, E. (2006). Software educativo y colaborativo para el aprendizaje de la asignatura Tecnología Didáctica I. *Revista Omnia*, *12*, 109–122.

Carvajal, G., Ríos, G., & Montilla, C. (2008). DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO, APLICABLE A LOS SECTORES DE MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS COLOMBIANAS. In *(Tesis de Grado)*.

Castellanos, M. (2015). ¿Son las TIC realmente, una herramienta valiosa para fomentar la calidad de la educación? *Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de La Calidad de La Educación (LLECE)*.

Espinoza, E., Jaramillo, M., Cun, J., & Pambi, R. (2018). La Implementación de las TIC en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*. http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA

Garcia, O. (2016). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las líneas embolsadoras de la planta caramelos en la empresa Molitalia s.a. *(Tesis de Grado)*.

Jiménes, L. A. (2006). OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS

TURBINAS PELTON DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA “JUAN CAROSIO”-MOYOPAMPA. In *(Tesis de Grado).*

Roig, R. (2016). Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje. In *Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante*. Roig-Vila, Rosabel (ed.). http://hdl.handle.net/10045/61787

Trujillo, C. A., & González, E. M. (2020). *Aprendizaje activo en cursos básicos de ingeniería: un ejemplo en la enseñanza de Dinámica* (Vol. 10). Jakeline Duarte Duarte. http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/issue/current

# 9. ANEXOS

## 9.1. Anexo N°01 - Matriz de consistencia

| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | VARIABLES DE ESTUDIO | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|---|
| **PROBLEMA GENERAL** | **OBJETIVO GENERAL** | **HIPÓTESIS GENERAL** | **VARIABLE DEPENDIENTE** | 1. Experiencia en el uso del Aplicativo de MP.<br>2. Motivación en el uso del Aplicativo MP por parte del alumno<br>3. Interacción alumno – Aplicativo de MP | **Tipo de investigación:**<br>El tipo de investigación que se aplica al siguiente proyecto es experimental.<br>**Método de investigación:**<br>El método de investigación es aplicada.<br>**Técnica:**<br>Fuentes primarias (observación) y fuentes secundarias (fichajes, tesis).<br>**Población:**<br>El Curso ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG |
| ¿La aplicación de un aplicativo de mantenimiento preventivo logrará mejorar el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG? | Diseñar un aplicativo de mantenimiento preventivo para mejorar el aprendizaje activo de los estudiantes en el curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG. | Con la implementación de un aplicativo de mantenimiento mejoraría significativamente el aprendizaje activo en el curso de ingeniería de mantenimiento de la FIME – UNPRG. | Aprendizaje activo | | |
| **PROBLEMAS ESPECÍFICOS** | **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** | **HIPÓTESIS ESPECÍFICA** | **VARIABLE INDEPENDIENTE** | 1. Algoritmo del Desarrollador.<br>2. Elasticidad del Software.<br>3. Experiencia del Usuario.<br>4. Efectividad del mantenimiento planificado.<br>5. Señales de alarmas y/o notificaciones de advertencias | |
| ¿El curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG cuenta con un aplicativo de mantenimiento preventivo para una enseñanza adecuada? | Determinar si el curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG cuenta con un aplicativo de MP. para una enseñanza adecuada. | El silabo del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG no contempla el uso de las TIC como parte de su desarrollo. | Aplicativo de mantenimiento preventivo. | | |
| ¿Cuál es el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de MP? | Analizar el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de MP. | El nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG antes de utilizar el aplicativo de MP es regular. | | | |
| ¿ Cuál es el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de MP? | Analizar el nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de MP. | El nivel de aprendizaje en los alumnos del curso Ingeniería de Mantenimiento de la FIME – UNPRG después de utilizar el aplicativo de MP. se incrementa significativamente. | | | |

## 9.2. Anexo N°02 - Certificado de implementación del aplicativo PM en la empresa OSM

OSM
On-Site Maintenance

Acacias, 01 de Octubre de 2021

**OSM DE COLOMBIA S.A.S.**

**NIT. 900.898.577-6**

**CERTIFICA**

Que, el señor **JOEL GEREMIAS RAMOS QUISPE**, Identificado con **DNI N° 47277813**, ha desarrollado un **APLICATIVO DE MANTENIMIENTO** para mejorar la gestión de mantenimiento actual de nuestra empresa, brindando asesoría y soporte en el manejo del programa. Desde el 01 de Octubre de 2020 hasta la fecha, el aplicativo ha venido trabajando de manera continua, dando buenos resultados a la empresa.

Se expide la presente a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

**JOSE GIOVANNI BOCANEGRA GIRON**
**C.C 94.471.546 de Buga**
**GERENTE GENERAL**

315 826 4062
Carrera 22 No. 11 -55 Br. Dorado Bajo
Acacias, Meta
www.osmcolombia.com

Gerencia General
Email: Giovanny.bocanegra@osmcolombia.com
Teléfono: 317 4027500

## 9.3. Anexo N°03 - Carta compromiso de confidencialidad.

**Carta compromiso de confidencialidad, no divulgación, reserva y resguardo de información y datos personales**

Madrid, a 31 de Marzo de 2022.

*Bach ING Ramos Quispe Joel Geremias*

*Bachiller en ingeniería Mecanica y Electrica*

*Cédula Nº47277813*

*Propietario y creador del Programa de Mantenimiento Preventivo PMP V03*

P r e s e n t e

El que suscribe D. Pablo Andres Arias, Ingeniero técnico en electricidad y motores de combustión interna, con DNI Nº 08973989-X y Nacionalidad Española acepta las condiciones de resguardo, reserva, custodia y protección de la seguridad y confidencialidad de la información, datos personales y de todo tipo de documentos propiedad de Bach ING Ramos Quispe Joel Geremias Y la no divulgación de esta información sin consentimiento expreso del propietario.

El presente compromiso me responsabiliza respecto de la información que me sea proporcionada por Bach ING Ramos Quispe Joel Geremias, ya sea de forma oral, escrita, impresa, sonora, visual, electrónica, informática u holográfica, contenida en el programa PMP V03

La información que me sea proporcionada podría ser considerada, según el caso, como reservada, privilegiada y confidencial, en los términos de las leyes aplicables, por lo que me obligo a protegerla, reservarla, resguardarla y no divulgarla, utilizándola única y exclusivamente para llevar a cabo y cumplir con las actividades y obligaciones que expresamente me sean conferidas por Bach ING Ramos Quispe Joel Geremias.

Es mi responsabilidad cumplir con las medidas de seguridad adecuadas al tipo de documento con el que se trabaje.

Mi obligación de confidencialidad no es aplicable en los siguientes casos:

**a)** Cuando la información se encontrará en el dominio público en el momento en que me sea suministrada o, una vez suministrada, ésta acceda al dominio público.
**b)** Cuando la legislación vigente o un mandato judicial exija su divulgación.
***c)*** Cuando la información fuera desarrollada o recibida legítimamente de terceros, de forma totalmente independiente a su relación con Bach ING Ramos Quispe Joel Geremias

A t e n t a m e n t e

Nombre completo: *D. Pablo de Andres Arias*

ANDRES ARIAS PABLO - 08973989X

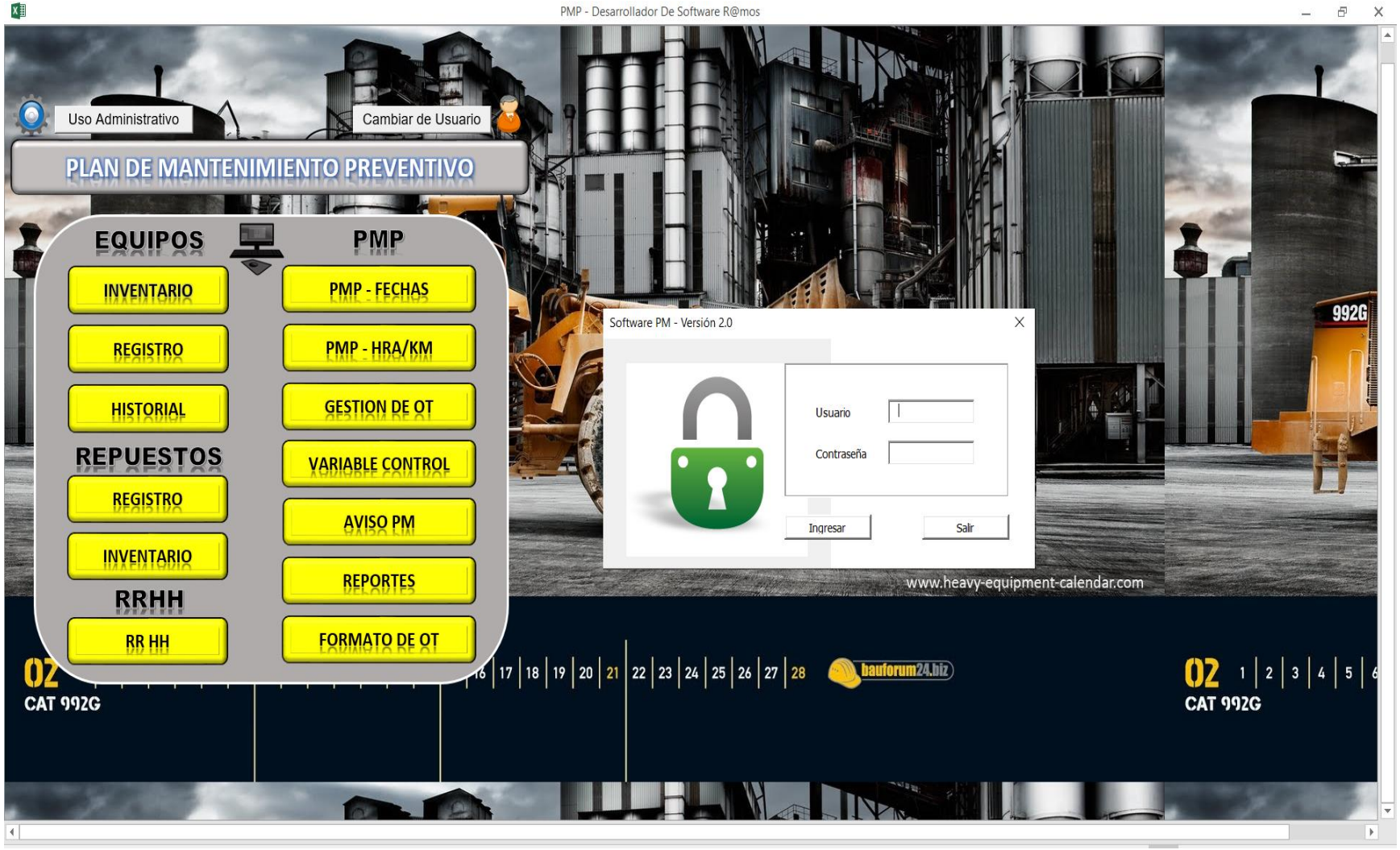
Firmado digitalmente por ANDRES ARIAS PABLO - 08973989X
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-08973989X, givenName=PABLO, sn=ANDRES ARIAS, cn=ANDRES ARIAS PABLO - 08973989X
Fecha: 2022.03.31 21:08:50 +03'00'

Firma: _____

## 9.4. Anexo N°04 - Información acerca de la empresa en donde ha sido implementado el aplicativo de mantenimiento preventivo.

## 9.5. Anexo N°05 – Formato del Pre - Test y Post - Test

## 9.6. Anexo N°06 – Presentación del aplicativo de mantenimiento preventivo



## ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°066-2022-FIME

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 08:00 a.m. del día martes 13 de diciembre de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual htt://: **meet.google.com/dwn-jvga-daw,** los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°234-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 12 de diciembre de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

| | |
|---|---|
| **Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ** | **PRESIDENTE** |
| **M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA** | **SECRETARIO** |
| **ING. JOSE JAVIER SOSA VICTORIANO** | **MIEMBRO** |
| **M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ** | **ASESOR** |

Se recibió la Tesis titulada:

***"DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN APARENDIZAJE ACTIVO EN EL CURSO INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA FIME- UNPRG"***

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: ***RAMOS QUISPE JOEL GEREMIAS.***

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO.**

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 08:40 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

**Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ**
**PRESIDENTE**

**M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA**
**SECRETARIO**

**ING. JOSÉ JAVIER SOSA VICTORIANO**
**MIEMBRO**

**M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ**
**ASESOR**

**“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”**

Lambayeque, 02 de diciembre del 2022

Señor:
Dr. Aníbal Salazar Mendoza
Director de la Unidad de Investigación FIME.
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Lambayeque.

**Asunto: CONFORMIDAD DE INFORME DE TESIS**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y al mismo tiempo comunicarle que enmi calidad de Asesor de Tesis, luego de haber revisado el informe final de la tesistitulada: **“DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN APRENDIZAJE ACTIVO EN EL CURSO INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA FIME - UNPRG”**, subsanadas las observaciones por parte del bachiller **Ramos Quispe Joel Geremias**, **se encuentra apto para la sustentación respectiva** previo el trámite correspondiente.

Asimismo, se ha realizado la revisión de similitud en el software TURNITIN alcanzando un porcentaje de similitud del 16%, que según nuestra reglamentación de investigación **es aceptable**.

Sin otro particular me despido.

Atentamente

Mg. Oscar Méndez Cruz
DOCENTE FIME-UNPRG
**ASESOR DE TESIS**

Se adjunta:

DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN APRENDIZAJE ACTIVO EN EL CURSO INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA FIME - UNPRG

INFORME DE ORIGINALIDAD

| 16% | 16% | 1% | 8% |
|---|---|---|---|
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|---|
| 1 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet | 2% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe<br>Fuente de Internet | 1% |
| 3 | aprendeenlinea.udea.edu.co<br>Fuente de Internet | 1% |
| 4 | 1library.co<br>Fuente de Internet | 1% |
| 5 | www.coursehero.com<br>Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.eafit.edu.co<br>Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repository.usta.edu.co<br>Fuente de Internet | 1% |
| 8 | google.redalyc.org | 1% |

Resumen del reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Recibo Digital……

turnitin

## Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

| | |
|---|---|
| Autor de la entrega: | Joel Ramos Quispe |
| Título del ejercicio: | TESIS RAMOS QUISPE |
| Título de la entrega: | DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIV... |
| Nombre del archivo: | EN_EL_CURSO_INGENIER_A_DE_MANTENIMIENTO_DE_LA_FIM... |
| Tamaño del archivo: | 10.19M |
| Total páginas: | 140 |
| Total de palabras: | 26,977 |
| Total de caracteres: | 141,580 |
| Fecha de entrega: | 05-dic.-2022 10:44a. m. (UTC-0500) |
| Identificador de la entre... | 1972106828 |

UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
TESIS DE INGENIERÍA
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"DISEÑO DE UN APLICATIVO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN APRENDIZAJE ACTIVO EN EL CURSO INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO DE LA FIME - UNPRG"

PRESENTADO POR:
Bach. JOEL GEREMIAS RAMOS QUISPE
ASESOR:
M. SC. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
LAMBAYEQUE - PERÚ
2021

Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Mg. Oscar Méndez Cruz
DOCENTE FIME-UNPRG
**ASESOR DE TESIS**