

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y
MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE
TELECOMUNICACIONES EN EL 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

AUTOR: WILLIAM GILBERTO TORRES SANTOS

ASESOR: DR. SANTOS MEJÍA CESAR AUGUSTO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'WGT'.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Santos'.

Callao, 2022

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

MSc. : LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ	PRESIDENTE
Mg. : JUAN NEIL MENDOZA NOLORBE	SECRETARIO
MSc. : CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ	MIEMBRO
MSc. : ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS	MIEMBRO
Dr. : SANTOS MEJÍA CESAR AUGUSTO	ASESOR

Nº DE ACTA	:	002
Nº DE LIBRO	:	1
FOLIO	:	115
FECHA DE SUSTENTACIÓN	:	17 de marzo de 2022

DEDICATORIA

A mis adorados hijos William Patrick y a mi bebe Cesar Philip, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino; en segundo lugar, a mis padres Gilberto Torres que estando en el cielo estará orgullo por el camino que llevo y a mi madre Blanca Vda. de Torres por su esmero y sacrificio.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE ANEXOS.....	5
RESUMEN	6
RIASSUMO	8
INTRODUCCIÓN.....	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Formulación de problema.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.5 Limitantes de la investigación.....	15
1.5.2 Limitantes temporal.....	15
1.5.3 Limitante espacial.....	15
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Antecedentes del estudio.....	16
2.1.1 Internacionales.....	16
2.1.2 Nacionales.....	19
2.2 Bases teóricas.....	19
2.3 Conceptual.....	27
2.4 Definición de términos básicos.....	31
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	32
3.1 Hipótesis.....	32
3.2 Definición conceptual de variables.....	33
3.2.1 Operacionalización de las variables.....	34
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	35
4.2 Método de investigación.....	35

4.3 Población y muestra.....	44
4.4 Lugar de estudio.....	45
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	45
4.6 Análisis y procesamiento de datos	45
V. RESULTADOS.....	46
5.1 Resultados Descriptivos	46
5.2 Resultados corrosión y fatiga	46
5.3 Resultados estado de balizaje	47
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	48
6.1.1 Formulación de la hipótesis de aterramiento	49
6.1.2 Formulación de la hipótesis de inclinamiento	49
6.1.3 Formulación de la hipótesis de agotamiento.....	49
6.1.4 Formulación de la hipótesis de luz balizaje.....	49
VII. CONCLUSIONES.....	51
VIII. RECOMENDACIONES	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Tipos de comportamientos en corrosión fatiga.....	18
Figura N° 2 Diagrama del sistema radiante.....	20
Figura N° 3 Medida de aterramiento de pozo a tierra de pararrayo	22
Figura N° 4 Medidas de aterramiento de torre	23
Figura N° 5 Medida de aterramiento de viento (retenida)	23
Figura N° 6 Lugar de instalaciones de sondas en estructuras de torre ..	24
Figura N° 7 Sistema de identificación de fatiga.....	25
Figura N° 8 Estado de luz de balizaje	26
Figura N° 9 Sistema de identificación de fatiga.....	27
Figura N° 10 Ilustra ciclo de vibración	30
Figura N° 13 Medición de corriente de fuga de pozo a tierra	31
Figura N° 12 Diagrama en bloque	38
Figura N° 13 Diagrama de flujo	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°. 1 Corriente de ensayos ec de corrosión.....	24
Tabla N°. 2 Operacionalización de las variables	34
Tabla N°. 3 Análisis de Laboratorio en Simulación	36
Tabla N°. 4 Datos de corrosión en laboratorio.....	40
Tabla N°. 5 Análisis de corrosión en laboratorio	41
Tabla N°. 6 Análisis de Laboratorio en Simulación de fatiga.....	43
Tabla N°. 7 Análisis y pruebas en laboratorio del estado de luz Del balizaje.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N°. 1 Matriz de consistencia.....	57
Anexo N°.2 Datasheet Sensor ultrasónico.....	59
Anexo N°.3 Datasheet Arduino Mega.....	61
Anexo N°.4 Datasheet Ethernet ENC28J60	66
Anexo N°.5 Datasheet Laser... ..	67
Anexo N°.6 Datasheet sensor de corriente	68
Anexo N°.7 PLANO... ..	

RESUMEN

La presente investigación tiene por finalidad diseñar un circuito electrónico para la identificación y monitoreo de fallas en el aterramiento y estructura metálica del sistema radiante que permita su protección y prevención. El sistema radiante está conformado por: la torre, el pararrayo, los vientos, la luz de balizaje y las antenas. Están expuestos por incidencias de rayos, fatigas mecánicas y corrosión por diversas causas tales como problemas de aterramiento, factores climáticos y la coexistencia con la flora y fauna donde se encuentran las estaciones bases celulares. Los factores más importantes en muchas regiones del Perú son las incidencias de rayos que ocasionan destrucción total o parcial en los equipos de telecomunicaciones, como también deterioro las estructuras metálica, por lo que es necesario la identificación temprana de fallas de aterramiento y estructurales, que permita su mantenimiento oportuno, lograr su protección, prevención y monitoreo; prolongando su vida útil y evitando accidentes fatales como la muerte de personas y animales. Los datos que registrara el circuito se podría evitar el colapso de las torres de telecomunicaciones. Luz de balizaje en el cual va a indicar su estado para evitar posibles incidencias de aeronaves. Toda esta información medible va a transmitir a tiempo real a la central.

El diseño electrónico planteado en esta tesis no existe en el mercado como producto total o kit en todos los sistemas de protección y prevención mencionados, es más, este tipo de sistemas en la actualidad no se instalan en los sistemas radiantes de telecomunicaciones de las estaciones bases celulares, se ha diseñado este producto con la finalidad que tolere un alto rendimiento a la intemperie y diferentes tipos de climas, temperaturas y altitudes.

Uno de los sistemas más importantes y vitales en las Telecomunicaciones se encuentra en el sistema radiante, por ello es oportuno monitorear el estado de aterramiento, agotamiento u oxidación en las estructuras de la torre de transmisión, ya que podrían colapsar y ocasionar pérdidas humanas y

materiales.

Palabra clave: Protección, prevención y monitoreo para los sistemas radiantes de telecomunicación

RIASSUMO

Lo scopo di questa ricerca è progettare un circuito elettronico per l'identificazione e il monitoraggio dei guasti nella messa a terra e nella struttura metallica dell'impianto radiante che ne consenta la protezione e la prevenzione. Il sistema radiante è composto da: la torre, il parafulmine, i venti, il faro e le antenne. Sono esposti a fulmini, fatica meccanica e corrosione dovute a varie cause quali problemi di messa a terra, fattori climatici e convivenza con la flora e la fauna in cui si trovano le stazioni base cellulari. I fattori più importanti in molte regioni del Perù sono i fulmini che causano la distruzione totale o parziale delle apparecchiature di telecomunicazione, nonché il deterioramento delle strutture metalliche, quindi è necessaria l'identificazione precoce della messa a terra e dei guasti strutturali, che ne consenta la manutenzione tempestiva, il raggiungimento la sua protezione, prevenzione e monitoraggio; prolungandone la vita utile ed evitando incidenti mortali come la morte di persone e animali. I dati registrati dal circuito potrebbero impedire il crollo delle torri delle telecomunicazioni. Faro luminoso in cui indicherà il suo stato per evitare possibili incidenti aerei. Tutte queste informazioni misurabili saranno trasmesse in tempo reale alla centrale.

Il progetto elettronico proposto in questa tesi non esiste sul mercato come prodotto totale o kit in tutti i sistemi di protezione e prevenzione citati, inoltre, questo tipo di sistema non è attualmente installato negli impianti di telecomunicazione radiante delle stazioni base. , questo prodotto è stato progettato con lo scopo di tollerare elevate prestazioni all'aperto e diversi tipi di climi, temperature e altitudini.

Uno dei sistemi più importanti e vitali nelle Telecomunicazioni si trova nel sistema radiante, per questo motivo è opportuno monitorare lo stato di messa a terra, esaurimento o ossidazione delle strutture della torre di trasmissione, poiché potrebbero crollare e causare danni umani e materiali perdite.

Parola chiave: Protezione, prevenzione e monitoraggio degli impianti di telecomunicazioni radianti.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación tiene por finalidad diseñar un circuito electrónico de protección y prevención para el sistema radiante que conforma la torre, el pararrayo, los vientos y luz de balizaje. Problemas de aterramiento en los sistemas radiantes puede causar que el rayo no siempre incida en el pararrayo. Muchas estructuras del sistema radiante están sujetas a un desgaste debido a las fatigas mecánicas y corrosión que puede traer como consecuencia el colapso de la torre. Como complemento se encuentra la luz de balizaje de los estacones de bases celulares como sistema de advertencia ante una estructura en altura.

La falta de un monitoreo de las fallas en el sistema radiante puede tener consecuencias fatales, como el desplomo o colapso de la torre causando pérdidas ende la vida de personas y animales, además de dejar la torre inoperativa y en muchos casos inservible. Aunque los sistemas radiantes tienen protección como el pararrayo, estos no toman en cuenta que el número de incidencias y la efectividad del impacto de los rayos están relacionado con la diferenciación de la resistencia de aterramiento entre los elementos de la torre y la tierra. Los sistemas radiantes en la actualidad no cuenta con un sistema de monitoreo del desgaste mecánico por fatiga – corrosión y en el Perú no existe un producto para su implementación como parte del sistema de protección y prevención de fallas. En este trabajo de investigación se centra en diseñar un circuito electrónico que permita resolver este problema, de modo que el sistema radiante reciba oportunamente el mantenimiento preventivo y su operatividad sea continua, sobre todo en aquellos sistemas radiantes que están sujetos a condiciones climáticas y de coexistencia con su entorno que estimulan su deterioro.

Este trabajo pertenece a las ciencias de la electrónica en la línea de investigación de telecomunicaciones de estaciones bases celulares, el objetivo principal es diseñar un circuito electrónico para la identificación y monitoreo de fallas en el aterramiento y estructura metálica del sistema

radiante que permita su protección y prevención. Los procesos para el diseño del circuito electrónico para la identificación de fallas de fatiga – corrosión en la estructura del sistema radiante, el diseño del circuito en resumen sigue los siguientes procesos: diseñar el algoritmo matemático y electrónico, el diagrama de flujo, el diagrama en bloque y el diseño electrónico, los cuales se realizan mediante simulaciones.

La estructura de la tesis está organizado del siguiente modo: en la primera parte se hace el planteamiento del problema, donde se expresa formula el problema de investigación de los sistemas radiantes de telecomunicaciones de estaciones base celulares y los objetivos de este trabajo de investigación. En la segunda parte se expone el marco teórico, donde se expresa los antecedentes y los fundamentos necesarios que respaldan la metodología y los resultados obtenidos. Las referencias relacionadas a esta investigación se han obtenido de las empresas transnacionales y nacionales en la especialidad de estaciones base celulares, tanto como de enlaces de microondas punto a punto y punto multipunto de telefonía. En la tercera parte se expresan las variables e hipótesis, donde se conceptúan y operacionalizando las variables, se expresan la hipótesis general y específica. En la cuarta parte se expresa la metodología, el diseño y el nivel de investigación, así como la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La diferencia de la conductividad entre los diferentes componentes del sistema radiante y el sistema de protección del pararrayos hace que los rayos no siempre incidan en el pararrayo, ocasionando pérdidas de los bienes en los sistemas radiantes y en el sistema de transmisión. Las incidencias de los rayos en la estructura metálica de la torre de comunicación o en las retenidas de los vientos, causa agotamiento estructural por fatiga - corrosión, con el riesgo de su desplome y pérdidas de vidas humanas y animales además de la inoperatividad del sistema.

Los sistemas de protección de las estaciones base de celular no cuentan con un sistema de detección de fallas y monitoreo del diferencial de conductividad del aterramiento del pararrayo, la estructura metálica de la torre y los vientos de tal manera que proporcione información para la protección del sistema radiante, en ese sentido desde las ciencias de la electrónica se enfrenta el problema de diseñar un circuito electrónico que cumpla los requerimientos de monitoreo del nivel de corrosión y el agotamiento metálico de las estructuras en puntos estratégicos.

En la literatura existen distintas investigaciones que tratan sobre sistemas de protección para estaciones de telecomunicaciones de celulares, en este trabajo se tiene un enfoque denominado sistema de modulación combinada de energía renovable, la cual consiste un novedoso sistema de protección y monitoreo en las estructuras de torre y en el aterramiento del sistema de protección, el cual puede ser instalado en una estación de Telecomunicaciones.

1.2 Formulación del problema

La identificación temprana de aterramiento, fallas por fatiga - corrosión en un sistema radiante es importante para su operatividad y la prevención de accidentes, que pueden tener consecuencias fatales para la vida humana y de los animales que coexisten con este sistema, y careciendo de soluciones en nuestro sistema de telecomunicaciones el presente trabajo plantea las siguientes preguntas de investigación.

- **Problema General**

¿Cuál es el diseño de un circuito de detección de aterramiento, fallas de fatiga – corrosión en estructuras metálicas para la protección, prevención y monitoreo del sistema radiante de bases celulares de telecomunicaciones?

- **Problema Específico**

Problema específico 1: ¿Cuáles son los componentes electrónicos o sensores que permitan recopilar el diferencial de la resistividad entre sistema de pararrayo, la estructura metálica de la torre y el sistema de acometida de los vientos en una estación de telecomunicaciones de bases celulares?

Problema específico 2: ¿Cuáles son los componentes electrónicos o sensores que permitan recopilar datos sobre los niveles de corrosión y agotamiento metálico en la estructura metálica en una estación de telecomunicaciones de bases celulares?

Problema específico 3: ¿Cuáles son los componentes electrónicos o sensores que permitan monitorear el estado óptimo de las luces de balizaje de la estación de telecomunicación para evitar la colisión con aeronaves?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Diseñar un circuito de monitoreo y detección temprana de aterramiento, fallas fatiga – corrosión en las estructuras metálicas para la protección y prevención de accidentes de un sistema radiante de bases celulares de telecomunicaciones.

Objetivos específicos

Objetivo específico 1: Determinar los componentes electrónicos y sensores más adecuados que permitan medir el diferencial de la resistividad entre sistema de pararrayo, la estructura metálica de la torre y el sistema de acometida de los vientos.

Objetivo específico 2: Determinar los componentes electrónicos y sensores más adecuados que permitan medir los niveles de corrosión y agotamiento metálico en la estructura metálica en una estación de telecomunicaciones de bases celulares.

Objetivo específico 3: Determinar los componentes electrónicos y sensores más adecuados que permitan monitorear el estado óptimo de las luces de balizaje de la estación de telecomunicación para evitar la colisión con aeronaves.

1.5 Limitantes de la investigación

1.5.1 Limitantes Temporales

Las limitaciones temporales están sujeto a las actualizaciones y el desarrollo de nuevas tecnologías en los componentes utilizados en el presente trabajo, el cual fue desarrollado en 2021, utilizando una placa base de Arduino.

1.5.2 Limitantes Espacial

Las limitaciones espaciales consideran las condiciones geográficas y climáticas, así como de la temperatura, humedad y ubicación de las torres, el circuito diseñado ha sido probado en laboratorio, por lo que se deja a futuras investigaciones analizar su aplicación bajo condiciones ambientales y ecológicas diferentes.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

El diseño de un circuito de monitoreo y detección temprana de aterramiento, fallas de fatiga – corrosión de un sistema radiante pertenece a la línea de investigación de Telecomunicaciones del área de las ciencias electrónicas, que se relaciona con la seguridad estructural de las torres de telecomunicaciones enfocando principalmente en la fatiga - corrosión de la estructura metálica que comprende las torres de transmisión, el aterramiento resistivo de pozo a tierra para el pararrayo, el aterramiento resistivo de la estructuras de torres, el aterramiento resistivo de las retenidas, así como las condiciones del estado de la luz de balizaje, transmisión de datos por microondas. En la literatura se pueden encontrar diversos enfoques y soluciones o estrategias que se utilizan para la detección de fallas estructurales, que a continuación se resumen.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Loto y Loto (2021), hicieron una revisión de la ingeniería y tecnología de la corrosión y protección de las instalaciones e infraestructuras de telecomunicaciones, tales como los materiales, equipos metálicos de telecomunicaciones, edificios y mástiles o torres. También hace una revisión de los diferentes métodos de protección contra la corrosión, tales como recubrimientos orgánicos/inorgánicos, galvanizado en caliente, electro chapado y electrolítico, protección catódica, selección de materiales y diseño de sistemas. El nivel de protección para los diferentes componentes de la torre en los que se utiliza la protección catódica incluye la base de la torre, la base de los refugios de telecomunicaciones, la parte enterrada de los puentes de guía de ondas, los ejes de anclaje y el sistema de puesta a tierra que se analizaron brevemente. Este artículo es importante en el trabajo ya que da un panorama general sobre las soluciones planteadas ante los problemas de fatiga – corrosión en los sistemas radiantes.

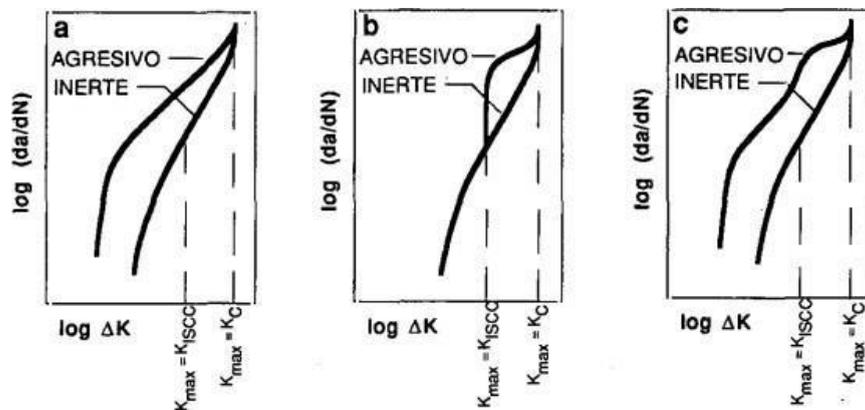
Torres et al, (2006), estudiaron la corrosión en barras de acero inoxidable en concreto contaminado por cloruros cuando se le aplican esfuerzos residuales, en este trabajo se clasifica la corrosión en dos grandes categorías: corrosión seca y corrosión húmeda. La seca tiene lugar con la ausencia de una etapa líquida, o abajo del punto de humedad del ambiente. En la corrosión húmeda, el metal reacciona con soluciones acuosas. Concluyeron que la corrosión por humedad es la causa de la mayor cantidad del deterioro de materiales. También notaron que, en algunas reacciones corrosivas, la oxidación se produce uniformemente en la superficie; mientras que en otros casos, ésta es localizada ocurre en un área específica.

Quezada (2017) en su tesis realizo un análisis de la incidencia de tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz en los enlaces de telecomunicaciones, mostrando el desempeño de los sistemas de puesta a tierra. Concluyo sobre la importancia de realizar un óptimo sistema de puesta a tierra en los sistemas radiantes, haciendo medidas de preferencia en épocas secas o en verano, y de su monitoreo permanente pues este cambio de acuerdo con los cambios climáticos locales.

J. Ruiz (2002), Analizo la Corrosión-fatiga en aleaciones ligeras de Al-Zn- Mg, sometidas a cargas oscilantes en presencia de un ambiente agresivo. Observo que la corrosión fatiga es más perjudicial que la simple adición de los efectos individuales. Concluyo que la vida útil de las estructuras metálicas puede reducirse significativamente en condiciones ambientales donde existen fuerzas que constantemente sometan a la estructura a fatiga mecánica, si a este hecho se suma la corrosión el sistema puede experimentar rápidamente la formación de grietas. En este trabajo se considera que existen tres tipos de comportamiento corrosión fatiga, expresado en su informe técnico de Mc Evily y Wei (1972), Figura 1.

Figura N°. 1

Tipos de comportamientos en corrosión fatiga. Adaptado de (McEvily y Robert, 1972)



D. Ruiz (2015) en su tesis aborda el estudio del estado actual de la protección contra el rayo, identificando tres pilares fundamentales para la evaluación y aplicación práctica de la protección contra el rayo, los ensayos de laboratorio, estudios de campo y los modelos de protección. Plantean la simulación de rayos en laboratorio o la adquisición de datos de campo, que luego sirve como insumo para fundamentar algunos modelos de protección. Este trabajo también menciona una metodología para la evaluación continua de los sistemas de protección contra el rayo y sugiere el de modelos normalizados. Sugiere que bajo las normativas de protección contra el rayo existente se debe complementar los sistemas de protección.

En este trabajo se propone tres enfoques de protección que se deben tomar en cuenta con los resultados logrados en esta investigación

- **Protección preventiva:** Toma en cuenta la detección temprana de las diferentes fases de una tormenta que permiten establecer una secuencia de alarmas relacionadas a los niveles de riesgo, de donde se desprende las correspondientes acciones preventivas.
- **Protección externa:** Toma en cuenta los aspectos relacionados con la intercepción de impactos directos del rayo, la conducción de la corriente por una ruta segura y su posterior disipación mediante los sistemas de puesta a tierra.

- **Protección interna:** Aquí se hace referencia a los diferentes sistemas de mitigación de los voltajes pico transitorio causado por los rayos.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Yaksetig (2011) en su análisis de la integridad mecánica de un tramo de oleoducto afectado por un fenómeno geodinámica afirma que la corrosión de los metales expuestos al medio ambiente es un proceso espontáneo y permanente porque están siempre en contacto con la humedad, el oxígeno del aire y la lluvia ácida, entre otros agentes, siendo más frecuente en las zonas costera donde se intensifica debido al ambiente salino. Reconoce que, para minimizar el problema de la corrosión, es necesario proteger los metales con recubrimientos (polímeros o pinturas anticorrosivas) o el uso de estructuras de hierro galvanizadas, o bien usando un sistema de protección catódica.

2.2 Bases teóricas

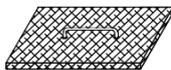
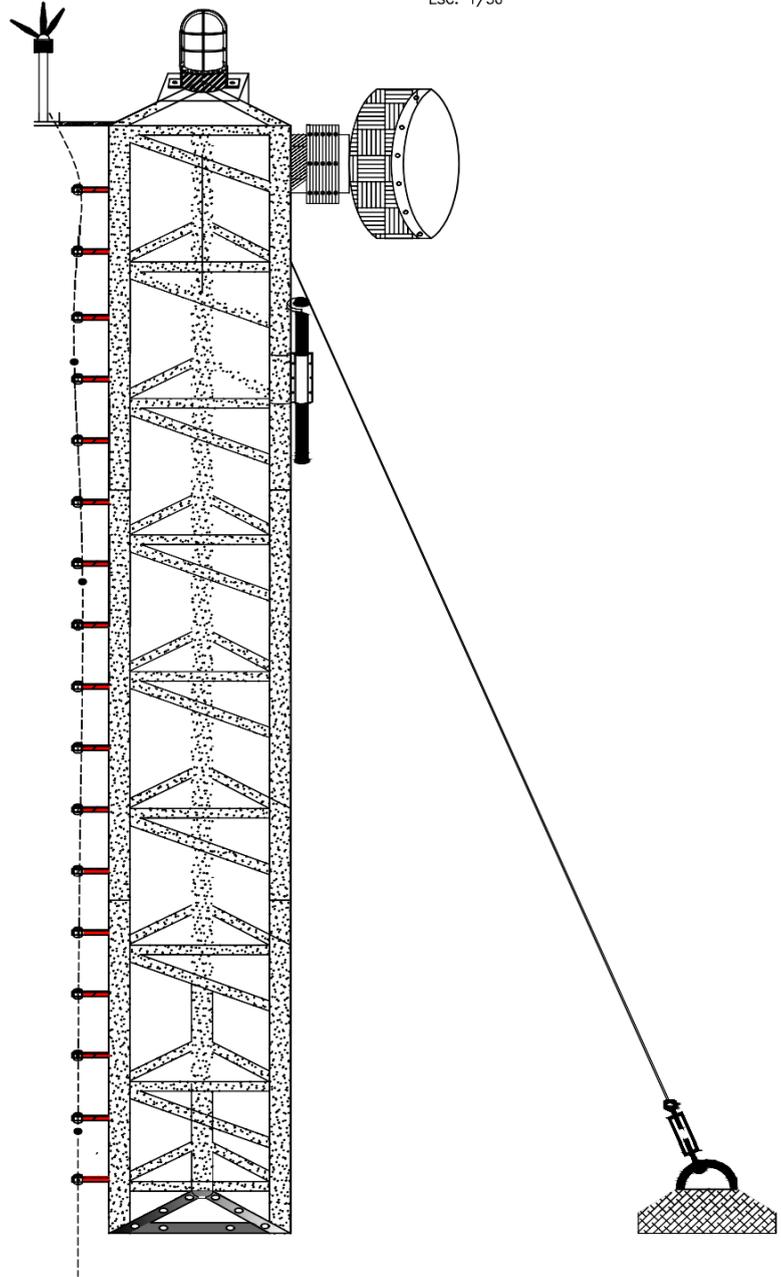
2.2.1 Sistema radiante

El sistema radiante está conformado por la torre de transmisión que proporciona una comunicación factible y libre de obstáculos a los usuarios de comunicaciones celulares, las antenas que proporciona el patrón de radiación o cobertura, el pararrayo que da protección a los equipos instalados en la torre como en la caseta de transmisión y la luz de balizaje que permite señalar la presencia de la altura de una estructura de torre ante las naves, de tal manera que evite accidentes. En la Figura 2, se muestra un diagrama del sistema radiante.

**Figura N°.2
DIAGRAMA DEL SISTEMA RADIANTE**

ESTACIÓN DE TELECOMUNICACIONES

ESC. 1/50



P.T

PROYECTO: "DISEÑO DE UN CIRCUITO ELECTRÓNICO DE PROTECCIÓN PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES" DE TELECOMUNICACIONES EN EL 2020"				
UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POS GRADO DE LA FIEE MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA CON MANSIÓN EN TELECOMUNICACIONES			LAMINA: <h1 align="center">TE-01</h1>	
ESPECIALIDAD: INSTALACIONES DE TELECOMUNICACIONES		PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA RADIAL		
PROFESIONAL RESPONSABLE ING. WILLIAM TORRES SANTOS C.I.P.	ESCALA: 1/100	FECHA: NOVIEMBRE 2020	DESARROLLO/DIBUJO: MG.ING. W.G.T.S	PABELLÓN

Fuente: Elaboración propia

Sobre los pararrayos

Los pararrayos es un sistema que protege al sistema radiante de los efectos de las descargas eléctricas provenientes de los rayos durante las tormentas eléctricas. Los pararrayos están ubicados en la copa de las torres aterrados a través de un alambre de acero de 25mm^2 que recorre toda la altura de la torre haciendo conexión pozo a tierra, toda la línea a tierra debe tener la menor resistividad con respecto a otras partes del sistema radiante de modo que pueda garantizar la protección de los equipos y de la estructura de la torre.

Sobre la Torre

La torre es la estructura metálica que da soporte al sistema radiante y permite ofrecer línea de vista a otra torre, con la finalidad de proporcionar una eficiente comunicación y cobertura, estas estructuras se encuentran aterradas en sus bases, la resistividad de la torre debe ser mayor que la del pararrayo para garantizar la incidencia del rayo en el pararrayo y no en la estructura de la torre, de no cumplirse esta condición el rayo podría incidir sobre la torre en lugar del pararrayo.

Sobre las retenidas o vientos

Los vientos son un sistema de los cables de acero de 16mm^2 o 25mm^2 hacen que la torre sujeta a fuerzas de los vientos se mantenga en equilibrio, estos alambres también están aterrados a través de sus templadores de los cuales están enganchados a sus bases de concreto, este sistema también debe tener una resistividad mayor a la del pararrayo, para evitar que los rayos incidan sobre éste.

Sobre la Luz de balizaje

La luz de balizaje es un sistema de lámparas cuyo propósito es de proporcionar iluminación de advertencia y evitar que aeronaves puedan impactar sobre las estructuras de la torre de telecomunicaciones.

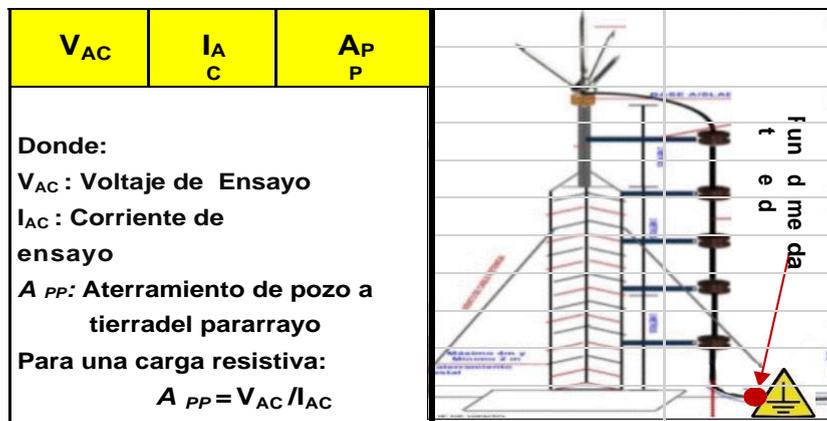
2.2.2 Problemas más comunes en los sistemas radiantes.

Las fallas más comunes en el sistema radiante es la deficiencia de aterramiento del pozo a tierra, que podría tener una resistividad menor que cualquiera de los componentes de la estación base, tales como el aterramiento de la estructura de la torre o de los vientos (retenidas). Los rayos que incidan sobre la torre o los vientos (retenidas) pueden originar fatiga – corrosión, y si inciden sobre el sistema de luz de balizaje podría estropear su funcionamiento. Para evitar este tipo de problemas se realizan los siguientes procesos:

- Medidas de resistividad del aterramiento de pozo a tierra del pararrayo, en este proceso se determinan los valores de resistencia del pozo a tierra del pararrayo. En la figura N° 5 se muestra el procedimiento y el punto de toma de muestra de los ensayos, luego este valor se compara con las medidas del aterramiento de la torre y la de los vientos o retenidas, Figura 3.

Figura N°.3

Medidas de aterramiento de pozo a tierra de pararrayo

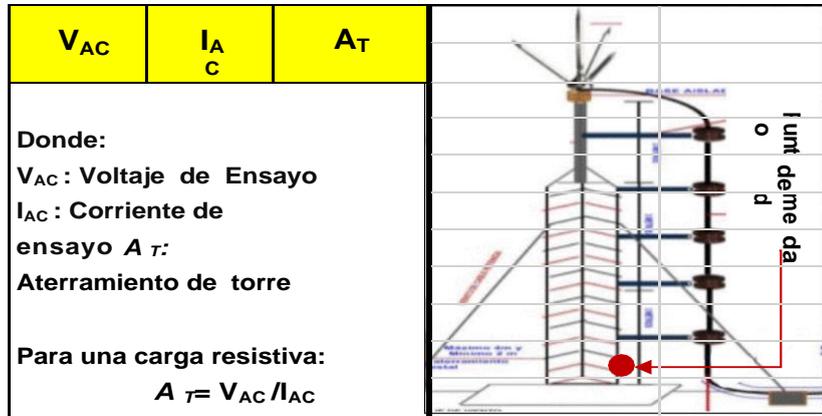


Fuente: Elaboración propia

- Medidas de resistividad de aterramiento de torres, en este proceso se determina los valores de resistividad de aterramiento de la torre y se compara con las medidas de los aterramientos de del pozo a tierra del pararrayo y la de los vientos o retenidas, Figura 4.

Figura N°.4

Medidas de aterramiento de torre

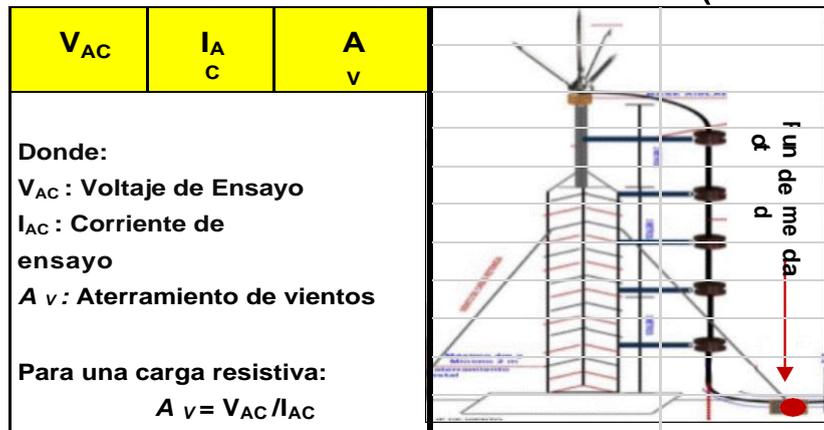


Fuente: Elaboración propia

- Medidas de resistividad de aterramiento de vientos o retenidas, en este proceso se determina los valores de resistividad del aterramiento de la torre y se comparan con las medidas de resistividad de los aterramientos de del pozo a tierra del pararrayo y los vientos o retenidas, Figura 5

Figura N°.5

Medidas de aterramiento de vientos (retenida)



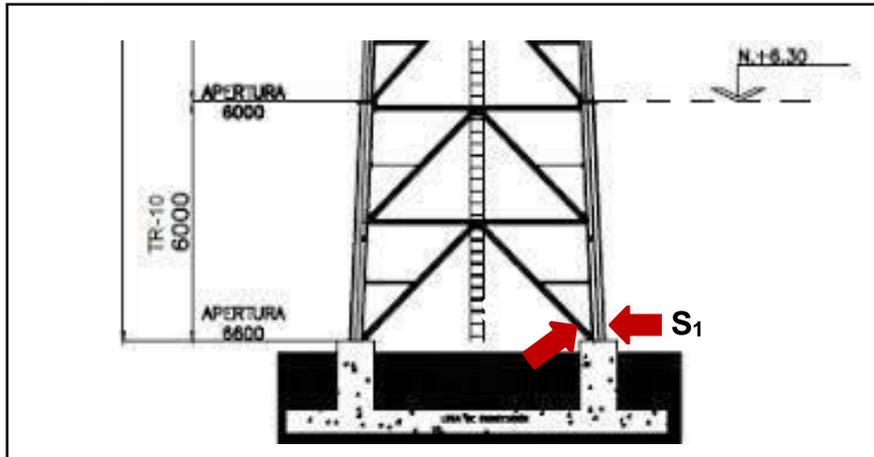
Fuente: Elaboración propia

- Medidas de corrosión en las estructuras, la cantidad de corrosión por unidad de área superficial de armadura y por unidad de tiempo se denomina velocidad de corrosión, que se mide en $\mu\text{m/año}$. Este parámetro puede ser medido a partir de la diferencia de peso antes y después de someter a un metal a un ambiente corrosivo. Por otro lado, la corrosión acuosa implica reacciones químicas que originan

una densidad de corriente eléctrica que se mide en el $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, cuál puede ser medido por una sonda, Figura 6.

Figura N°.6

Lugar de instalaciones de sondas en estructuras de torre



Fuente: Elaboración propia

La conversión a $\mu\text{m}/\text{año}$ de penetración del ataque corrosivo se puede hacer usando la densidad de corriente de corrosión, I_{corr} , cuyos rangos están categorizado de acuerdo a la Tabla 1

Tabla N°. 1

Corriente de ensayos eco de corrosión

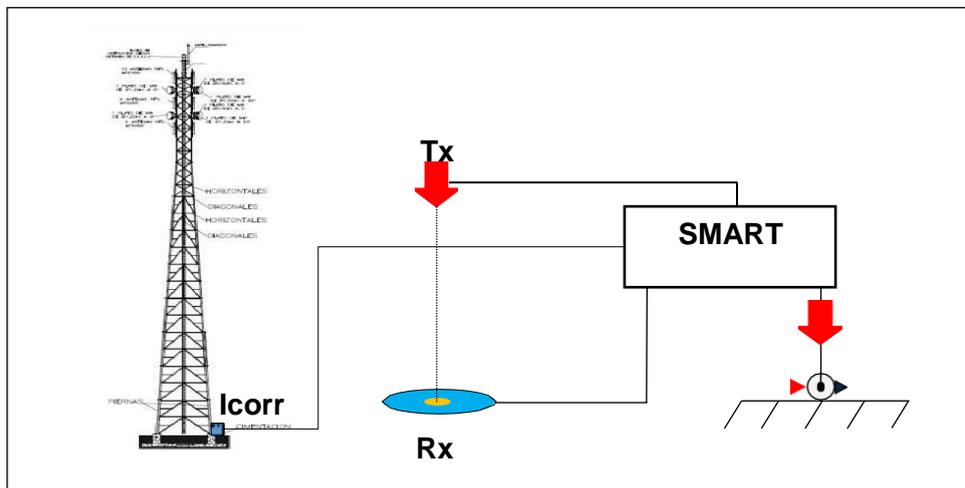
Corrientes de corrosión (I_{corr})	Condiciones de la armadura
$I_{\text{corr}} < 0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	Corrosión despreciable
$0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2 < I_{\text{corr}} < 0,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	Corrosión baja
$0,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2 < I_{\text{corr}} < 1,0 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	Corrosión moderada
$I_{\text{corr}} > 1,0 \mu\text{A}/\text{cm}^2$	Corrosión alta

Fuente: Condición de la corrosión de acuerdo al potencial eléctrico (ASTM= Asociación Americana de Ensayo de Materiales Asociación Americana de Ensayo de Materiales C876-91 1999).

- **Medida de agotamiento o fatiga estructural, existen muchos métodos para determinar las mediciones de fatiga de los fierros, como las Pruebas de Microdureza, Pruebas de Tensión, Pruebas de Tensión, Análisis químico, Preparación metalográfica, Fractografía, Microscopia de fuerza atómica, determinación del área de propagación de fractura por fatiga, etc. En este trabajo se propone una medición local de las fallas por fatiga de los materiales a través de un circuito electrónico, y de este modo reducir el riesgo del colapso de las torres y daños a terceros. En la Figura 7 se muestra la ubicación de los sensores para la detección de fatiga estructural de la torres de transmisión.**

Figura N°.7

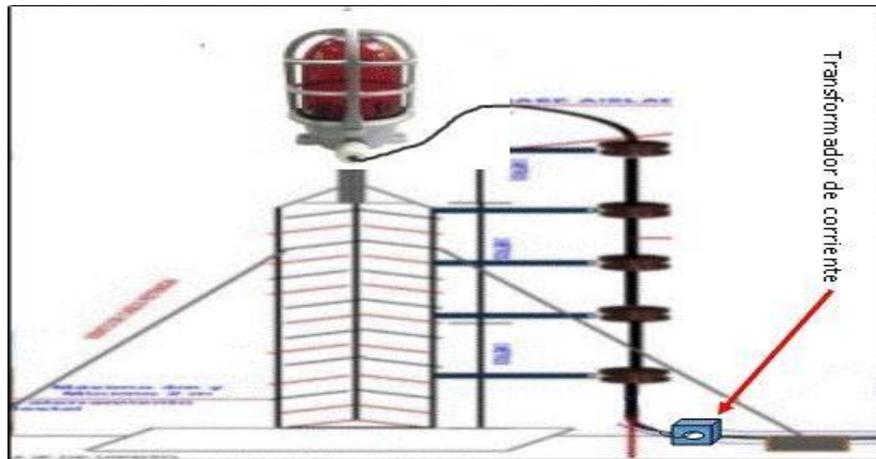
Sistema de identificación de fatiga



Fuente: Elaboración propia

- **Medidas de estado de luz de balizaje. Respecto a la luz de balizaje se monitorea su estado con la finalidad de evitar accidentes con aeronaves. En la Figura 8 se aprecia la ubicación del transformador de corriente para la monitorear el estado de la luz de balizaje.**

Figura N°.8
Estado de luz de balizaje



Fuente: Elaboración propia

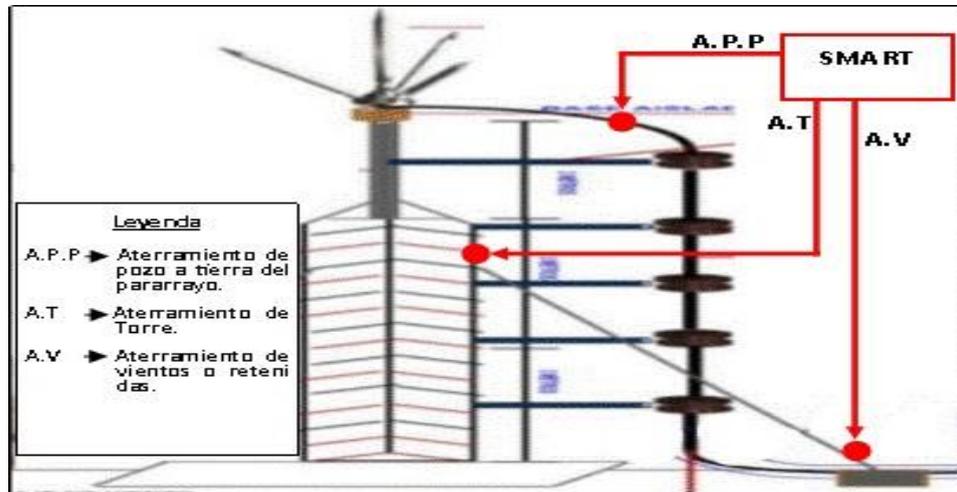
- **Diferenciador de aterramiento PPTV.** El diferenciador de PPTV (pozo a tierra de para rayo, aterramiento de torre, aterramiento de vientos), nos permite asegurar la incidencia del rayo al pararrayo de tal modo salvaguardar los equipos de comunicaciones instalados en el sistema radiante. Para ello se ha diseñado (creado) un sistema inteligente que proteja, prevengan y monitoree la diferencial de aterramiento del sistema PPTV, este nuevo sistema de alerta permitirá comunicar en tiempo real las mediciones. En la Figura 9 se aprecia los puntos a tomar la comparación de muestras de aterramiento con la finalidad de verificar que se cumpla que R_{PPT} sea menor que todos los aterramientos.

Donde se debe cumplir para garantizar la incidencia de rayo en el pararrayo:

$$R_{P.P.T} < R_{A.T}$$

$$R_{P.P.T} < R_{A.V}$$

Figura N°.9
Sistema de identificación de fatiga



Fuente: Elaboración propia

2.3 Conceptual

- **Aterramiento de pozo a tierra de pararrayo, torre y vientos**
Medición de resistencias de puesta a tierra (con 1 bornes), medición de corriente de fuga (por inducción) y tensiones presentes en el terreno.

- **Método de medición de resistencia**
El instrumento que mide la resistencia eléctrica del suelo es el Telurómetro, el cuál inyecta en el terreno una corriente estabilizada electrónicamente, y mide con alta precisión la tensión que se desarrolla en el terreno por la circulación de esa corriente a través de la resistencia de difusión del electrodo hincado. La lectura de R es directa en el visor. Inmunidad a las perturbaciones:
La frecuencia de operación cumple con la ecuación:

$$fg = [(2n + 1)/2] \times fi$$

Dónde:

fg = frecuencia de la corriente generada por el Telurómetro.

n = número entero.

fi = frecuencia industrial.

El cumplimiento de esta ecuación implica que la frecuencia de operación no coincide con ninguna armónica de la frecuencia industrial, lo cual permite, mediante el empleo de filtros adecuados, eliminar el efecto de las corrientes parásitas que suelen estar presentes en los terrenos estudiados. **Funcionamiento como voltímetro:**

En la función voltímetro, el equipo opera como voltímetro convencional de C.A. y permite verificar la presencia y medir las tensiones generadas por las corrientes parásitas.

Escalas de medición:

Resistencias: 0-20 Ω ; 0-200 Ω ; 0-2.000 Ω ; 0-20 k Ω .

Tensión: 0-200 V

Exactitud

Medición de resistencias:

$\pm 2\%$ del valor medido $\pm 1\%$ del fondo de escala.

Medición de tensión:

$\pm 2\%$ del valor medido $\pm 1\%$ del fondo de escala.

Resolución de lectura:

**0,01 Ω en medición de
resistencia. 0,1 V de medición
de tensión.**

Potencia y corriente de salida:

Opera con potencia de salida inferior a 0,5 W y con una corriente inferior a 15 mA (pico a pico).

Alarma:

Advierte al operador cuando existen anomalías en el circuito de corriente que dificultan la obtención de un resultado confiable se transmite vía Ethernet a la central.

Alimentación:

Tensión de línea con adaptador de voltaje 12 VDC.

Temperatura de operación:

-10 °C a 50 °C.

- **Medición de corrosión**

Medición de corriente por eco ultrasónico (con 1 sensor por cara de ángulo de estructura de torre). En la figura N° 8 se aprecia la ubicación de los sensores de corrosión.

- **Método de medición de corrosión**

El Medidor de corrosión inyecta en la estructura un ultrasonido, una corriente estabilizada electrónicamente (por lo que no se requieren ajustes previos a la medición), y mide con alta precisión la corriente que se desarrolla a través del eco que rebota a la estructura de esa corriente tomando lecturas constantemente cuando se manifiesta corrosión el eco varía por difracciones. La lectura de I_{corr} es directa en el visor.

Inmunidad a las perturbaciones:

La frecuencia de operación cumple con la ecuación:

Lo anterior se expresa matemáticamente en la ecuación (3.1):

$$V = \lambda / f$$

Dónde:

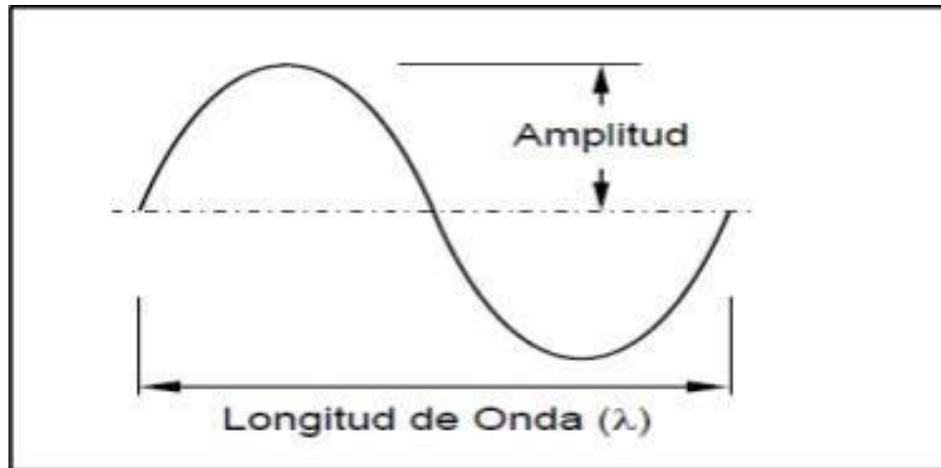
V = Velocidad acústica (pulgadas / segundo o milímetros / segundo). λ = Longitud de onda (pulgadas o milímetros).

f = Frecuencia (ciclos / segundo o Hertz).

Para determinar la longitud de onda de vibración Eco producto de existencia de corrosión en la Figura 10 se aprecia la longitud de onda.

Figura N°.10

Ilustra ciclo de vibración.



Fuente: Elaboración propia

- **Medición de fatiga metálica**

Aplicación

Medición de fatiga va determinar por sensores de láser de alta precisión de ángulo, cuando determine la mínima inclinación de la torre con 10 muestras cada 2 min definir lo que equivaldría una fatiga estructural. En la figura N°9 se contempla los puntos de ubicaron de sensores.

Inmunidad a las perturbaciones:

Los laser son inmunes a las perturbaciones de radiofrecuencia

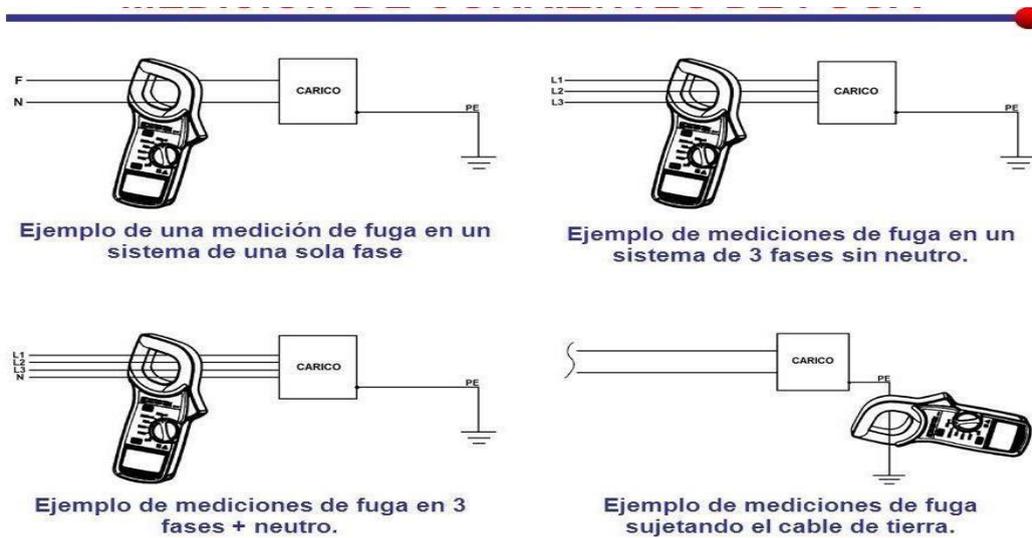
- **Medición de luz de balizaje**

Aplicación

Medición de luz de balizaje se determina por inducción eléctrica producida por la carga de la luz, línea de alimentación de 220 v. En la figura N°10 se aprecia la ubicación del punto de medición del estado de luz de balizaje. En la figura N°11 se aprecia la medición de corriente de fuga de pozo a tierra para determinar el ohmiage de pozo a tierra.

Figura N°.11

Medición de corriente de fuga de pozo a tierra



Fuente: Elaboración propia

2.4 Definición de términos básicos

VDC	Voltaje de corriente directa
DB	Decibelio
dB μ	Decibelio referido a 1 μ V/m
R _{PT}	Resistencia de pozo a tierra
R _{AT}	Resistencia de aterramiento
de Torre R _{AV}	Resistencia de aterramiento
de Vientos VAC	Voltaje de corriente alterno
L _B	Luz de Balizaje
Inc _T	Inclinación de torres
C _{orT}	Nivel de corrosión de torres

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General

Si se diseña de un circuito electrónico de monitoreo y detección temprana de aterramiento, fallas por fatiga – corrosión en las estructuras metálicas de las estaciones base entonces es posible la prevención de accidentes y la protección en los sistemas radiantes de bases celulares de telecomunicaciones.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1: Si se utilizan los componentes electrónicos y sensores adecuados que permitan medir el diferencial de la resistividad entre sistema de pararrayo, la estructura metálica de la torre y el sistema de acometida de los vientos entonces es posible emitir una alerta temprana de prevención.

Hipótesis específica 2: Si se utilizan los componentes electrónicos y sensores adecuados que permitan medir los niveles de corrosión y agotamiento metálico en la estructura metálica en una estación de telecomunicaciones de bases celulares entonces es posible emitir una alerta temprana de prevención.

Hipótesis específica 3: Si se utilizan los componentes los componentes electrónicos y sensores adecuados que permitan monitorear el estado óptimo de las luces de balizaje de la estación de telecomunicación para evitar la colisión con aeronaves entonces es posible emitir una alerta temprana de prevención.

3.2 Definición conceptual de variables

Se están considerando los siguientes tipos de variables:

Variable Independiente (X)

Diseño de un circuito electrónico de monitoreo y detección temprana de fallas por fatiga – corrosión para las estructuras metálicas de las estaciones base de celulares.

El diseño se ha dividido en las siguientes fases:

- **Diagrama de Bloque**
- **Diagrama de flujo**
- **Calculo de modelo matemático del Marco Teórico.**
- **Diseño de los planos**
- **Estudio de los componentes a integrarse.**
- **Desarrollo de un prototipo.**
- **Pruebas y Calibraciones**
- **Puesta en Servicio.**

Variable Independiente (Y)

Alerta temprana para prevención y protección del sistema radiante de las estaciones base de celulares.

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla N. 2
Operacionalización de las variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
Diseño de un Circuito de sistema para la protección, prevención de aterramiento, estructuras y fatiga de estructuras metálicas de torres	Fases del diseño del circuito de detección de fallas de aterramiento, estructuras metálicas por corrosión, agotamiento y aterramiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Bloque • Diagrama de flujo • Calculo de modelo matemático del Marco Teórico. • Diseño de los planos • Estudio de los componentes a integrarse. • Desarrollo de un prototipo. • Pruebas y Calibraciones • Puesta en Servicio. 	Ensayos de simulación en software de simulación Multisim 14.2
Detección de fallas de aterramiento, estructuras metálicas por corrosión, agotamiento y aterramiento	Sistemas de aterramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de corrosión • Nivel de fatiga estructural • Resistencia de pozo atierra del pararrayo. • Resistencia de aterramiento de estructura metálica. 	Ensayos experimentales en laboratorio
Detección del sistema de luz de balizaje	Sistemas de luz de balizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de luz de balizaje. 	Ensayos experimentales en laboratorio
Monitoreo para la detección de fallas de aterramiento, estructuras metálicas del sistema radiante	Telemetría de alerta temprana		

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es del tipo aplicativo, tecnológica y experimental, pues el producto generado tiene aplicación directa en la protección del sistema radiante y prevención de accidentes y es una innovación tecnológica. El diseño de la investigación está enfocado en el diseño y puesta a prueba del circuito usando software de simulación, donde se introducen datos de entrada de medidas realizadas en laboratorio.

El nivel de la investigación es predictivo, ya que el circuito electrónico diseñado predice tempranamente las fallas por fatiga – corrosión enviando una alerta para la toma de decisiones de este modo se protege el sistema radiante y se prevé los posibles accidentes que podría ocasionar un desplome de la torre.

4.2 Método de Investigación

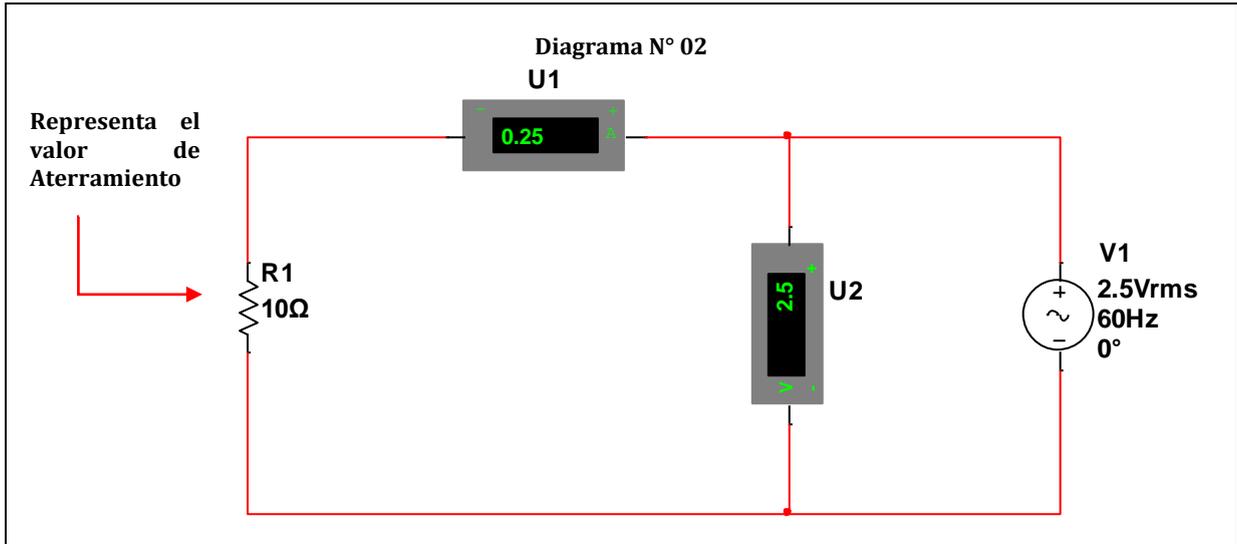
Fase 1: Diseño del diagrama de bloques en una placa de Arduino Figura 12.

Fase 2: Diseño del diagrama de flujo para conceptualizar su operatividad, Figura 13.

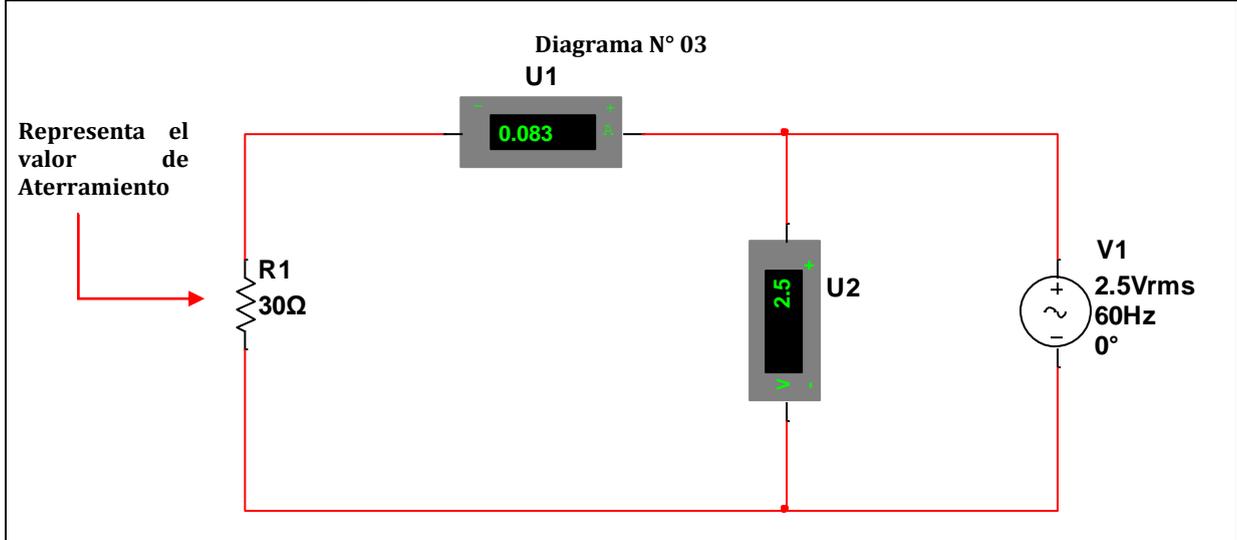
Fase 3: Medición del aterramiento en laboratorio por el simulador Multisim v14.2 los valores probabilísticos de resistencia de aterramiento en la Tabla 3 del diagrama N°0, por medio de la resistencia R1 se simula con un aterramiento de 5Ω donde se obtiene una lectura de corriente de 0.5 A para una tensión 2.5 V. Para el caso del diagrama N°02, por medio de la resistencia R1 se simula con un aterramiento de 10Ω y se obtiene una lectura de corriente de 0.25 A para una tensión 2.5 V. Así también en la simulación del diagrama N°03, por medio de la resistencia R1 se simula con un aterramiento de 30Ω donde se obtiene una lectura de corriente de 0.083 A para una tensión 2.5 V.

Tabla N°.3
Análisis de Laboratorio en Simulación

PRUEBAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO											
DATOS GENERALES											
Laboratorio	EPTel PERÚ SAC										
Lugar	Jr. Los Jazmines #125 Urb. Sta. Isabel Distrito de Carabaylo										
Fecha	10 de Enero del 2021										
Objetivo:	Investigación de Tesis Maestría “DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL2020”.										
Tipo de proceso de prueba	SIMULACIÓN DE MEDICIÓN DE ATERRAMIENTO										
Análisis del diagrama	N°01										
Tipo de ensayo	Simulación software NI Multisim 14.2										
Numero de ensayo	Primer ensayo – Donde R simula el valor del pozo a tierra optimo <5Ω										
Teoría	Ley de Ohm (PARA TODOS LOS CASOS DE MEDICIÓN DE ATERRAMIENTO)										
Diagrama N° 01											
<p>A & I</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #FFD700;">Resistencia de Aterramiento</th> <th style="background-color: #FFD700;">Intensidad de Corriente</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #FFD700;">(Ω)</th> <th style="background-color: #FFD700;">(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">0.083</td> </tr> </tbody> </table>		Resistencia de Aterramiento	Intensidad de Corriente	(Ω)	(A)	5	0.5	10	0.25	30	0.083
Resistencia de Aterramiento	Intensidad de Corriente										
(Ω)	(A)										
5	0.5										
10	0.25										
30	0.083										
Análisis del diagrama	N°02										
Tipo de ensayo	Simulación software NI Multisim 14.2										
Numero de ensayo	Segundo ensayo – Donde R simula el valor del pozo a tierra no apropiada ≥5Ω										



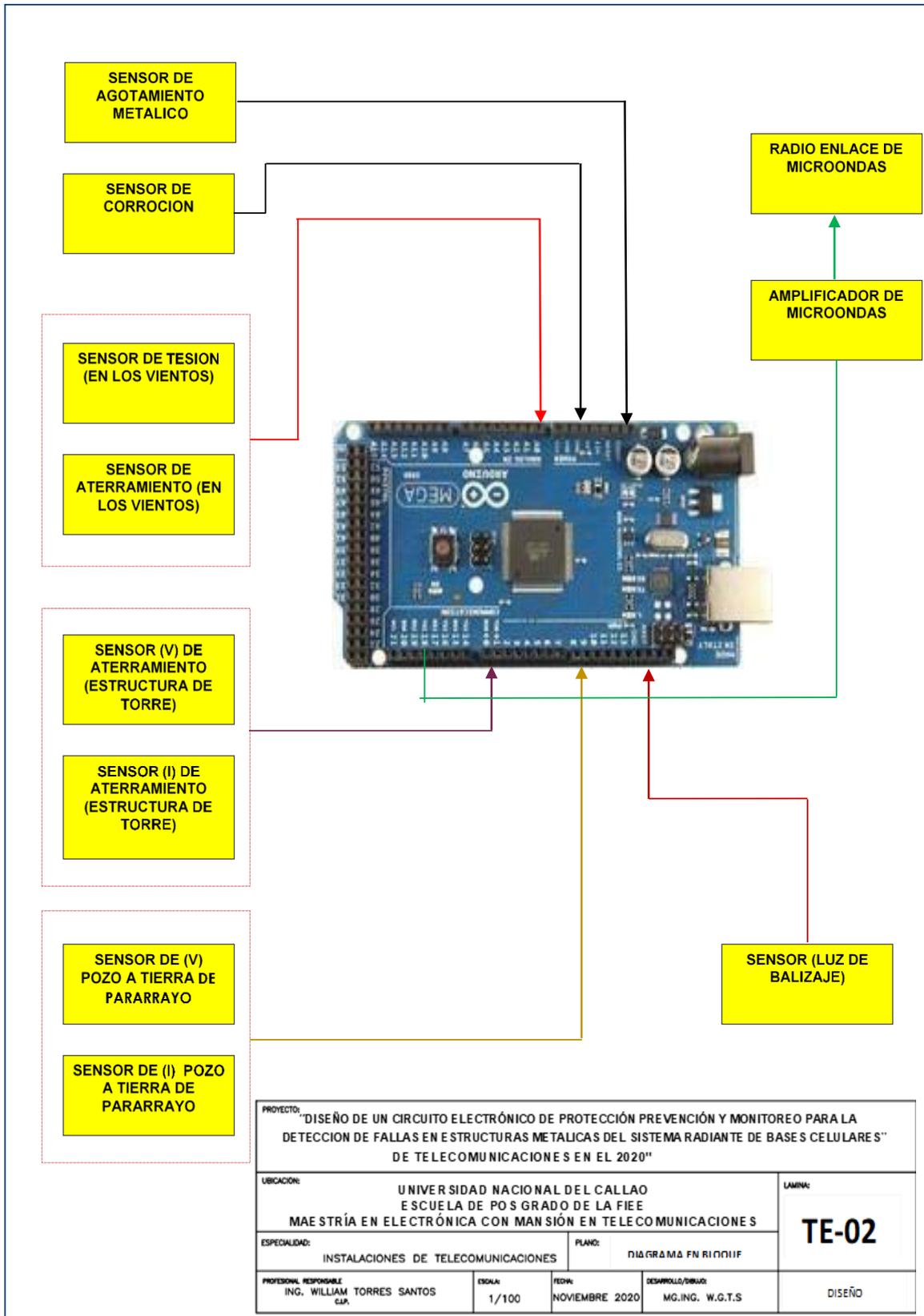
Análisis del diagrama	N°03
Tipo de ensayo	Simulación software NI Multisim 14.2
Numero de ensayo	Tercer ensayo - Donde R simula el valor del pozo a tierra no apropiada $>5\Omega$



NOTA:	PARA LOS ENSAYOS PRIMERO, SEGUNDO Y TERCERO, LAS MEDICIONES DE ATERRAMIENTO PARA POZO A TIERRA DEL PARARRAYO, ATERRAMIENTO DE ESTRUCTURA DE TORRE Y ATERRAMIENTO DE LAS RETENIDAS ES EL MISMO DISEÑO ELECTRÓNICO.
--------------	--

Figura N°.12

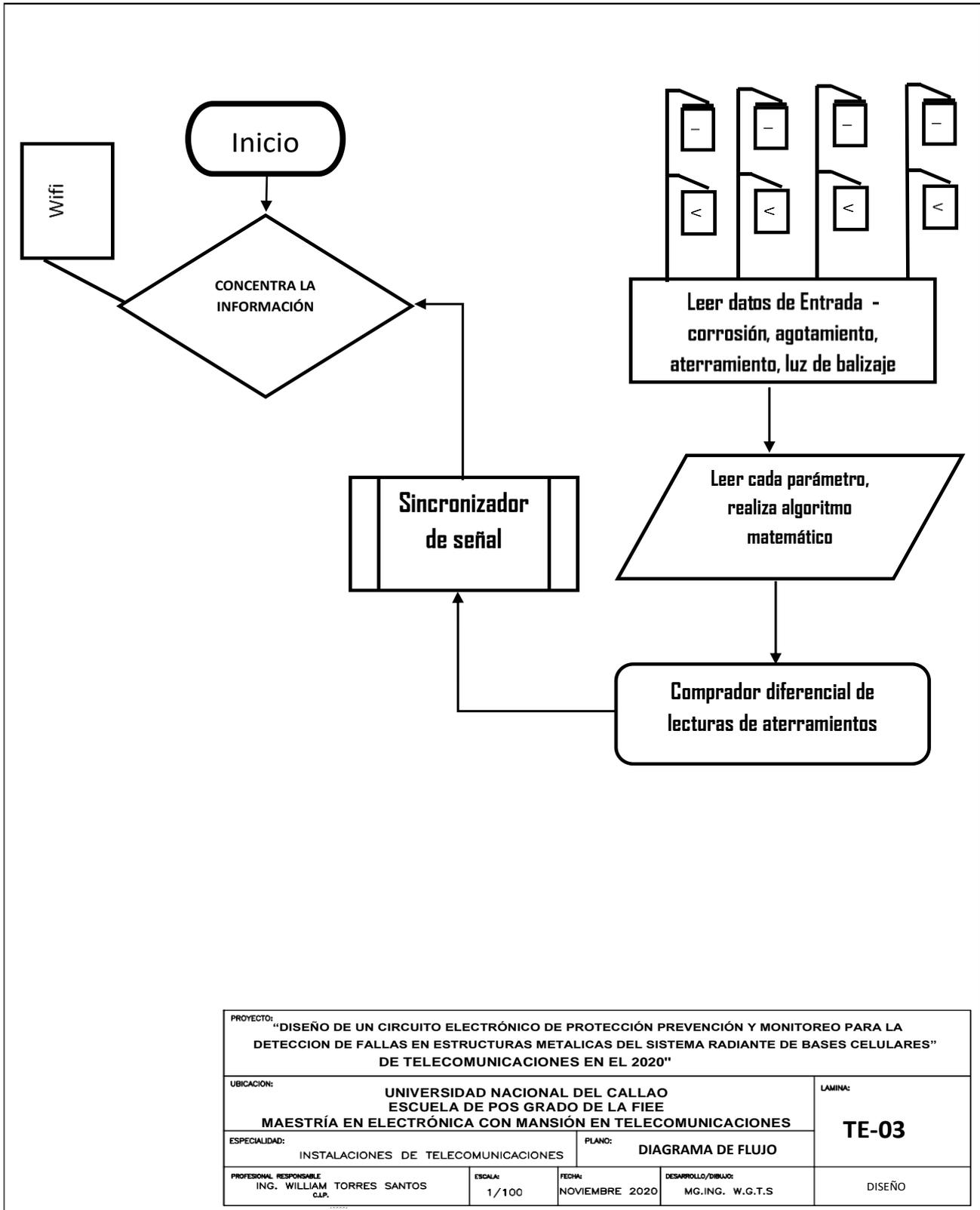
DIAGRAMA EN BLOQUE



Fuente: Elaboración propia

Figura N°.13

DIAGRAMA EN FLUJO



Fuente: Elaboración propia

Fase 4: Medición de corrosión, para ello se utilizó los módulos de Arduino físicamente el sensor ultrasónico HC–SR04, el Arduino modelo uno y una pantalla LCD. La razón es exponer diferentes niveles de corrosión real de los metales fierro en el laboratorio. El simulador Multisim 4.12 se utilizó para desarrollar el diagrama N°1. Los valores probabilísticos de niveles de corrosión en función al voltaje atenuado por las grietas que generan la corrosión en la Tabla4, se aprecia las lecturas de las niveles de condiciones en la armadura de un metal en corrosión despreciable, baja, moderada y alta.

$$v = \frac{s}{t}$$

Este análisis ayudó a determinar las máximas tensiones y mínimas con la que se hacen las mediciones de corrosión, así mismo, permite determinar las características técnicas de rango de lecturas, sensibilidad y resolución del sensor de corriente y voltaje. Solo hace falta utilizar la famosa fórmula de la velocidad.

Donde s es el espacio y t es el tiempo. Si despejamos el espacio la expresión queda:

$$s = v \times t$$

Donde la velocidad del sonido es 343 m/s. El tiempo será devuelto por propio sensor ultrasónico Arduino a través de la HC–SR04 de Arduino. Las pruebas de laboratorio, Tabla 4 y 5.

Tabla N°.4
Datos de corrosión en laboratorio

Voltaje de corrosión ($V_{corr.}$)	Condiciones de la armadura
800.0mV	Corrosión despreciable
730.8mV	Corrosión baja
672.8mV	Corrosión moderada
650.3mV	Corrosión alta

Tabla N°.5
Análisis de corrosión en laboratorio

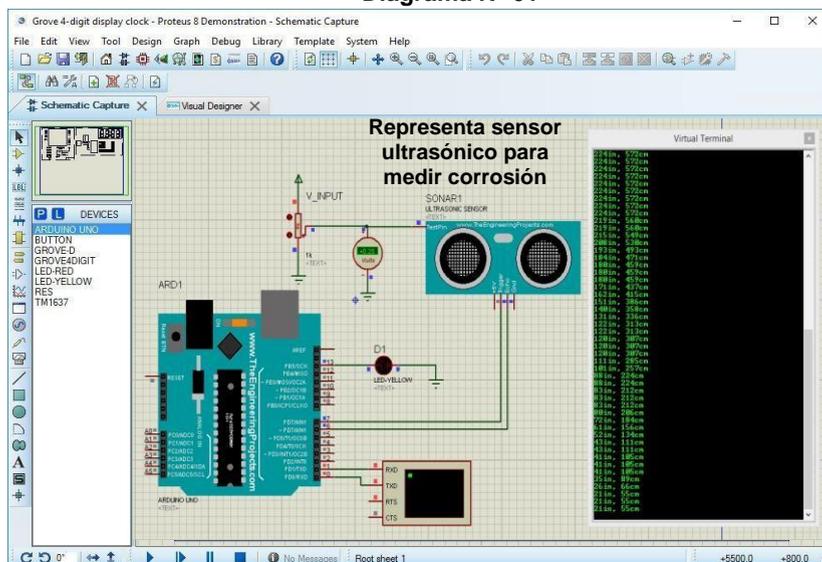
Nivel de corrosión	Voltaje
-----	mV
0.50	800.0
1.00	776.8
1.50	753.8
2.00	730.8
2.50	715.5
3.00	692.8
3.50	672.8
4.00	650.3
4.50	650.3
5.00	650.3

PRUEBAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO

DATOS GENERALES

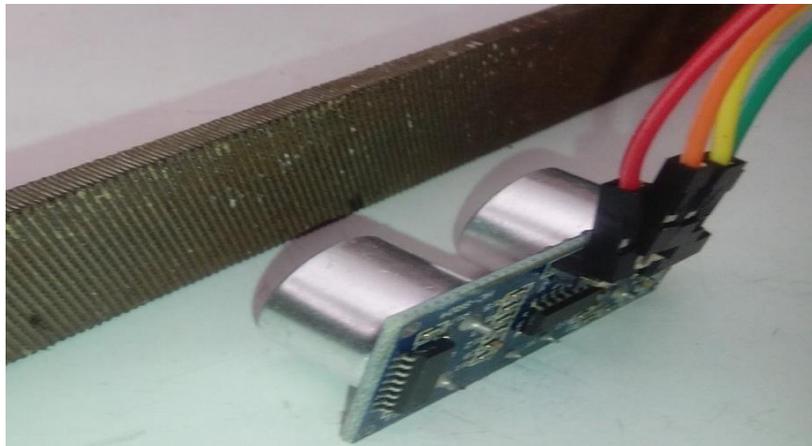
Laboratorio	EPTEL PERU SAC
Lugar	Jr. Los Jazmines #125 Urb. Sta. Isabel Distrito de Carabayllo
Fecha	10 de Enero del 2021
Objetivo:	Investigación de Tesis Maestría “DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL2020”.
Tipo de proceso de prueba	SIMULACIÓN DE MEDICIÓN DE CORROSIÓN
Análisis del diagrama	N°04
Tipo de ensayo	Simulación software Ploteus v 10.0
Numero de ensayo	Primer ensayo

Diagrama N° 01



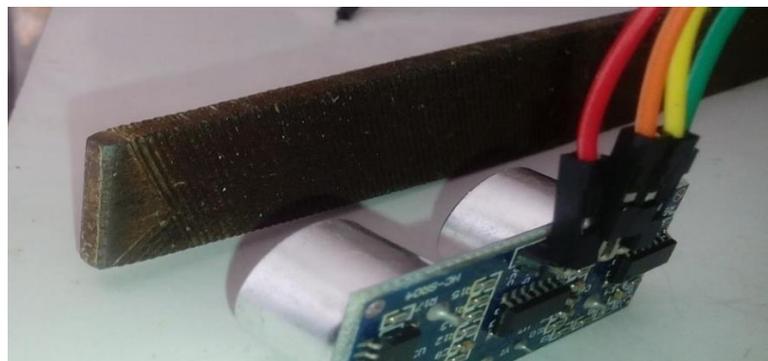
Tipo de ensayo	Físico - Expuesto los niveles de eco de ultrasónico sin corrosión en placametálica
Numero de ensayo	Primer ensayo

Fotografía N° 01



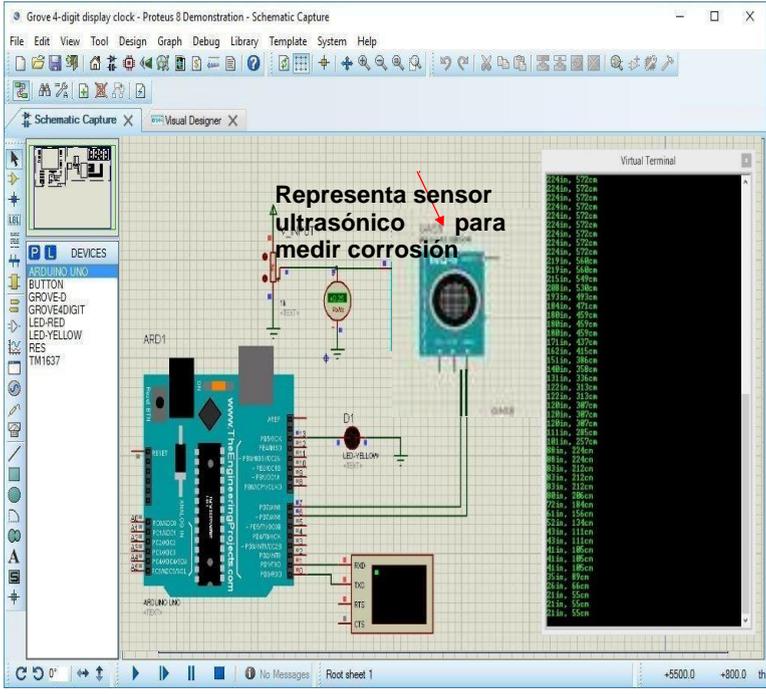
Tipo de ensayo	Físico - Expuesto los niveles de eco de ultrasónico en corrosión en placa metálica
Numero de ensayo	Primer ensayo

Fotografía N° 02



Fase 5: Medición de fatiga en el laboratorio evaluado por el simulador Multisim v14.2 los valores probabilísticos de resistencia de aterramiento se muestran en la Tabla 6 del diagrama N°01. El MPU6050 es una unidad de medición inercial o IMU (Inertial Measurement Units) de 6 grados de libertad (DoF) que combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes. La fatiga estructural se medirá con la inclinación de la Torre.

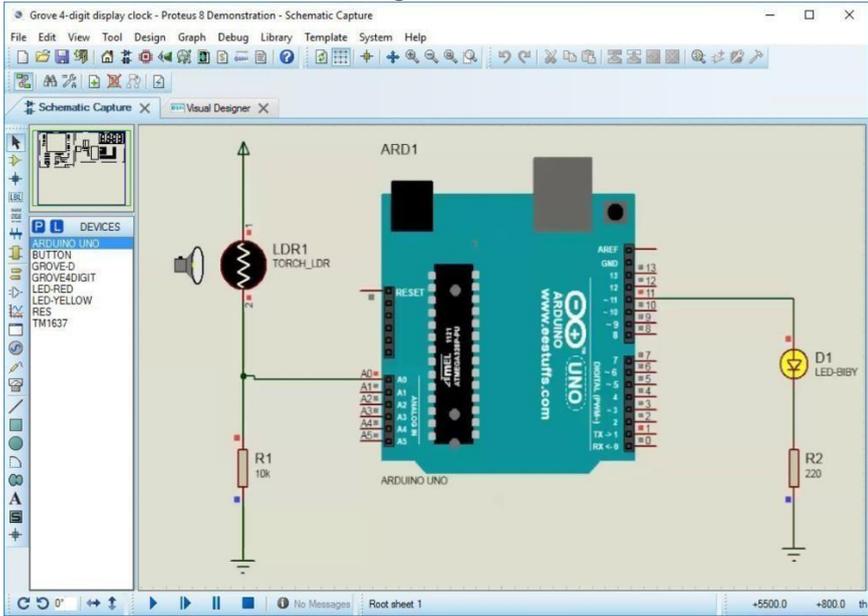
Tabla N°. 6
Análisis de Laboratorio en Simulación de fatiga

PRUEBAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO	
<u>DATOS GENERALES</u>	
Laboratorio	EPEL PERU SAC
Lugar	Jr. Los Jazmines #125 Urb. Sta. Isabel Distrito de Carabayllo
Fecha	10 de Enero del 2021
Objetivo:	Investigación de Tesis Maestría “DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL2020”.
Tipo de proceso de prueba	SIMULACIÓN DE MEDICION DE INCLINACION
Análisis del diagrama	N°04
Tipo de ensayo	Simulación software Ploteus v 10.0
Numero de ensayo	Primer ensayo
Diagrama N° 04	
	
Tipo de ensayo	Simulado - Nivel de inclinación de sensor
Numero de ensayo	Primer ensayo

Fase 6: Detectar del estado de luz de balizaje, este proceso se desarrolla en laboratorio simulando el encendido y apagado de una lámpara de luz, Tabla N°. 7

- Encendido represente estado digital 0
- Apagado representa estado digital 1

Tabla N°. 7
Análisis y pruebas en laboratorio del estado de luz del balizaje

PRUEBAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO	
<u>DATOS GENERALES</u>	
Laboratorio	EPTel PERÚ SAC
Lugar	Jr. Los Jazmines #125 Urb. Sta. Isabel Distrito de Carabayllo
Fecha	10 de Enero del 2021
Objetivo:	Investigación de Tesis Maestría “DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL2020”.
Tipo de proceso de prueba	SIMULACIÓN DE MEDICIÓN DE ESTADO LUZ DE BALIZALE
Análisis del diagrama	N°04
Tipo de ensayo	Simulación software Ploteus v 10.0
Numero de ensayo	Primer ensayo
Diagrama N° 04	
	
ESTADO DE LUZ DE BALIZAJE	ESTADO LÓGICO
ENCENDIDO	0
ESTADO DE LUZ DE BALIZAJE	

4.3 Población Muestra

Para la prueba de operatividad del circuito, se realiza un muestreo de datos pequeño, con el fin de verificar la dispersión de las medidas. La población corresponde a todas las medidas posibles, porque se trata de una población infinita.

Datos pequeños, con el fin de verificar la dispersión de las medidas. La

población corresponde a todas las medidas posibles, porque se trata de una población infinita.

4.4 Lugar de estudio

El desarrollo de la investigación, diseño, implementación y puesta en prueba, se llevó a cabo en el Laboratorio de Electrónica de la Empresa EPTTEL SAC.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Los instrumentos utilizados en la investigación son:

Multímetro digital con RMS

verdadero Marca : Tektronix

Modelo : TX3

Pinza Amperimetrica

Marca : Prasek

Modelo : PR-54

Osciloscopio

Marca : Rigol

Modelo : DS1104 PLUS

Fuentes de laboratorio

Marca : Techman electrocics INC

Modelo : HY3003S-2

Telurómetro

Marca : EARTH TESTER KYORITSU

Modelo : MODEL 4102

Megometro

Marca : SANWA

Modelo : DG525

4.6 Análisis y procesamiento de datos

El circuito electrónico es simulado en el software de simulación Multisim V.14.2 considerando los datos físicos de los circuitos el electrónicos Arduino para determinar el modelo y medir el rendimiento del sistema de control.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

De la simulación del aterramiento se determina la máxima corriente de suministro y voltaje de la fuente de energía que alimentará al circuito electrónico y se determinan las características técnicas de rango de lecturas, sensibilidad y resolución de mi sensor de corriente y voltaje:

Voltaje de alimentación = 12.00

Corriente de suministro = 1.5 A

Sensor de corriente = 0.05 a 2.0A

Resolución = 2Ω

Sensibilidad = 0.0132 Ω/A

5.2 Resultados corrosión y fatiga

De las medidas de corrosión se determinan las características técnicas del medidor de corrosión.

Máxima voltaje de lectura = 800.0mV

Mínima voltaje de lectura = 650.3mV

Corriente de suministro = 15 mA

Resolución = 600mV

Del análisis de fatiga los datos de pruebas en laboratorio indican que el sensor MPU6050 que es un circuito integrado que captura los ángulos de forma compleja utilizando los para la medida de inclinaciones voltaje, muestreo de tensiones y un convertidor de señal analógica digital, ver el Datasheet MPU6050, en anexo, donde se expresan los principios teóricos se basan en la medición inercial o IMU (Inertial Measurment Units)

En este caso la aceleración es la variación de la velocidad por unidad de tiempo es decir razón de cambio en la velocidad respecto al tiempo:

$$a=dv/dt$$

La segunda ley de Newton indica que en un cuerpo con masa constante, la aceleración del cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa sobre él mismo:

$$a=F/m$$

Este segundo concepto es utilizado por los acelerómetros para medir la aceleración. Los acelerómetros internamente tienen un MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) que de forma similar a un sistema masa resorte permite medir la aceleración.

5.3 Resultados de estado de balizaje

El resultado de la simulación de la detección del estado de luz de balizaje, muestra que el sensor identifica cuando la luz está encendida y cuando está apagada proporcionando una salida lógica digital.

- Encendido represente estado digital 0
- Apagado representa estado digital 1

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADO

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Los resultados de laboratorio mediante las simulaciones evidencian que el diseño del circuito electrónico que permite detectar fallas cumple su función. En la implementación de este circuito en un kit de protección de los sistemas radiantes es posible incluir un sistema de comunicación de modo de los operarios a cargo del mantenimiento de las estaciones bases de celulares, reciban la data de las medidas realizadas por los sensores en tiempo real.

Se llevó a cabo el proceso de prueba de rendimiento de la tarjeta electrónica de la etapa de sistema de protección utilizando módulos Arduino con tecnología microelectrónica.

Las pruebas realizadas se evaluaron las siguientes etapas:

- Pruebas de medición de aterramiento de pozo a tierra
- Pruebas de medición de aterramiento de torre
- Pruebas de medición de aterramiento de vientos
- Pruebas de diferenciación de aterramientos
- Medición de corrosión
- Medición de fatiga estructural
- Medición de estado de luz de balizaje

Se construyeron módulos de prueba específicos para el análisis y evaluación.

Sobre el Diseño electrónico y aplicación para la medición de aterramiento de pozo a tierra, torre y vientos se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. Se procedió a medir los pozos a tierra existentes.
- b. Se midió el aterramiento de la estructura de la torre
- c. Se midió el aterramiento de los vientos

Sobre el Diseño electrónico y aplicación para el diferenciador de aterramiento del pozo a tierra, torre y vientos se realizaron los siguientes procedimientos:

6.1.1 Formulación de la hipótesis de aterramiento

Donde se debe cumplir para garantizar la incidencia de rayo en el pararrayo:

$$RP.P.T < RA.T \quad RP.P.T < RA.V$$

6.1.2 Formulación de la hipótesis de corrosión

Sobre el Diseño electrónico y aplicación para la medición de corrosión se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. **Se procedió a medir el transmisión ultrasónico**
- b. **Se medió el rebote ultrasónico tomando medidas referenciales**

6.1.3 Formulación de la hipótesis de fatiga

Sobre el Diseño electrónico y aplicación para la medición de fatiga metálica se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. **Se procedió a medir el ángulo de inclinación con laser**
- b. **Referencia de estabilidad de suelo con sensor.**

6.1.4 Formulación de la hipótesis de luz balizaje

Sobre el Diseño electrónico y aplicación para la medición de estado de luz de balizaje se realizaron los siguientes procedimientos:

- a. **Se procedió a medir la carga de luz de balizaje por medio de inducción eléctrica.**
 - **Sobre el Análisis y evaluación para la fabricación de los sistemas de protección, prevención y monitoreo para la detección de fallas en estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de telecomunicaciones.**

Análisis y evaluación: Se llevó a cabo las evaluaciones sobre el rendimiento de la tarjeta electrónica del sistema de protección de la siguiente manera. Se utilizó como herramienta los siguientes equipos:

- **Multímetro TEKTRONIX modelo TX3**
- **Frecuencímetro BECKMAN INDUSTRIAL modelo FC130A**
- **Pinza Amperimétrica PRASEK PREMIUM modelo PR-54**
- **Multímetro verdadero RMS PRASEK PREMIUM modelo PR-803.**

a. Para la construcción del módulo de pruebas, se utilizó las siguientes tarjetas electrónicas:

- ✓ **Módulo Arduino Mega OEM 2560**
- ✓ **Módulo Arduino Laser KY-008**
- ✓ **Módulo Arduino transformador de corriente SCT-013**
- ✓ **Módulo Arduino Ethernet ENC28J60**

b. Sobre el Diseño y aplicación de un sistema de protección, prevención y monitoreo para la detección de fallas en estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de telecomunicaciones. El diseño de los sistemas de protección radiante contempla la mejora de dos factores muy importantes:

a. Los parámetros de los módulos electrónicos sea circuitos Mega OEM 2560, Laser KY-008, transformador de corriente SCT-013, Ethernet ENC28J60

b. Los módulos electrónicos del sistema de protección que comprende desde los sensores de los parámetros a monitorear hasta la protección del sistema radiante.

El diseño de circuito electrónico de un sistema de protección, prevención y monitoreo para la detección de fallas en estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de, No contamina la señal con armónicos y espurias; y no requiere el uso de componentes electrónicos de potencia.

VII. CONCLUSIONES

El diseño del circuito electrónico permite detectar fallas de aterramiento, Fatiga – corrosión, y la operatividad de la luz de balizaje cumple su función, la cual ha sido probado mediante software de simulación que utilizaron datos de mediciones en laboratorio consistentes con los datos que se registran in situ.

Se concluye que el diseño puede ser aplicado en todas las estructuras de torre para cualquier propósito como medio de sistemas de protección para las torres en el territorio peruano, proporcionando mayor seguridad a los sistemas radiantes que comprende la torre, sistemas de transmisión microondas que hoy en día la antena viene junta con el transmisor, prevenir el colapso de torre e transmisión y asegurar el estado de la luz de balizaje con la finalidad evitar accidentes con aeronaves.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para los diseños de los sistemas de protección de los transmisores contemplar mejorar dos factores muy importantes:

- 1. Deberá considerar en los parámetros de los módulos electrónicos que deberá estar alojado en caja metálica cromada con jaula Faraday y los conductores para los sensores deberán ser apantallados para los casos en sistemas de telecomunicaciones.**
- 2. Los módulos Arduino deberán ser bañados 4 veces en barniz como un medio de proteger antes brizas de mar, sulfatamiento por humedad.**
- 3. Los transformadores de corriente deberán ser recubiertos por una lámina plateada para evitar contaminaciones de campo electromagnético de alta frecuencia.**

Según la numeración dada a las diferentes unidades, su denominación es la siguiente:

- Pruebas de medición de aterramiento de pozo a tierra**
- Pruebas de medición de aterramiento de torre**
- Pruebas de medición de aterramiento de vientos**
- Pruebas de diferenciación de aterramientos**
- Medición de corrosión**
- Medición de fatiga estructural**

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalde San Miguel Pablo, *Electrónica – Electricidad*. España. Editorial Paraninfo

Andrés, A., Torres, A., Pérez, Q. J., Ramírez, R. A., & Miguel. (2006). *Técnica Estudio de la corrosión en barras de acero inoxidable en concreto contaminado por cloruros cuando se le aplican esfuerzos residuales*. Perú, México, México: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE.

Basil M. Al-hadithi, Francisco J. Gabiola (2018). *Componentes y diseño*. España electrónico. Editorial Asociación Cultural y Científica Iberoamericana (ACCI) Asociación Cultural y Científica Iberoamericana (ACCI)

Cooper William, Halftrack (1991), *Instrumentation Electronic Moderna*. México. Editorial Prentice Hall.

Córdova, C. (2017). *Córdova Carlos Evaluación de la resistencia a la corrosión en probetas de acero estructural A36 recubiertas de pintura con nanopartículas de óxido de zinc*. Lima, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Creus SolÉ (2010). *Instrumentación Industrial España*. Editorial Marcombo

González de la Rosa, Juan José (2021). *Análisis y diseño electrónico basado en el Amplificador Operacional: Fundamentos, problemas y simulaciones*. España. Editorial Díaz de Santos.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2014). *Hernández, et al. (2014), “la población o universo es el conjunto de.* (Q. EDICIÓN, Ed.) MÉXICO, MÉXICO, MÉXICO: McGraw Hill.

Lago Ferreiro Alfonso (2012). *Dispositivos y Circuitos Electrónicos Analógicos*. España Editorial Andavira Editora

Loto, R., & Loto, C. (Abril de 2021). *Corrosion and Protection of Facilities and Infrastructures in Telecommunications Industry-A Review*. (I. Publishing., Ed.) *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1107(1).

Pérez García Miguel Ángel (2014). Instrumentación Electrónica. España Editorial Paraninfo.

ROBERT L. BOYLESTAR “Análisis Introductorio de Eléctricos” España: Editorial Prentice Hall, Novena Edición 2018.

Rodríguez Fernández (2018) Equipos eléctricos y Electrónicos. España: Editorial Paraninfo Segunda Edición.

Quezada, E. (2017). Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz en los enlaces de telecomunicaciones. Guayaquil, Ecuador.

Ruiz, D. D. (2015). Contribuciones a los sistemas de protección contra el rayo. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA VALENCIA, MADRID.

Ruiz, H. J. (2002). Análisis de la Corrosión-fatiga en aleaciones ligeras de Al-Zn-Mg. Madrid, ESPAÑA: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.

Savant. C. J Addison Wesley Diseño Electrónico Circuitos y Sistemas (2000). España. Editorial Addison Wesley

Vázquez Del Real (2016). Circuitos electrónicos análogos. España Editorial Marcombo. Segunda Edición.

Yaksetig, J. (2011). Análisis de la integridad mecánica de un tramo de oleoducto afectado por un fenómeno geodinámico. Piura, Piura, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

“DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	
¿Cómo es el diseño de un circuito de protección, prevención y monitoreo para la detección de aterramiento, fallas en estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de telecomunicaciones en el 2020?	Diseñar de un circuito de protección, prevención y monitoreo para la detección de fallas de aterramiento, estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de Telecomunicaciones en el 2020.	Diseñando el circuito de protección, prevención y monitoreo para la detección de fallas de aterramiento, estructuras metálicas del sistema radiante de bases celulares de Telecomunicaciones en el 2020.	Diseño de un Circuito de sistema para la protección, prevención de aterramiento, estructuras y fatiga de estructuras metálicas de torres	Metodología del diseño electrónico	<ul style="list-style-type: none"> • Libros • Tesis • Papers • Publicaciones • Manuales • Catálogos • Datasheet 	<p>En la investigación se está desarrollando dentro de un modelo teórico descriptivo- explicativo utilizando software de simulación para ello se está ejecutado.</p> <p>Esta investigación es tecnológica con los respectivos niveles de experimentación y aplicación.</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>Esta investigación es tecnológica y experimental con los respectivos niveles de experimentación y aplicación.</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente			
¿Cómo diseñar un circuito que mida el aterramiento en el sistema radiante en diferencial del pararrayo con respecto a la estructura metálica la torre y los vientos en una estación de Telecomunicaciones de bases celulares?	Diseñar es diseñar un circuito que mida el aterramiento en el sistema radiante y la diferencial del pararrayo con respecto a la estructura metálica la torre y los vientos en una estación de Telecomunicaciones de bases celulares.	Diseñando un circuito que mide el aterramiento en el sistema radiante tendrá un diferencial del pararrayo respecto a la estructura de la torre y los vientos en una estación de Telecomunicaciones de bases celulares..	Detección de fallas de aterramiento, en estructuras metálicas por corrosión, agotamiento.	<p>Sistemas de Protección</p> <p>Agentes que deteriora las estructuras metálicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pozo a Tierra de pararrayo. • Aterramiento de estructura metálica. • Balizaje. <ul style="list-style-type: none"> • Corrosión • Fatiga metálica 	<p>a) Diseño y Cálculos sistema de protección del pararrayo la diferenciación con respecto a la estructura metálica la torre y los vientos en una estación de telecomunicaciones de bases celulares.</p> <p>b) Construcción, pruebas rutinarias, calibración del sistema de protección del pararrayo la diferenciación con respecto a la estructura metálica la torre y los vientos en una estación de telecomunicaciones de bases celulares.</p>
¿Cómo diseñar un sistema de lecturas de corrosión y agotamiento en la estructura metálica para prevenir que colapse las	Diseña un sistema de lecturas de corrosión y agotamiento en la estructura metálica para prevenir que colapse las	Diseñando un sistema de lecturas de corrosión y agotamiento en la estructura metálica se previene que colapse las	Variable independiente de X: Monitoreo para la detección de fallas de aterramiento, en		<ul style="list-style-type: none"> • Aterramiento • Nivel de corrosión • Nivel de fatiga estructural 	<p>Población muestra</p> <p>El desarrollo de la investigación, diseño, implementación y puesta en prueba, se llevará a cabo en los talleres de</p>

colapse las torres en una estación de Telecomunicaciones de bases celulares?	Torres en una estación de telecomunicaciones de bases celulares.	Torres en una estación de telecomunicaciones de bases celulares.	estructuras metálicas del sistema radiante	Telemetría de la información		Laboratorio de Ingeniería Electrónica y la empresa Inversiones EPTel PERÚ SAC, con lo cual se harán
¿Cómo se podrá monitorear el estado óptimo de las luces de balizaje para evitar que colapsen con las estructuras de las torres de Telecomunicaciones de bases celulares?	Monitorear el estado óptimo de las luces de balizaje en los sistemas radiantes de las estaciones de telecomunicaciones de bases celulares.	Monitoreando el estado óptimo de las luces de balizaje se evitará que aeronaves colapsen con las estructuras de las torres de los sistemas de telecomunicaciones de bases celulares.	Variable dependiente Y: Diseño de un Circuito de sistema para la protección, prevención de estructuras y fatiga de estructuras metálicas de torres		<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia de pozo a tierra del pararrayo. • Resistencia de aterramiento de estructura metálica • Estado de luz de balizaje 	N = Población n= Muestra

Anexo N°.2 Datasheet Sensor ultrasónico

Notas sobre instalación de sensores ultrasónicos

Advertencias sobre el montaje y servicio

Los sensores ultrasónicos pueden ser montados y trabajar en una posición cualesquiera.

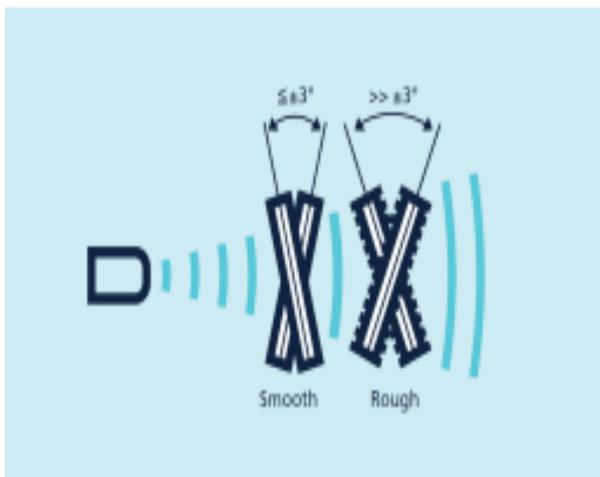
Hay que evitar las posiciones de montaje que puedan ser causa de fuertes sedimentos de suciedad sobre la superficie del sensor. Las gotas de agua y fuertes incrustaciones sobre la superficie del transductor pueden obstaculizar el funcionamiento. Ligeros sedimentos de polvo y precipitación de tinta no obstaculizan la función.

En los objetos a explorar que tienen superficies planas y lisas, los sensores deberán ser montados en un ángulo de $90^\circ \pm 3^\circ$ respecto a la superficie.

Las superficies ásperas permiten, por el contrario, desviaciones angulares claramente mayores. Para el ultrasonido es áspera una superficie cuando la profundidad de su aspereza es igual de grande que la onda de la frecuencia ultrasónica o aun mayor.

Entonces, el sonido se refleja de un modo difuso, lo cual puede ser causa de una reducción de la extensión de exploración de trabajo. En el caso de superficies ásperas, hay que averiguar mediante un ensayo propio la desviación angular máxima admisible y la exploración de trabajo máxima posible.

Los materiales de absorción acústica tales como algodón o materiales esponjados blandos pueden reducir la extensión de exploración de trabajo. Por el contrario, los líquidos y materiales sólidos tienen una reflexión acústica inmejorable.

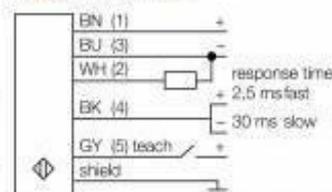


Sensor Ultrasónico
sensor de modo difuso
S18UUAQ



- Modelo compacto
- conexión por medio del conector M12x1
- compensación de temperatura
- zona ciega muy pequeña
- rango de medición ajustable por medio de "teach-in"
- Zona ciega: 3 cm
- Alcance: 30 cm

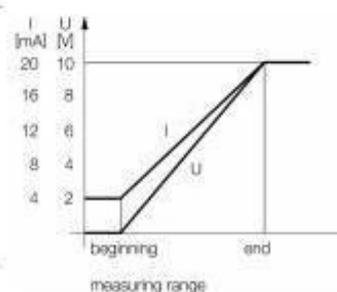
Diagrama de cableado



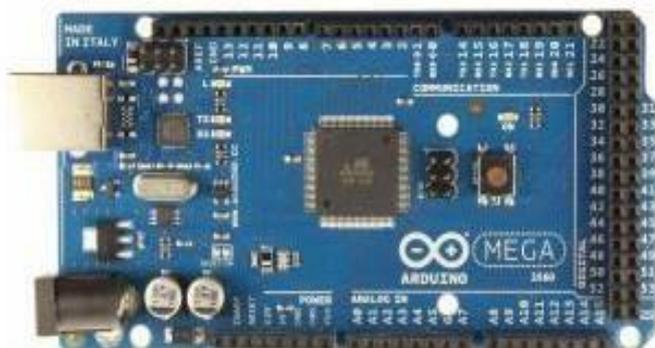
Principio de funcionamiento

Los sensores ultrasónicos están diseñados para la detección sin contacto ni sin desgaste de gran variedad de objetos mediante ondas en frecuencia. No es de importancia si el objeto es transparente o de color, metálico/no-metálico, rígido, líquido o pulverizado. Las condiciones de ambiente tales como aerosoles, polvo o lluvia apenas afectan su función.

Designación de tipo	S18UUAQ
N° de identificación	3002700
Función	Sensor ultrasónico modo difuso
Alcance	30...300 mm
Frecuencia de ultrasonido	300 kHz
Predicción de repetición	± 0.25 mm
Longitud del canto del elemento de mando nominal	50 mm
Tensión de servicio	10...30 VCC
Corriente sin carga	≤ 100 mA
Tiempo de respuesta típica	2.5 ms
Retardo de la activación	300 ms
Salida de voltaje	0...10 V
Protección cortocircuito	si
Protección contra polaridad inversa	Completa
Protección contra la rotura cable	si
Diseño	Tubo rosado, S18U
Dirección del haz	recto
Medidas	90.9 x Ø 18 mm
Material de la cubierta	Plástico, ABS/polycarbonato
Material del transductor sónico	plástico, resina epoxi y espuma de PU
Conexión eléctrica	Conectores, M12 x 1
Grado de protección	IP67
Temperatura ambiente	-20...+60 °C
Temperatura de almacenamiento	-40...+80 °C
MITF	53 según SN 29500 (ed. 99) 40 °C
Aprobaciones	CE, cULus
Indicación de la tensión de servicio	LED
Indicación estado de conmutación	LED
Object detected	Luz LED, verde



MB0014: OEM ARDUINO MEGA 2560



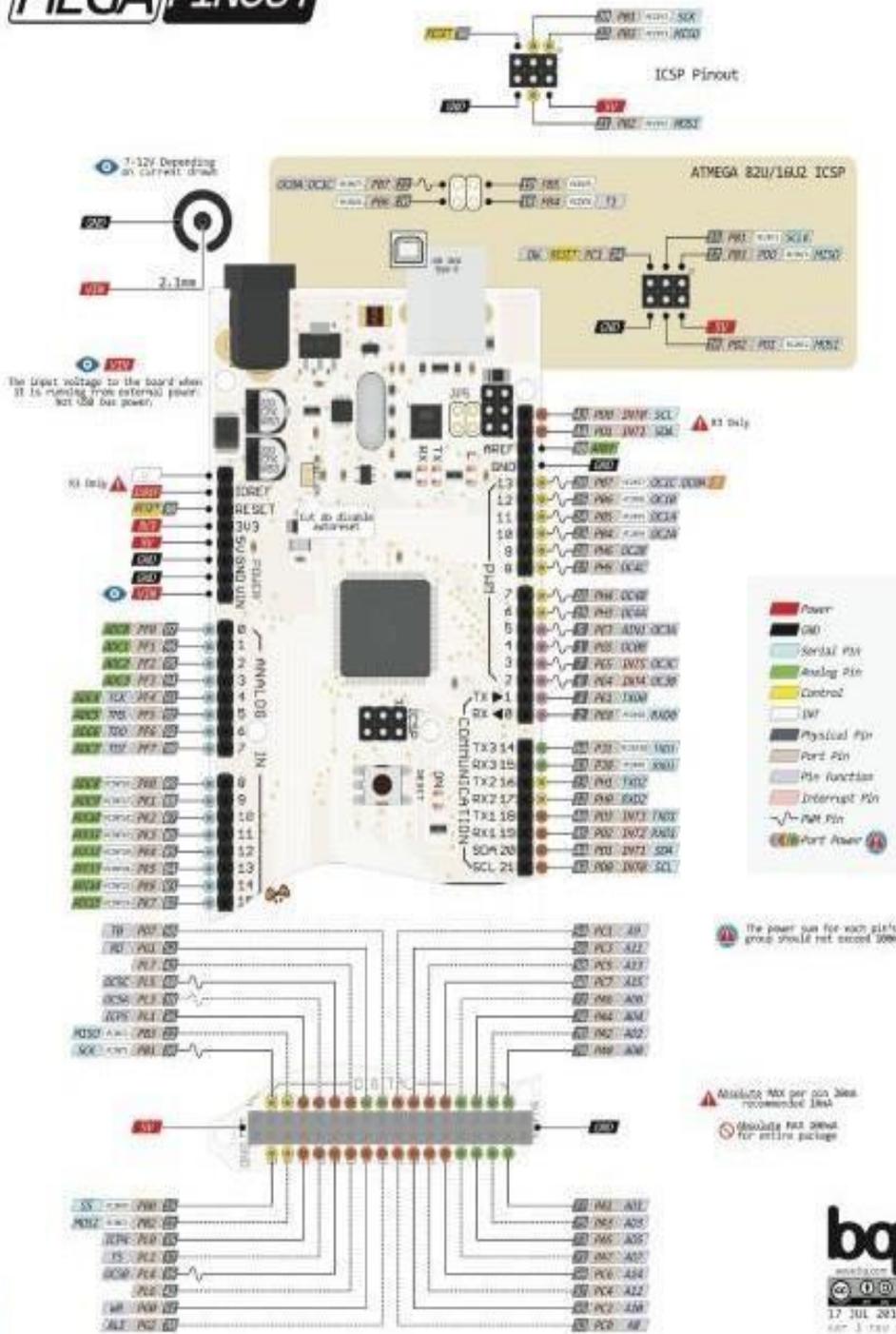
Descripción:

El Arduino Mega es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del puerto serie, sin embargo posee un convertidor USB-SERIE, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras.

Distribución de Pines

MEGA PINOUT



Características

Microcontrolador: ATmega2560.

Voltaje Operativo: 5V.

Voltaje de Entrada: 7-12V.

Voltaje de Entrada (límites): 6-20V.

Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).

Pines análogos de entrada: 16.

Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA.

Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA.

Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader).

SRAM: 8KB.

EEPROM: 4KB.

Clock Speed: 16 MHz.

Primeros Pasos

Para cargar el primer sketch debe tener instalado el IDE de Arduino en su computadora, que se debe descargar de la siguiente página:

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

Una vez instalado el software, dirijase a la pestaña:

Archivo -> Ejemplos -> Basics

Deberá elegir Blink

Posteriormente deberá elegir la placa en:

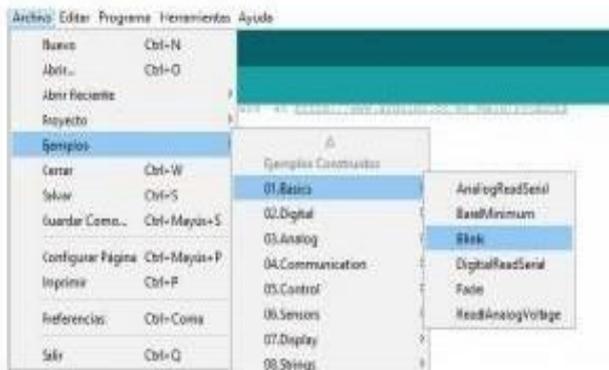
Herramientas -> Placa -> Arduino/Genuino Mega or Mega2560

Conecte su placa y a continuación vaya a:

Herramientas -> Puerto

Elija el puerto COM que su PC asignó a su placa.

Elección del ejemplo



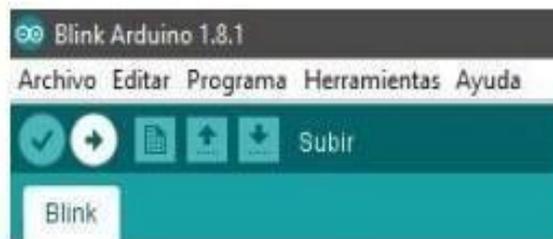
Elección de placa y puerto



Código de ejemplo

```
// void setup() {  
  // inicializa como pin digital LED_BUILTIN y lo declara  
  // como salida.  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
}  
  
//el ciclo loop que indica que las funciones que estén dentro  
//de el se realizarán indefinidamente.  
void loop() {  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // enciende el LED  
  delay(1000); // lo deja un segundo encendido  
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // apaga el LED  
  delay(1000); // lo apaga por un segundo  
}
```

Para Finalizar debe Compilar y Cargar el programa. En la flecha que indica subir:



AG Electrónica S.A., de C.V.
República del Salvador N° 20
Segundo Piso
Teléfono: 5130 - 7210

<http://agelectronica.com/AG/>

Rev 1. RMG

Fecha: 20/10/2017

Rev 2. BMF

AG Electrónica
¿Qué vamos a innovar hoy?

Anexo N°.4 Datasheet Ethernet ENC28J60



DESCRIPCIÓN

INFO

El módulo Ethernet ENC28J60 permite conectar cualquier microcontrolador como Arduino o PIC a la red Ethernet y de esa forma poder enviar y recibir datos desde una red local o internet. Basado en el Controlador Ethernet ENC28J60 de Microchip que cumple con las especificaciones IEEE 802.3, posee además Acceso directo a memoria (DMA), hardware específico para el cálculo de las sumas de control (IP checksums), filtrado de paquetes y más. La interfaz de comunicación es de tipo SPI, compatible con sistemas digitales de 3.3V o 5V como Arduino, Teensy, Pic o Raspberry Pi. El módulo incluye también el conector RJ45 con transformadores de aislamiento y leds de link/status.

Utilizar el módulo Ethernet ENC28J60 con Arduino es muy sencillo: basta realizar la conexión SPI y cargar la librería respectiva, se recomienda utilizar la librería: EtherCard. La comunicación con Arduino es mediante el bus SPI, por lo que dependiendo de nuestro modelo de placa Arduino debemos tomar en cuenta que pines son los adecuados para SPI. Debemos tomar especial consideración con el Pin Chip Select o CS, que si bien puede ser cualquier pin digital, normalmente se utiliza el pin 10 en Arduino Uno y Nano, mientras que para Arduino Mega es el pin 53.

Entre las principales aplicaciones que podemos desarrollar con este módulo podemos mencionar: controlar remotamente nuestro hogar (domótica), crear un SCADA utilizando OPC Server, Sistemas de Internet de las Cosas (IoT), control de relays, lectura remota de sensores y más.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de operación: 3.3V - 5V DC
- Basado en el controlador Ethernet ENC28J60 de Microchip
- Interfaz con el microcontrolador host por SPI
- Interfaz Ethernet 802.3
- Ancho de banda: 10 Mbps Half o Full Duplex (Manual)
- Soportado por el Stack TCP/IP de Microchip Technology
- Conector RJ45 HR911105A con transformadores de aislamiento incorporados
- LED de Encendido
- Cristal de 25 Mhz
- Dimensiones: 51*18*17mm
- Peso: 11 gramos

Este módulo permite conectar un microcontrolador a una red Ethernet. Incluye todos los componentes de soporte necesarios para hacer funcionar el ENC28J60. Ideal para usarse con el Stack TCP/IP de Microchip Technology.

NUESTROS TUTORIALES

- [Tutorial Módulo Ethernet ENC28J60 y Arduino](#)

LINKS

- [Datasheet ENC28J60](#)
- [Esquemático](#)
- [Librería para Arduino: Ethercard](#)
- [Librería para Arduino: uIP](#)
- [Tutorial: Conexión Arduino y ENC28J60](#)
- [Tutorial: Conectar Arduino a Ethernet ENC28J60](#)
- [Tutorial: Arduino y Mod. ENC28J60](#)
- [Tutorial: Arduino con Mod. ENC28J60](#)
- [Tutorial: HTML en ENC28J60](#)
- [Tutorial: Arduino y Ethernet TCP](#)
- [Proyecto: Arduino + ENC28J60 + Relays](#)
- [Concepto: Redes Ethernet TCP/IP](#)
- [Concepto: Ethernet](#)
- [Open Source TCP/IP stack - available as an Arduino library](#)
- [Video: ¿Qué es Ethernet TCP/IP?](#)

Anexo N°.5 Datasheet Laser

Example
Asuni - Tecnick.com
df.org

Modulo Sensor Laser KY-008 para Arduino

Código: 110964



Descripción

El modulo KY-008 es un circuito emisor de luz laser, diseñado para trabajar con proyectos y circuitos Arduino, emite un haz de luz de alta potencia (650nm) de color rojo, su cabezal esta elaborado con bronce para darle mayor resistencia y una muy buena disipación del calor producido por el laser, esta diseñado con 3 pines de conexión, dos de alimentación (Vcc y Gnd) y un pin separador sin función asignada (NC).

Al no contar con un pin de activación esta se debe llevar a cabo mediante el pin de Vcc; enviando el pulso de activación mediante un pin de salida de Arduino que le suministre los 5V que el modulo requiere, se recomienda extremar precauciones en la manipulación del modulo ya que la luz producida por el AR-LASER puede provocar quemaduras y daños temporales o permanentes en los ojos si se apunta o mira directamente al laser.

- Voltaje de funcionamiento 5 V
- de onda de Arduino: 650nm
- Profundidad: 8 mm
- Dimensiones: 1,8 x 1,4cm
- Longitud de onda de 650nm
- Potencia: 5mW

Reservados todos los derechos.

Anexo N°.6 Datasheet sensor de corriente

Split core current transformer



Model: SCT-013

Rated input current: 5A/100A

Characteristics: Opening size: 13mm*13mm,

Non-linearity±3% (10%—120% of rated input current)

1m leading wire, standard Φ3.5 three core plug output.

Current output type and voltage output type (voltage output type built-in sampling resistor)

Purpose: Used for current measurement, monitor and protection for AC motor, lighting equipment, air compressor etc

Core material: ferrite

Mechanical strength: the number of switching is not less than 1000 times(test at 25℃)

Safety index: Dielectric strength(between shell and output)1000V AC/1min

Fire resistance property: In accordance with UL94-Vo

Work temperature: -25℃~+70℃

Outline size diagram: (in mm)

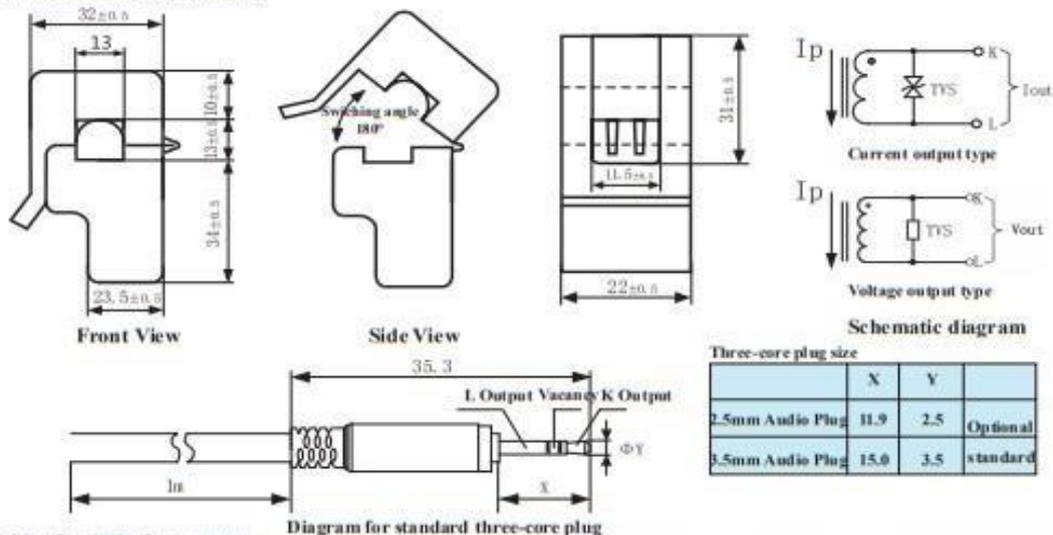


Table of technical parameter:

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

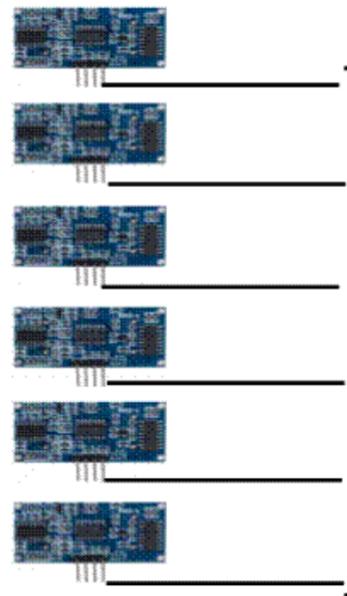
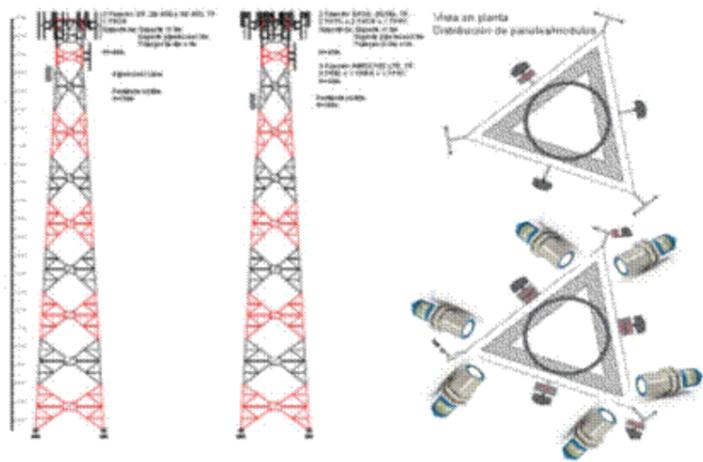
※ Output type: voltage output type built-in sampling resistor, current output type built-in protective diode.

Tel: 86-13933609279 Fax: 86-7929499-804 skype:macymengl

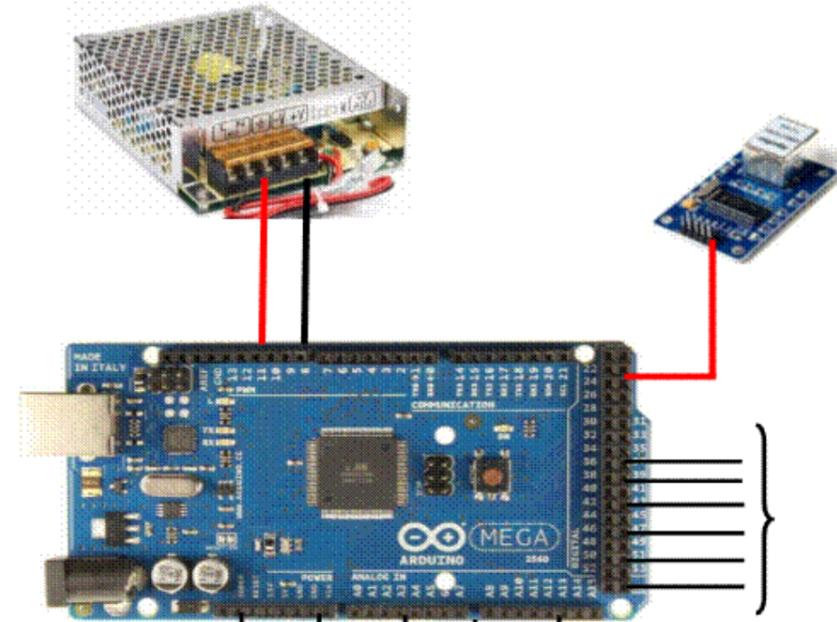
Web (China): www.yhdc.com Web (Latvia): www.yhdc.lv



PLANO

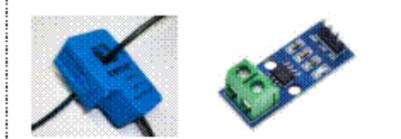


SENSOR DE
CORROSION
ESTRUCTURAL

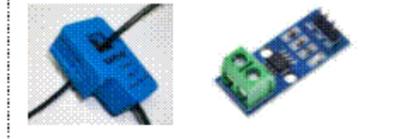


ENTRADA DE SENSORES
DE CORROSION
ESTRUCTURAL

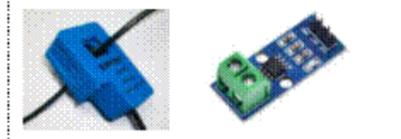
SENSOR DE
ATERRAMIENTO DE
PARARRAYO



SENSOR DE
ATERRAMIENTO DE
TORRE



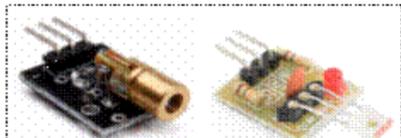
SENSOR DE
ATERRAMIENTO DE
VIENTO O RETENIDA



SENSOR DE
LUZ DE BALIZAJE



SENSOR DE
FATIGA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POR GRADO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA			
Mención:		Firma y Sello	
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES			
Investigación:		Dirección:	
"DISEÑO DE UN CIRCUITO DE PROTECCIÓN, PREVENCIÓN Y MONITOREO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DEL SISTEMA RADIANTE DE BASES CELULARES DE TELECOMUNICACIONES EN EL2020"		Jr. Los Jazmines #125 Urb. Sta. Isabel Carabayllo	
Especialidad:	Dibujo:	Dpto.:	Plano:
PLANO ELECTRÓNICO	W.G.T.S	Lima	
Profesional Responsable:	Escala:	Fecha:	
WILUAM GILBERTO TORRES SANTOS	S/E	Enero 2021	I.E - 1/0

