**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE NIEBLA SALINA PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA.**

**PRESENTADO POR:**

**ING. LUIS FELIPE NARVAEZ GOMEZ.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TUNJA – BOYACÁ**

**2023**

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MAQUINA DE NIEBLA SALINA PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA.**

**PRESENTADO POR:**

**ING. LUIS FELIPE NARVAEZ GOMEZ.**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO DE SISTEMAS**

**EGRESADO DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TUNJA.**

**TUTOR DE GRADO:**

**DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA.**

**ING. JUAN FRANCISCO MENDOZA MORENO, ESP. MSC, PH. D.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TUNJA – BOYACÁ**

**2023**

**Nota de aceptación:**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Nombre del Jurado No 1.

**Firma de Jurado.**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Nombre de Jurado 2.

**Firma de Jurado.**

El Ingeniero Electrónico Luis Felipe Narvaez Gomez, es el único responsable de las ideas que se plantean en el presente trabajo.

**Dedicatoria del Autor**

parrafo

**Agradecimientos**

párrafo

CONTENIDO

[FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO 8](#_Toc150959260)

[OPCIÓN DE GRADO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS 15](#_Toc150959261)

[DEFINICIÓN DE OPCIÓN DE GRADO 15](#_Toc150959262)

[OPCIÓN DE GRADO IDENTIFICADA 15](#_Toc150959263)

[INTRODUCCIÓN 17](#_Toc150959264)

[TITULO DEL PROYECTO 18](#_Toc150959265)

[JUSTIFICACIÓN 19](#_Toc150959266)

[PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 21](#_Toc150959267)

[OBJETIVOS 23](#_Toc150959268)

[OBJETIVO GENERAL 23](#_Toc150959269)

[OBJETIVOS ESPECÍFICOS 23](#_Toc150959270)

[MARCO DE REFERENCIA 24](#_Toc150959271)

[METODOLOGÍA 25](#_Toc150959272)

[RESULTADOS 27](#_Toc150959273)

[¿COMO FUNCIONA DE LA MAQUINA DE NIEBLA SALINA? 28](#_Toc150959274)

[DESARROLLO DEL CHASIS Y COMPONENTES MECÁNICOS 29](#_Toc150959275)

[DESARROLLO ELÉCTRICO 30](#_Toc150959276)

[DESARROLLO ELECTRÓNICO 31](#_Toc150959277)

[DESARROLLO DE SOFTWARE HORIZONTAL 32](#_Toc150959278)

[DESARROLLO DE SOFTWARE VERTICAL 33](#_Toc150959279)

[TECNOLOGÍAS IOT, INDUSTRIA 4.0 Y MAQUINA DE NIEBLA SALINA 34](#_Toc150959280)

[DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS 35](#_Toc150959281)

[COMPARACIÓN DE LA MAQUINA REALIZADA CON SU HOMOLOGO INDUSTRIAL A TRAVÉS DE DATOS TÉCNICOS. 36](#_Toc150959282)

[CONCLUSIONES 37](#_Toc150959283)

[TRABAJOS FUTUROS 38](#_Toc150959284)

[BIBLIOGRAFÍA 39](#_Toc150959285)

[LIBROS 40](#_Toc150959286)

[WEB 41](#_Toc150959287)

[ANEXOS 42](#_Toc150959288)

# FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

|  |  |
| --- | --- |
| **Titulo** | Sistema de monitoreo y control para el funcionamiento del prototipo de la Máquina de Niebla Salina para los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica. |
| **Autor:** | Luis Felipe Narváez Gómez |
| **C.c:** | 1.049.652.438 |
| **E-mail:** | luis.narvaez@usantoto.edu.co |
| **Director:** | Juan Francisco Mendoza Moreno |
| **Lugar de ejecución del proyecto** | Universidad Santo Tomas seccional Tunja  Campus Universitario – Edificio Santo Domingo de Guzmán.  Laboratorios de Mecánica. |
| **Duración aproximada** | 8 meses |
| **Palabras claves** | Máquina de Niebla Salina, Monitoreo, Conmutación, Oxidación, Materiales, Atmosfera, Corrosión, oxidación, Raspberry PI, PID, IOT, Dashboard, PCB´s, Control. Desarrollo Tecnológico, Infrarrojo, Ultravioleta, Sistema Electrónico, Tecnología del Internet de las Cosas. |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **Firma del autor.**  **Ing. Luis Felipe Narváez Gómez.**  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **Firma del director:**  **PhD. Msc. Esp. Ing. Juan Francisco Mendoza Moreno.** | |

Tabla de Ilustraciones

Lista de Tablas.

Lista de Anexos.

**Glosario.**

Párrafo

RESUMEN

ABSTRACT

# OPCIÓN DE GRADO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

## DEFINICIÓN DE OPCIÓN DE GRADO

A partir del actual reglamento de opciones de grado de la Universidad Santo Tomas, yo Luis Felipe Narváez Gómez, identificado con cc.1.049.652.438 de Tunja, escojo como opción de grado de la carrera de Ingeniería de Sistemas, la modalidad de Desarrollo Tecnológico, el cual como dicta Minciencias en el documento “Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación. Versión 4 de 2016”, acojo el proyecto de la realización del prototipo de la Maquina de Niebla Salina de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la misma universidad.

Se presentará el diseño, desarrollo y creación de un sistema tecnológico, ejemplificado en una máquina de laboratorio anteriormente nombrada, orientada a la degradación, envejecimiento y oxidación de forma artificial de materiales o sustancias.

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la misma universidad solicita su implementación y esta fue sugerida por los Ingenieros Nelson Iván Villamizar Cruz y Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento, estos últimos siendo de facto los clientes que solicitan el desarrollo de software e instrumentación en hardware en este proyecto.

Debido a los diferentes aspectos de diseño y desarrollo que se darán en la creación de este producto tecnológico, es muy probable que se den diferentes tipos de Licenciamientos, las cuales tal y como se menciona en el reglamento de opción de grado, se gestionaran por la Universidad Santo Tomas, el estudiante y los clientes en cuestión dependiendo del nivel de impacto que estas mismas tengan.

De la misma manera por la naturaleza del desarrollo se espera la generación de artículos o papers relacionados y gestión de patentes de diseño.

## OPCIÓN DE GRADO IDENTIFICADA

La Facultad de Ingeniería Mecánica y en sugerencia de los Ingenieros Nelson Iván Villamizar Cruz y Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento, postularon la propuesta de la realización de un prototipo semejante a una Maquina Industrial de oxidación de Materiales, pero a nivel de Laboratorio, para las diferentes prácticas y servicios que pueden darse con sus estudiantes y personas externas a la Universidad Santo Tomas.

Para la realización de este prototipo, la Facultad de Ingeniería Mecánica entrego el armazón de la máquina en donde se pretende instalar todos los equipos eléctricos, mecánicos y electrónicos que puedan ser necesarios para poder generar una atmosfera ácida o corrosiva controlada, que produzca un efecto de degradación en los materiales o sustancias de prueba, similar al producido por el paso del tiempo o la exposición de ciertas piezas en diferentes ambientes.

Es así como, debido a la generación de nuevas formas de tecnología al reescalar el modelo industrial para los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, se toma la construcción de este proyecto como la modalidad de “Desarrollo Tecnológico”, opción de grado más apropiada para los alcances que se pretenden dar en la realización del prototipo.

Se plantea la necesidad de llevar un control, monitoreo y generación de historial de funcionamiento, de los diferentes procesos y condiciones ambientales de uso de este producto tecnológico; seguido de un proceso de automatización que permita el funcionamiento autónomo o guiado por los usuarios que sea confiable en las diferentes pruebas de laboratorio.

Para esto, es necesario el desarrollo software que permita interactuar a nivel de Interfaz de Línea de Comandos CLI e Interfaz Gráfica de Usuario GUI con el apartado físico, electrónico y de comunicaciones de la máquina.

# INTRODUCCIÓN

# TITULO DEL PROYECTO

# JUSTIFICACIÓN

La Máquina de Niebla Salina es un equipo de laboratorio que permite la generación controlada de una atmosfera corrosiva en donde pueden introducirse materiales para su degradación frente a la exposición de ciertos químicos o la simulación del envejecimiento acelerado en determinadas piezas de estudio especifico.

El desarrollo del prototipo de la Maquina de Niebla Salina en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, beneficiaria ampliamente a la comunidad de la Universidad Santo Tomas puesto que la misma puede usarse en diferentes prácticas de laboratorio para los estudiantes y profesores; ser parte de diferentes estudios en la degradación o resistencia ante químicos o el paso del tiempo en materiales y sustancias; o usarcé ampliamente en semilleros de investigación de la misma universidad o pruebas hechas por terceros a la universidad.

La Máquina de Niebla Salina brindaría la posibilidad de estudiar diferentes materiales o sustancias ante la degradación o corrosión que pueden sufrir estos al implementarse en la construcción de piezas de diverso propósito, o uso de sustancias en líneas de proceso industrial.

Un ejemplo de esto es el estudio contra la corrosión de la superficie de diferentes materiales después de haber sido impermeabilizados con diferentes revestimientos, pinturas, procesos de galvanoplastia, anodizado o incluso de haber pasado por pruebas de herrumbe.

Otra forma seria la búsqueda de diferentes componentes de construcción para máquinas, acueductos, superficies, etc; que por su naturaleza de trabajo al que se le someterá y que se pretenden exponer, es necesario buscar una cierta tolerancia frente a la degradación del entorno en el que funcionaran.

Los ensayos de corrosión son un medio que ayuda a simular la degradación de diferentes materiales ante la exposición de diferentes factores controlados, como sustancias, químicos o inherentes al ambiente, que de una u otra forma tendrán en el campo de uso y trabajo de este.

La degradación conseguida con la Maquina de niebla salina acelera el tiempo de exposición de forma rápida a comparación a la que se tendría en un ambiente real de uso de la pieza, por lo que ayuda a la prevención y estudio de nuevas formas de construcción de componentes o la protección de estos; ayudando de forma significativa a la hora de escoger los materiales a utilizar en proyectos donde se tengan ciertas condiciones, disminuyendo cambios en la instrumentación de objetos necesarios para el desarrollo de maquinaria, tuberías y otras piezas de construcción.

No podemos olvidar que la elaboración de este proyecto supone un proceso de re escalado interpretativo del funcionamiento optimo que tiene las Maquinas de Niebla salina de uso industrial, generando así nuevo conocimiento y surgimiento de nuevas tecnologías que cumplan con el propósito que se intenta lograr con el actual proyecto, técnicas que pueden ser heredadas para futuras implementaciones en otros mecanismos o aprovechadas en futuras practicas con la Universidad Santo Tomas.

Lo anterior lo podemos constatar haciendo un símil con las actuales máquinas de impresión 3D, recordemos que antes de que existieran estas, las formas de producción de artefactos se hacían a través de materiales como la madera, la arcilla o la elaboración de piezas de metal a través de técnicas de corte, plegado o fundición.

En caso de querer piezas en una línea de fabricación que sean idénticas, se utilizan moldes para verter materiales fundidos como algunos metales, resina, etc. Sin embargo, al final, estos diferentes métodos de fabricación de componentes suelen ser muy caro o sacrificar alguna característica inherente del material con el que se construye, aprovechando maleabilidad a coste de la dureza o durabilidad del objeto conseguido.

Con las máquinas de impresión 3D se aprovechó uno de los materiales más maleables, baratos y resistentes que tenemos en la actualidad, el plástico. Pasamos de los costosos métodos de fabricación del material por moldes de inyección, con pocas o nulas alteraciones a la figura obtenible, a tener la capacidad de poder crear a nuestro antojo componentes de volumen altamente modificable y con patrones de arquitectura que aprovechen de mejor manera la dureza propia del material.

La máquina de impresión 3D nace en los años 80´s de la necesidad de poder producir piezas de plástico de forma replicable en líneas de fabricación, sin tener que optar por costosos moldes que, en caso de necesitar modificaciones a las figuras finales, suponen a la industrial un alto coste al necesitar encargar la creación de nuevos de estos.

Es así como las primeras máquinas de impresión 3D eran de carácter industrial, altamente costosas debido a la protección de patentes que hacía escasa su producción y comercialización.

Adrian Bowyer, en su momento estudiante de posgrado en la universidad de Bath de Reino Unido en los años 2000s, observo los mecanismos que utilizaban las impresoras que había comprado su instituto, observando las piezas utilizadas, materiales, circuitos implementados y técnica de producción. El concluyo que los costes no eran más justificables que el uso de patentes de las máquinas y la escasa producción de estas lo que aumentaba su valor.

Así nació el proyecto REPRAP (Replicating Rapid Prototyper), el cual busco con el uso de la técnica de fabricación de filamento fundido FFF, crear una maquina auto replicante en el concepto de la impresora 3D con mínimas compras de materiales de bajo costo, proyecto que nació a su vez en el concepto de Open Source Initiative con una licencia que protegiese y mantuviese libre la propiedad intelectual, generando que cualquier persona pudiese hacerse de los planos de la maquina y de quererlo poder construir su propia impresora 3D de muy bajo casto, incluso modificar los mismos planos y dejar la generación evolutiva del conocimiento siempre a demanda del público.

De manera similar el prototipo de la Maquina de Niebla salida que se pretende desarrollar en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, busca obtener una versión de bajo costo y de pocos gastos de mantenimiento que no obedezca a alguna patente existente de propiedad intelectual como lo son los homólogos industriales.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado en secciones anteriores de este documento, los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Nelson Iván Villamizar Cruz y Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento, presentaron la idea del desarrollo de una Maquina de Niebla Salina de tipo prototipo siendo el rescaldo de su homónimo comercial industrial para poder ser utilizada en los laboratorios de su Facultad para uso de prácticas estudiantiles, semilleros de investigación, personal docente o de planta o incluso terceros a la Universidad Santo Tomas.

Una Maquina de Niebla Salina de tipo comercial de tamaño medio, supone un precio muy elevado para su adquisición por parte de la universidad Santo Tomas, esto sin contar los recurrentes mantenimientos que tendrá el artefacto en su tiempo de vida al tratar con la corrosión de materiales. Por qué se plantea la idea de la creación de esta Maquina en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, solventando los precios de adquisición de una de forma industrial, obteniendo un prototipo que sea de fácil mantenimiento y rescaldo posterior de tecnologías.

Los Ingenieros cuentan con el chasis terminado para poner en marcha la implementación de instrumentos mecánicos, eléctricos, electrónicos y digitales que permitan el correcto funcionamiento de la Maquina de Niebla Salina el cual se espera sea muy similar al modelo comercial de tipo industrial, aunque entendiendo las diferencias propias que conlleva el rescaldo he invención de nuevas tecnologías.

Aparte del hardware, también se requiere la implementación del software adecuado que permita el manejo guiado por parte del personal y autónomo de la misma máquina. Este programa debe permitir un monitoreo constante de las variables ambientales de la máquina, con su debida interfaz gráfica, también su forma de control de las distintas líneas de actuadores implementados y, por último, llevar un registro de todas las condiciones de uso cuando el prototipo esté en funcionamiento.

El desarrollo de este proyecto está dividido en dos grandes fases entre el planteamiento total de tiempo de 14 meses. Los primeros 6 meses corresponden al trabajo realizado sobre el prototipo dentro del espacio académico de Practica empresarial, mientras que los 8 meses contiguos corresponden al tiempo dado para el desarrollo de la Tesis de grado propiamente dicha.

Esta división está dada ya que el proyecto inicio para la universidad como una orden de compra con No. USTA000030997 de materiales varios para la elaboración de proyectos para los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Sin embargo, ya por encargo personal externo a la universidad, los Ingenieros de la misma Facultad, Nelson Iván Villamizar Cruz y Juan Rodrigo Salamanca Sarmiento, contrataron por su mano para la implementación de materiales en el chasis preparado para la elaboración de la Maquina de Niebla Salina y el software de básico de funcionamiento, convirtiéndose esto en el trabajo realizado en el espacio académico de Practica Empresarial.

Ahora bien el desarrollo de la Maquina de Niebla Salina aún no está culminado, tanto en el apartado de hardware como retoques en los planos eléctricos, electrónicos y mecánicos; diferentes conexiones de potencia y conexiones digitales; o adecuamientos mínimos de componentes en el chasis; como aún más en el apartado del software, donde aparte de lo ya elaborado para testear funcionalidades entre el centro computo hasta los actuadores y sensores, se espera conseguir un programa más robusto de uso que cumpla con los diferentes requerimientos de usuario y funcionamiento optimo del prototipo.

Es así como, para culminar con el desarrollo de este proyecto se toma la elaboración como trabajo continuado en la actual tesis, titulada “SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO DE LA MÁQUINA DE NIEBLA SALINA PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.”, en modelo de desarrollo tecnológico, obrando como Autor el Estudiante de decimo semestre Luis Felipe Narvaez Gomez identificado con cc. 1.049.652.438.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Implementar el prototipo de hardware y software de una Máquina de Niebla Salina para la generación de atmósferas ácidas que permita el deterioro controlado de los diferentes materiales del laboratorio de Mecánica de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar los componentes de hardware necesarios para la comunicación entre Raspberry PI y la línea de actuadores y sensores, permitiendo la gestión en tiempo real de la Máquina de Niebla Salina.
2. Instrumentar la Máquina de Niebla Salina con los diferentes componentes de hardware adquiridos en la Orden de Compra No. USTA000030997 y los elaborados propiamente; permitiendo la construcción de dicho prototipo.
3. Desarrollar el Software que permita la gestión en tiempo real de los actuadores y las magnitudes físicas de la Maquina de Niebla Salina, permitiendo la visualización de los datos ambientales.
4. Validar la comparación y el funcionamiento de la Maquina de Niebla Salina con su homologo comercial, a partir de protocolos de prueba basados en la comparación de la ficha técnica y resultado del grado de deterioro de los materiales sometidos a la atmosfera acida del prototipo construido.

# MARCO DE REFERENCIA

# METODOLOGÍA

El método de desarrollo escogido para este proyecto es el de Work Breakdown Structure o WBS como lo llamaremos en adelante en el presente documento, el cual cobija de buena manera tanto el trabajo en instrumentación y diseño de hardware especializado, como el desarrollo de software que permita el control y monitoreo de la Maquina de Niebla Salina;

El WBS como lo especifica sus siglas en ingles es un método de trabajo que permite desglosar la elaboración de un proyecto en pequeñas tareas o actividades con sus debidos entregables o terminación de fases, permitiendo una mayor coordinación y orden en el proceso de desarrollo.

El uso de WBS permite ordenar y clasificar las actividades de desarrollo del proyecto que obedezcan a una jerarquía de realización según la importancia y línea de construcción de lo que se quiere realizar. Para los WBS tenemos dos tipos de estructuras de desglose con las que podemos trabajar, una basada en entregables y otra basada en fases.

Los WBS basados en entregables desglosan el desarrollo de un proyecto en diferentes actividades, cada una de ellas posee un “producto” o resultado que se puede evidenciar y que en suma de todos ellos cumplen con la realización plena del proyecto.

Los WBS basados en fases desglosan al proyecto en actividades que marcan fases de desarrollo, obedecen a una línea de evolución del trabajo y aunque no siempre se tengan resultados en cada una de las fases con los cuales se pueda evidenciar un progreso, al corresponder a la línea de evolución del trabajo, ir cumpliendo fases sumara al final realización plena del proyecto.

Para al proyecto titulado como “Sistema de monitoreo y control para el funcionamiento del prototipo de la Máquina de Niebla Salina para los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica”, se trabajará una combinación de ambos tipos de WBS.

Esto quiere decir que la construcción de la Maquina de Niebla Salina estará separada en fases de desarrollo, las cuales siguen una línea coherente de evolución en el trabajo, a su vez cada fase posee una serie de actividades o tareas a cumplir organizadas jerárquicamente con sus respectivos entregables que en sumatoria ayudan a cumplir en orden y con eficiencia los objetivos de cada fase y así con la culminación del proyecto que se quiere construir.

La forma en que funciona es la siguiente:

1. Determinar línea de evolución del proyecto de forma general
2. Identificar fases de desarrollo del proyecto
3. Segmentar cada fase en diferentes actividades que permitan en orden llegar a alcanzar el objetivo propuesto.
4. Asegurar un entregable por actividad que en conjunto satisfaga la realización plena de la fase.
5. Desarrollar actividades y fases en orden jerárquico asegurando una evolución guiada del desarrollo del proyecto hasta su culminación.

La implementación de WBS para el desarrollo del proyecto facilita la comprensión de las tareas esenciales de construcción del mismo, así como la estimación de coste parcial de cada fase y total del proyecto, plasmar las actividades importantes de forma ordenada y coherentes a la línea de fabricación de un producto, programar el trabajo claramente en un cronograma, poder asignar roles y responsabilidades con el personal involucrado, identificación de posibles riesgos y tener una clara pauta de seguimiento del proceso de realización.

Revisar tiempos de hablado de esta metodologi, ampliar si es necesaio y ver del anteproyecto si es necesario reciclar algunas cosas del cronograma de actividades sobre todo lo que se explicó en las fases.

# RESULTADOS

# ¿COMO FUNCIONA DE LA MAQUINA DE NIEBLA SALINA?

# DESARROLLO DEL CHASIS Y COMPONENTES MECÁNICOS

# DESARROLLO ELÉCTRICO

La Maquina de Niebla Salina utiliza diferentes conexiones de potencia eléctrica para poder funcionar, estas comprendidas entre alimentaciones generales, específicas y de conmutación para los actuadores instalados, esto último también dado por directrices lógicas de componentes electrónicos desarrollados específicamente para el prototipo.

Corriente alterna, corriente directa y su circulación en colombia

Se puede entender al apartado eléctrico de la Maquina de Niebla salina como un conjunto de bloques de alimentación y conmutación por donde circula la corriente eléctrica necesaria para el pleno funcionamiento del prototipo. En orden de magnitud se trabajo con el valor estándar de la corriente eléctrica para el sector hogar en Colombia, la cual esta dado en los 110v AC hasta los 125v AC, con una frecuencia de operación semi estable de 60Hz, según normativa \_\_\_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_ y vigilada por \_\_\_\_\_ la cual es de uso corriente en los laboratorios de Mecánica de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja Edificio Santo Domingo según como dicta el RETIE.

Internamente en la Maquina de Niebla Salina se hacen derivaciones y transformaciones de la energía eléctrica según conveniencia de funcionamiento, esto entre estabilizadores de energía que permitan disminuir el riple de la onda sinusoidal de la energía que se pretende aprovechar y fuentes eléctricas que transformaran la tensión recibida en AC a una aprovechable por ciertos componentes que utilizan DC.

En el siguiente diagrama se puede apreciar de forma general las conexiones lógicas y de potencia que posee el circuito eléctrico y electrónico de la máquina de niebla salina.

Reemplazar la imagen por la definitiva con conexión de sensores.

Diagrama, Esquemático

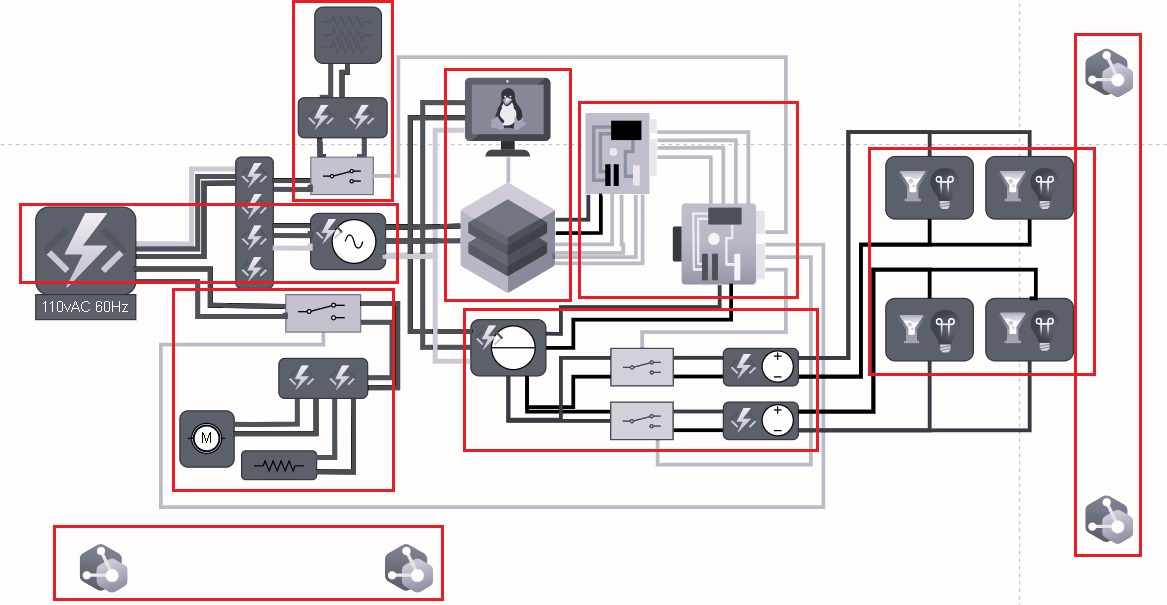
Descripción generada automáticamente

Fig #. Plano general ilustrativo de conexiones eléctricas y electrónicas

Como se menciona anteriormente, este solo es una imagen ilustrativa en forma muy generalizada de las conexiones que existen entre los componentes que conforman el prototipo, desde alimentaciones de energía, transformaciones de corriente alterna a directa, conexiones y alimentaciones de baja potencia, áreas de conmutación y áreas de lógica y censado de magnitudes.

Para poder explicar el funcionamiento de cada una de las diferentes partes que conforman el circuito eléctrico y electrónico del sistema, podemos sectorizarlo en nueve (9) secciones como se ve en la siguiente imagen.

Cambiar la imagen conforme se avanza en libro y se conectan los sensores a la maquina



### Sección 1: Alimentación General del Sistema.

La primera sección está compuesta por la línea de alimentación general del sistema, su distribución y acoplamiento a un sistema multipunto de regulación de picos de energía eléctrica.

El laboratorio de Mecánica donde reside la Maquina de Niebla Salina, el Laboratorio de Materiales, posee un circuito protegido de corriente debido a las diferentes tareas y trabajos que se realizan esta locación. Des el manejo de maquinas pesadas, hasta la puesta en marcha de motores de alta potencia, el circuito eléctrico de alimentación de este salón debe poder soportar diferentes cargas energéticas sin sobrepasar el límite máximo formulado y a su vez aislar esta sección del circuito eléctrico general del Edificio Santo Domingo de la Universidad Santo Tomas, en caso de que llegase a presentar algún problema como sobre cargas o cortos circuitos.

Una de las diferentes protecciones eléctricas del circuito del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica, es la utilización de Brakers, Interruptores o disyuntores Magneto-termicos, cuya función es la de cortar el paso de la corriente eléctrica cuando esta misma supere un determinado umbral de operación fijado con anterioridad en el componente, esto quiere decir que un Braker de 3A no dejara circular un flujo eléctrico igual o superior a este valor de amperaje.

El Braker corta el flujo de corriente debido a los procesos térmicos y magnéticos que produce la circulación de la corriente eléctrica en determinados valores de Amperaje. Es así que la función de este dispositivo es la de proteger la instalación eléctrica y los quipos que reciden en ella, en este caso el Laboratorio de Materiales y la maquinaria que yace en el, esto en caso de darse sobrecargas de corriente, cortos circuitos, variaciones en la entrada del flujo de corriente y sobrecalentamientos de la misma red.

Además del Braker Magneto-termico, tambien se encuentran los de tipo diferencial, sin embargo estos no se nombran dentro de este trabajo, pues los vistos que están instalados en el Laboratorio de Materiales son los del primer tipo.

Debido a la naturaleza de trabajo de los brakers, podemos inferir que la red eléctrica que podrá alimentar a la Maquina de Niebla Salina será de aproximadamente 115 VAC a una frecuencia de 60Hz pero limitada por un braker principal a 50A y brakers auxiliares de 20A. Toda carga que supere este valor de corriente provocara que se abra el circuito eléctrico de la toma que se este utilizando para alimentar el prototipo.

La Maquina de Niebla Salina utiliza dos hilos de conexión a la toma corriente del Laboratorio de Materiales, una línea se conecta para alimentar una multitoma eléctrica con salidas con el mismo valor eléctrico que la toma raíz; mientras que el segundo hilo alimenta directamente un Conmutador de potencia de tipo Rele.

Conectado a la multitoma eléctrica se encuentra un Regulador de Corriente de corriente alterna y un conmutador de potencia de tipo Rele.

En forma general, existen dos tipos de reguladores en el mercado, los reguladores de Voltaje y los reguladores de Corriente. Los reguladores de Voltaje son dispositivos eléctricos que ayudan a suministrar una tensión eléctrica estable, protegiendo así a equipos electrónicos y eléctricos que se conecten a él, así asegurando que estos últimos no estén expuestos a sobrevoltajes, caídas de tensión y variaciones de voltaje.

Los Reguladores de voltaje ayudan a diferentes dispositivos de uso de flujo de corriente eléctrica a poder operar dentro de los rangos establecidos óptimos de funcionamiento de cada dispositivo, estos parámetros son prestablecidos de fabrica y aseguran un funcionamiento acorde para el que fue construido cada aparato, en cado de superar esta margen de operación eléctrica, tanto por mínimo o máximo en la alimentación, se corre el riesgo de mal-logramiento del dispositivo, fallas de funcionamiento y daños que pueden llegar a ser irreversibles.

Los reguladores de corriente tienen como función lograr una salida de corriente eléctrica, constante y sin alteraciones o dependiendo su configuración, con mínimo de estas; esto lo debe de lograr sin importar las variaciones de la tensión eléctrica de alimentación y el nivel de carga se propoga a alimentar.

Para poder funcionar, un regulador de corriente funciona como un circuito de control basado en la realimentación negativa, en donde la señal de salida del sistema de regulación se compara constantemente con la señal de entrada, en caso de existir una diferencia entre ambas se procederá a ajustar la salida reduciendo en gran medida la diferencia existente, regulando así la salida de corriente.

Diagrama de realimentación basico

Hay dos tipos de reguladores de corriente, estos son los reguladores de tipo lineal y los reguladores de conmutación.

Los reguladores de corriente lineales utilizan un elemento de control, normalmente un transistor de potencia o un diodo Zener, este dispositivo vario su resistencia con la finalidad de mantener un nivel de corriente designado para cierta carga, sin que sea afectado por las flutaciones de la tensión eléctrica. En caso de un dispositivo de rectificación detecte una diferencia entre un valor de referencia y la señal de salida, enviara una señal al elemento de control para ajustar la resistencia y por tanto la corriente entregada por el Sistema de Regulación.

Un Regulador de corriente de Conmutación, al contrario que variar una resistencia como dispositivo de control como se ve en el lineal, utiliza un interruptor de corriente de estado solido, logrando obtener una señal pulsátil, la cual es suavizada después por medio del uso de un filtro, obteniendo así una señal de salida constante de corriente. En este conmutador también se utiliza un elemento de verificación que compara la señal entregada a la salida con un valor de referencia, el cual al detectar una diferencia entre ambas magnitudes, envia una señal de ajuste del tiempo de trabajo de conmutación en el interruptor, asegurando una salida constante de corriente.

Es así que en la Maquina de Niebla Salina se instala un Regulador de Corriente con la finalidad de suministrar a dispositivos de consumo delicado de corriente eléctrica, una señal constante con e mínimo de Ripple posible para su funcionamiento optimo, evitando una isminuacion de la vida útil de os dispositivos conectados al regulador y daños producidos por alteraciones en la red eléctrica del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica.

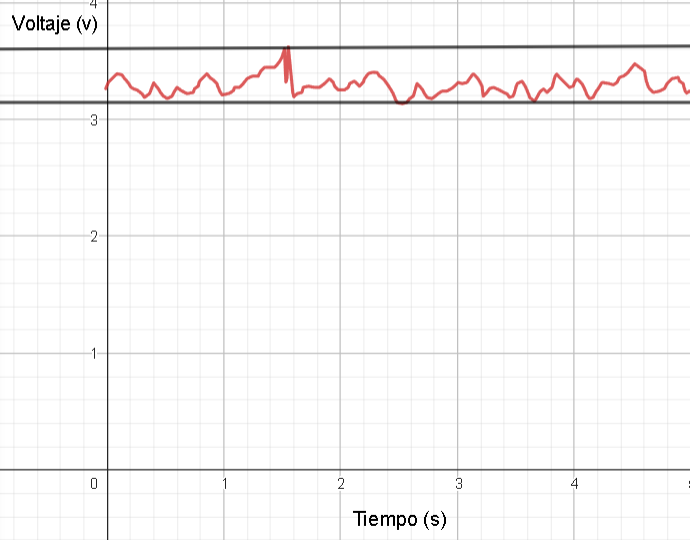
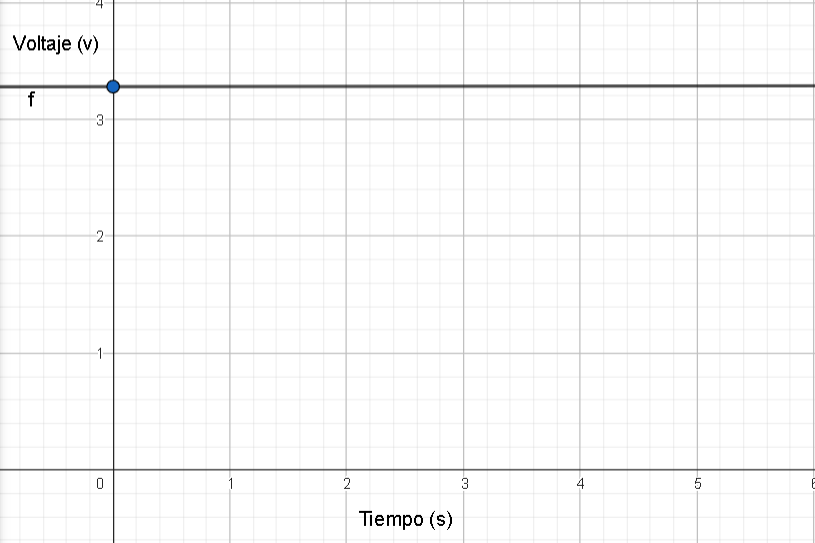
Debido a la naturaleza del trabajo que se desempeña en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingenieria Mecánica, como lo es, el uso de motores, alimentación de cargas pesadas eléctricamente, conmutación de corto ciclo de trabajo de ciertos dispositivos ya alimentación de Maquinas que producen picos de corriente y alteraciones en la red eléctrica de la instalación; la propia señal eléctrica de alimentación para la Maquina de Niebla Salina se encuentra ihnerentemente plagada de alteraciones de picos y rizos que dependiendo de su gravedad, podrían salirse del rango de trabajo regular de los dispositivos electrónicos que conforman el prototipo o bien pueden dañarles.

El trabajo así del regulador de corriente para la maquina de niebla Salina es la de entregar una señal con bajo índice de Ripple en corriente alterna para así pueda ser utilizada apropiadamente en su transformación a corriente directa por los dispositivos requeridos para el funcionamiento de cierta electrónica.

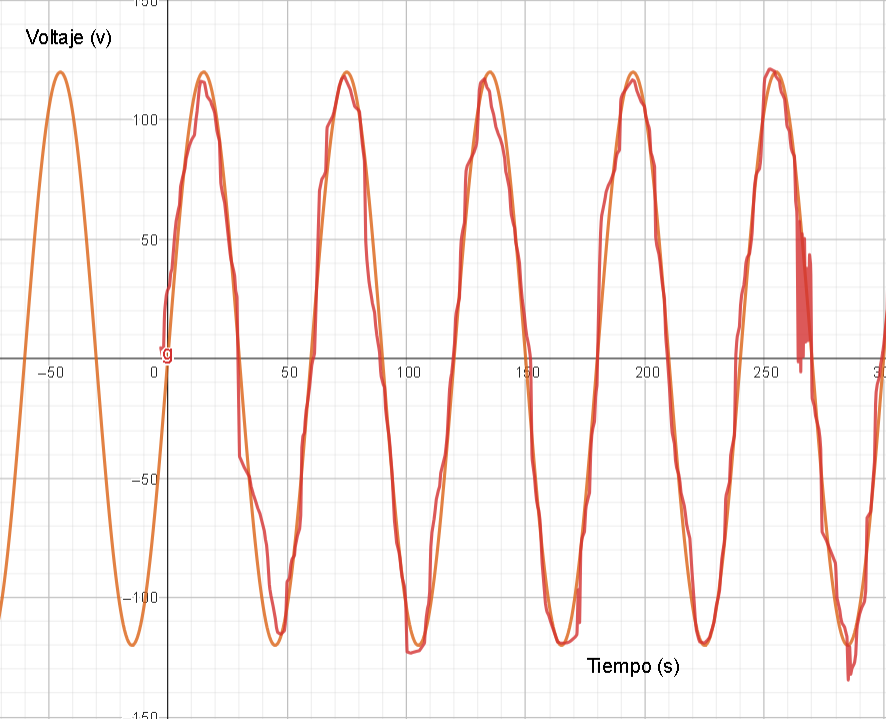
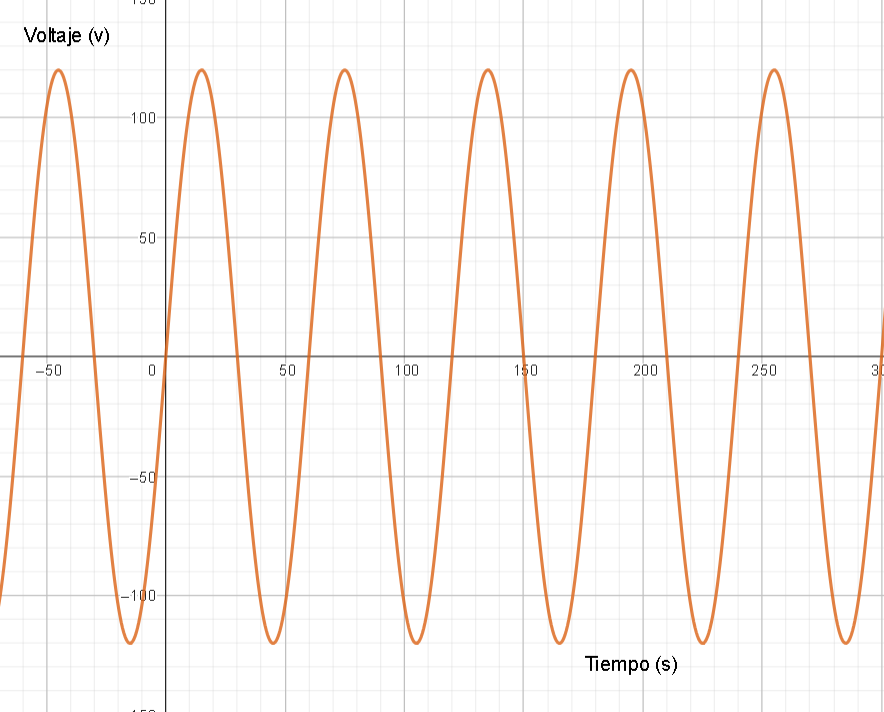
Para entender como tal el Ripple eléctrico debemos observarlo como el ruido que se puede filtrar a la red eléctrica y que altera la señal de la misma, esto puede ser producido por alternadores en un laboratorio o Motores dentro de una fabrica u otros dispositivos, que por su tipo y forma de trabajo, devuelven cierta señal en ciclos de trabajo a la red eléctrica que los alimenta. Esta red es posteriormente utilizada para alimentar a ciertos equipos electrónicos que, en caso de no estar protegidos pueden resultar dañados al corto y largo plazo.

Es por este último motivo que en el desarrollo de este prototipo se utiliza un regulador que proteja el centro de cómputo, pues la Maquina de Niebla Salina convivirá en el Laboratorio de Materiales junto a otros equipos producidores de ruido eléctrico.

En la siguiente imagen podemos observar la simulación de una señal de voltaje de aproximadamente 3.3vDC no alterada por Ripple eléctrico ubicada a la izquierda, mientras que a la derecha tenemos el mismo valor de flujo eléctrico salvo que este si esta alterado por ruido eléctrico que le hace no ser constante en una variación de 0.4Vpp de la señal, por tanto su valor real seria de ~3.3vDC +- 0.2Vp alternando entre 3.1VDC a 3.5VDC, valores que pueden alterar el funcionamiento o lectura de algún dispositivo que requiera de el.



El Ripple eléctrico como ya se ha mencionado se cuela en la señal sinusoidal de la corriente que alimenta la misma red de los equipos que funcionan con energía alterna, un ejemplo de esto es la siguiente simulación de una corriente eléctrica monofásica de 120Vp en AC a 60Hz o que es lo mismo a 1/60s. La imagen de la izquierda muestra una señal limpia, sin apenas variaciones sobre la onda, mientras que la de la derecha se muestra con ruido eléctrico, el cual puede ser colado a la red tras el uso de maquinaria con alta carga eléctrica, ciclos de trabajo devueltos o picos de estrés en la misma.

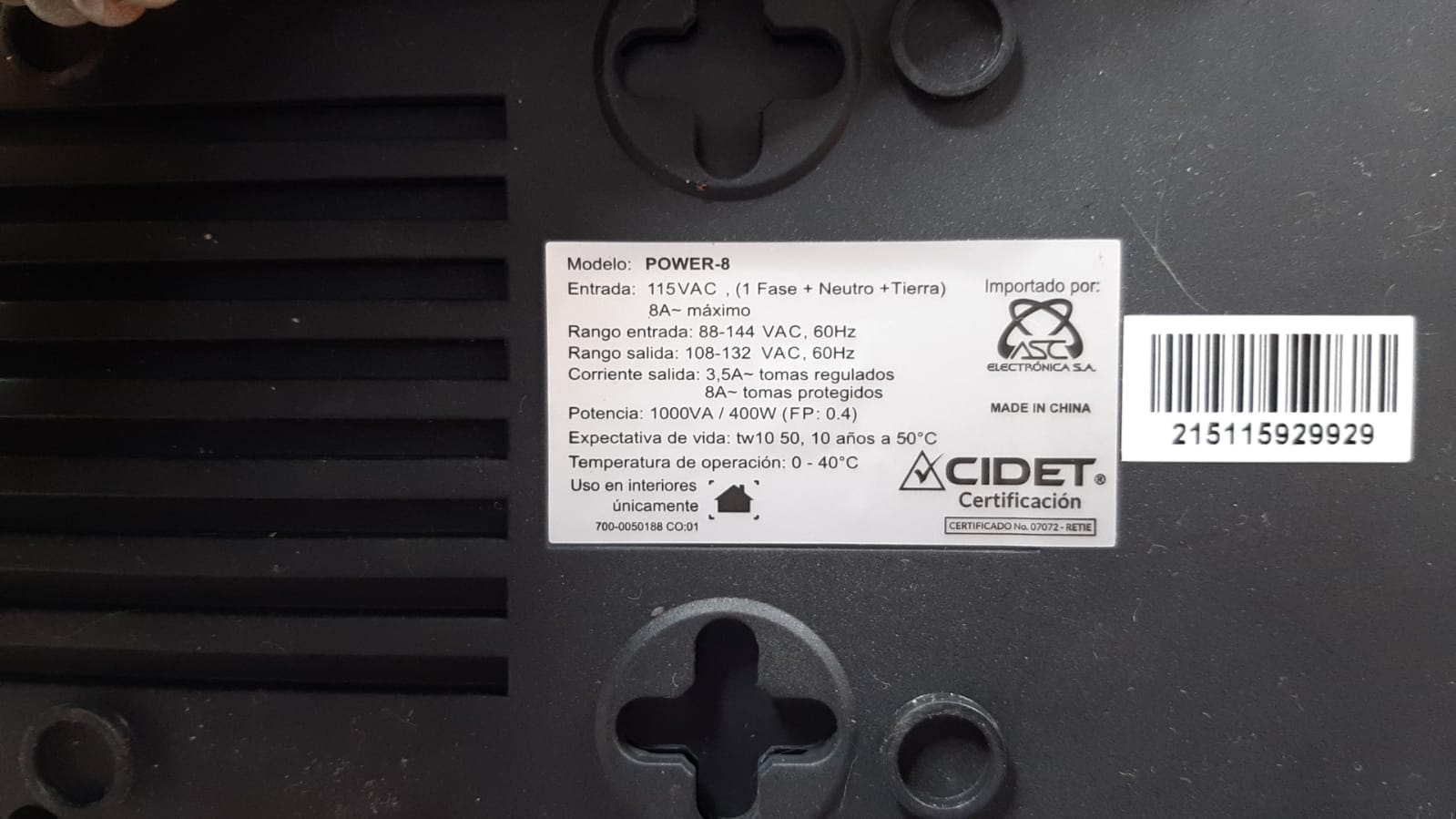


Es así que el regulador eléctrico sirve de barrera entre el ruido eléctrico procedente de la red de alimentación del Laboratorio de Materiales, por medio de filtrado y comparación de señales, ofrece una salida limpia y constante de energía eléctrica a los equipos de computo que conforman la maquina de niebla salina. El Regulador de corriente utilizado ofrece en su trabajó ocho (8) salidas de corriente filtrada y constante, divididas en cuatro(4). salidas con regulación normal y cuatro (4) salidas protegidas.

La primeras cuatro (4) salidas del regulador de corriente son de tipo regulado, entregando un volatje de 108-132VAC con una frecuencia de 60Hz y una corriente de máximo 3.5A. Estas son ideales para conectar dispositivos que no necesiten mayor uso de carga eléctrica y en caso de que sea requerido un valor mayor a este, el Regulador se apagara en respuesta de protección del circuito, pues en caso contrario se podría inducir a danos en equipos o mantener cortos circuitos. La salida Eléctrica es de tipo constante y filtrado.

Las segundas cuatro (4) salidas del regulador de corriente son de tipo protegido y regulado, esto quiere decir que, además de entregar un flujo de corriente constante y sin risos en la señal de salida, y tambien en caso de ecceder el amperaje suministrado, el regulador cortara el suministro de energía para proteger el dispositivo; tambien protege contra altibajos de potencia y sobre picos en la señal de corriente que pueden por su naturaleza en el momento de presentarse provocar danos inmediatos e irremediables a la delicada electronica que se conectara a el, esto ultimo tambien es llamado protección de sobrepicos.

Estos valores de salida los podemos encontrar fácilmente en la etiqueta aderida en el chasis del regulador de corriente como se muestra en la siguiente imagen.



El esquema eléctrico de esta sección es el que se muestra a continuación, donde la Entrada de corriente eléctrica esta dada por una conexión directa a la toma eléctrica del Laboratorio de Materiales de la facultad de Ingenieri Mecánica, ambos hilos se conectan a este enchufe de corriente y se esquematizan como conexiuones en paraleo, uno para la Multitoma eléctrica, que se toma como conexiones en paralelo también al circuito de corriente del Laboratorio, mientras que el otro hilo es independiente para la conmutación de potencia B correspondiente al Motor de Compresión de Aire y la resistencia de Agua. D4e la multi-toma se despliega la alimentación para el regulador de corriente, cuyo circuito eléctrico es desconocido para fines de este proyecto, por lo que es ejemplificado como caja negra en el esquemático, pero que suministra una serie de ocho salidas de alimentación para la electrónica y centro de computo del prototipo.

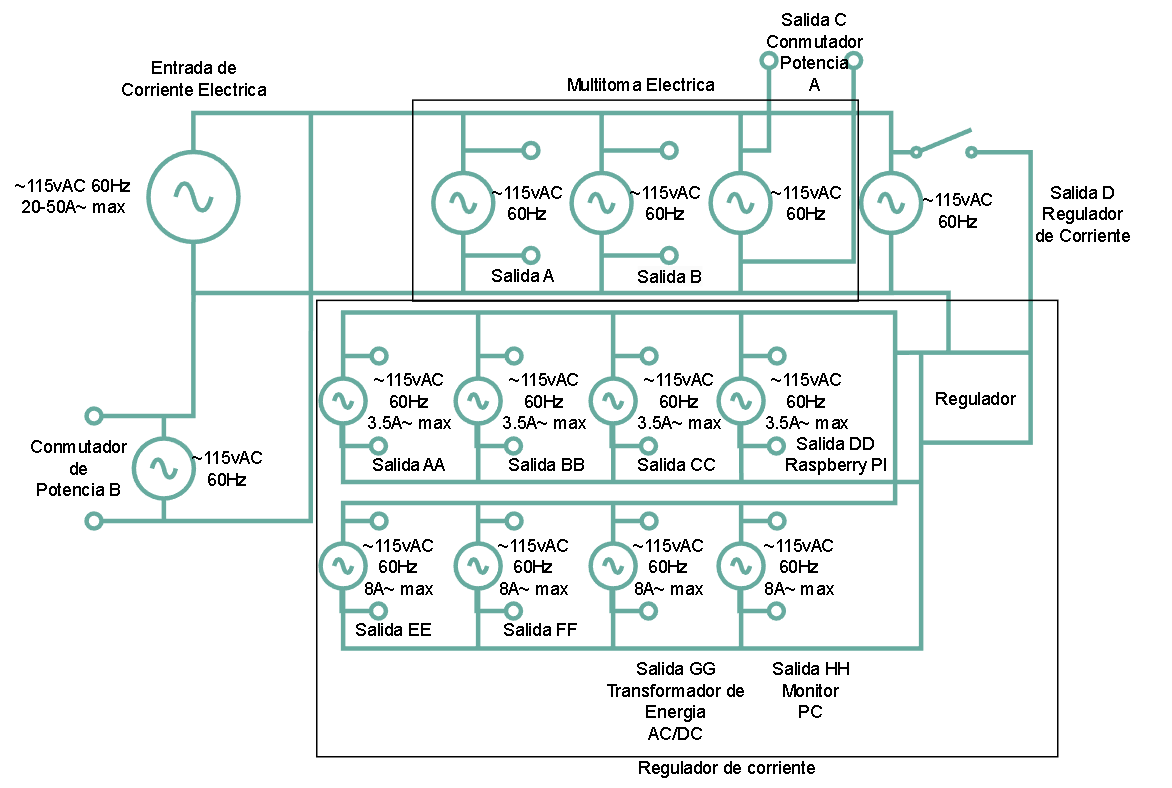


Fig.#: Esquemático eléctrica sección uno alimentación general eléctrica de la Maquina de Niebla Salina.

### Sección 2: Conmutación de Potencia, Compresor de Aire y Resistencia Sumergible.

Esta sección comprende la primera derivación del flujo de corriente suministrado a la Maquina de Niebla Salina que es utilizado para la alimentación de uncomponente de funcionamiento de esta. En esta sección se utiliza uno de los hilos de alimentación que llegan del toma corriente eléctrico del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingenieria Mecánica, abriendo una disrrupcion para poder controlar el suministro eléctrico de forma controlada por medio del uso de un interruptor de estado solido de alta potencia y una orden de control otorgada por el circuito electrónico de la Maquina.

La Maquina de niebla salina utiliza para la producción de esta atmosfera corrosiva, el principio de gasificación del agua a través de llevarla a punto de ebullición el agua y el arrastre que tiene esta niebla de vapor con el arrastre de químicos disueltos en líquido.

Es así como se obtiene el siguiente circuito de aire en donde se sitúa un tanque que se utiliza como almacenador de agua y un segundo donde resida el químico a utilizar para el deterioro de materiales; ambos tanques están conectados por medio de tubería y la salida de ambos comunica directamente con la cámara sellada del prototipo.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Los recipientes son de sellado hermético para evitar desfogues de vapor y agua, producto de poner este liquido a hervir, así con el sellado se evita que la atmosfera humeda llegue a la electrónica sensible del prototipo. Para hacer hervir el agua, se coloca dentro del tanque de almacenamiento de agua una resistencia eléctrica especializada para esta labor dentro de un recipiente que la contenga de forma estable y aislada con el mismo tanque.

El diseño de la misma resistencia es de forma cilíndrica y por el material del que esta fabricado el tanque, el cual es plástico, se puede incurrir en deformaciones o danos por calor al estar en contacto el alambre de la resistencia con las paredes del tanque. Se fabrico un recipiente impreso en 3D con el que se asegura que el alambre solo entre en contacto con el agua y no con las paredes del tanque.

Imágenes del recipiente de la resistencia elaborado en 3D

El tanque de agua posee dos sensores conectados a la placa electrónica correspondiente y analizados por el centro de computo y el respectivo software a cargo. Estos sensores son de tipo interruptor y variador resistivo.

El primero es un sensor que es utilizado para medir el llenado del tanque, cuando el tanque llace lleno se encuentra cerrado, mientras que cuando se a vaciado lo suficiente se encontrara abierto; estas cualidades se pueneden aprovechar por software, delimitando el funcionamiento de la Maquina de Niebla Salina a parámetros seguros, pues la resistencia eléctrica no debe estar en funcionamiento sin la presencia de liquido al cual hervir, esto es pues que en ausencia de agua se sobrecalentara hasta romperse y ocasionar de paso deformaciones al material que la contiene.

El segundo sensor es el modulo MAX6675, el cual es un convertidor análogo digital con una resolución de 12 bits, corrección lineal y detección de línea rota de termopar; además de una compensación interna al frio. Es utilizado en la Maquina de Niebla Salina para observar la temperatura del tanque de agua con ayuda de la extensión de la punta de medición en forma de termocupla que puede sumergirse logrando un rango de trabajo de hasta 800°C.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Cambiar el Grafico conforme se avance libro y se sepa el valor exacto suministrado por la placa de control.

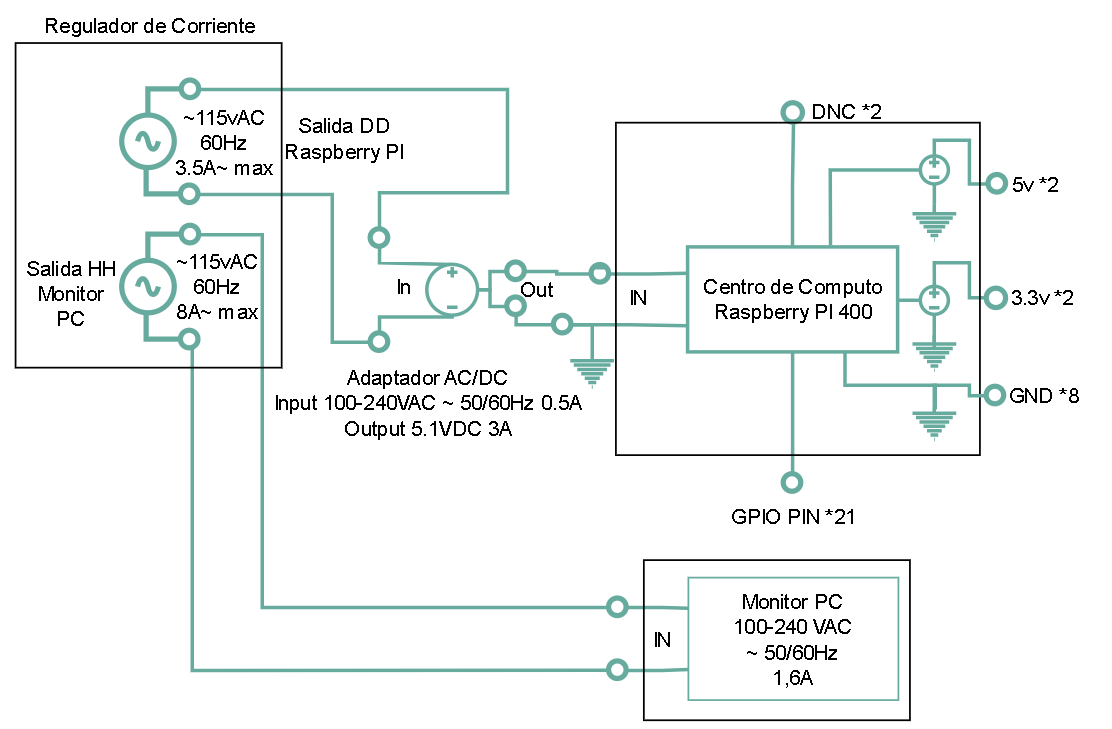
Sección 3: Conmutación de Potencia, Hornillo Eléctrico.

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Cambiar gráfico conforme avanza el libro de grado y se averigua el valor de la fuente de conmutación (placa de conmutación que entrega)

Sección 4: Centro de Computo Lógico del Sistema.



Cambiar gráfico conforme avanza el libro de grado y se averigua el valor de la fuente de conmutación (placa de conmutación que entrega)

Sección 5: Alimentación de Baja Potencia y Conmutación de Luminarias.

Sección 6: GPIO de Raspberry PI y Placa Electrónica de Conmutación de Potencia.

Sección 7: Luminarias del Sistema.

Sección 8: Censado de Temperatura de Cámara de Niebla Salina.

Sección 9: Censado de Temperatura y Presencia de llenado del Tanque de Liquido del Sistema.

# DESARROLLO ELECTRÓNICO

# DESARROLLO DE SOFTWARE HORIZONTAL

# DESARROLLO DE SOFTWARE VERTICAL

# TECNOLOGÍAS IOT, INDUSTRIA 4.0 Y MAQUINA DE NIEBLA SALINA

# DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

# COMPARACIÓN DE LA MAQUINA REALIZADA CON SU HOMOLOGO INDUSTRIAL A TRAVÉS DE DATOS TÉCNICOS.

# CONCLUSIONES

# TRABAJOS FUTUROS

# BIBLIOGRAFÍA

## LIBROS

## WEB

1. *Códigos de Colores HTML*. (2015, septiembre 3). HTML Color Codes. <https://htmlcolorcodes.com/es/>
2. *Generador de citas APA*. Bibguru. Recuperado el 25 de noviembre de 2023, de <https://www.bibguru.com/es/c/generador-citas-apa/>
3. *MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple- to-Digital Converter (0°C to +1024°C)*. Analog.com. Recuperado el 26 de noviembre de 2023, de <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/max6675.pdf>

# ANEXOS