



**Instrumentación en el proyecto Piragua del convenio entre la Universidad de Antioquia y
Corantioquia**

Juan Pablo Montoya Torres

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Asesores

Juan Bernardo Cano Quintero Doctor (PhD) en Área de formación del asesor interno

Jaime Alejandro Valencia Doctor (PhD) en Área de formación del asesor interno

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita

Montoya Torres [1]

Referencia

[1] J. Montoya Torres, “Trabajo de grado de pregrado, 2023”, Facultad de ingeniería, Pregrado, Ingeniería eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, 2023.



Créditos a escenario de prácticas, personas, proyectos que aportaron al desarrollo de la práctica (interna y externamente: empresa y área de la empresa, grupo de investigación, proyecto, organización)



Seleccione biblioteca, CRAI o centro de documentación UdeA (A-Z)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Noe Mesa

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi madre y familia, por su apoyo inquebrantable y amor constante. A mis amigos, por las risas compartidas y el aliento en los momentos difíciles. A mis profesores y mentores, por su sabiduría y orientación. A todos los que han contribuido de alguna manera a este proyecto, su influencia y apoyo han sido invaluable.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS	9
A. Objetivo general	9
B. Objetivos específicos	9
III. MARCO TEÓRICO	10
IV. METODOLOGÍA	15
V. RESULTADOS	17
VI. ANÁLISIS	19
VII. CONCLUSIONES	20

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Estación Automática de lluvia	8
Fig. 2. Tarjeta Raspberry	10
Fig. 3. Dongle Sim 7600	12
Fig. 4. Tarjeta Piragua	12
Fig. 5. Sensor de nivel H&H	13
Fig. 6. Sensor de nivel Maxonar	14

LISTA DE TABLAS

Tabla. I. Estaciones intervenidas	18
---	----

RESUMEN

Durante mi práctica académica, participé en la implementación y mantenimiento de estaciones automáticas de monitoreo desarrolladas en colaboración con la Universidad de Antioquia y Corantioquia. Estas estaciones se encargan de recopilar datos ambientales críticos, como precipitación, niveles de agua en ríos y quebradas, velocidad del viento y radiación solar.

Para alcanzar los objetivos de mi práctica, aproveché diversas herramientas y enfoques, incluyendo la colaboración estrecha con un equipo multidisciplinario. Trabajé con software especializado para analizar los datos recopilados y garantizar la calidad de la información.

Mi labor también implicó el seguimiento y mantenimiento regular de estas estaciones automáticas. El mantenimiento es esencial para detectar y corregir posibles problemas que puedan afectar el funcionamiento adecuado de estas estaciones y la precisión de los datos obtenidos.

En resumen, durante mi práctica académica, contribuí al desarrollo, implementación y mantenimiento de estaciones automáticas de monitoreo ambiental, aplicando una variedad de herramientas y colaborando activamente con el equipo, lo que enriqueció mi experiencia y conocimientos en mi campo de estudio

Palabras clave — **Instrumentación, Estación meteorología, Sensores de lluvia, sensores de nivel de ríos**

ABSTRACT

During my academic internship, I participated in the implementation and maintenance of automatic monitoring stations developed in collaboration with the University of Antioquia and Corantioquia. These stations are responsible for collecting critical environmental data, such as precipitation, water levels in rivers and streams, wind speed, and solar radiation.

To achieve the objectives of my internship, I utilized various tools and approaches, including close collaboration with a multidisciplinary team. I worked with specialized software to analyze the collected data and ensure data quality.

My work also involved the monitoring and regular maintenance of these automatic stations. As Maintenance is essential to detect and address potential issues that may affect the proper functioning of these stations and the accuracy of the data obtained.

In summary, during my academic internship, I contributed to the development, implementation, and maintenance of environmental monitoring automatic stations, applying a variety of tools and actively collaborating with the team, which enriched my experience and knowledge in my field of study.

Keywords — Weather station, Rain sensors, River water level sensors

I. INTRODUCCIÓN

Las estaciones automáticas de monitoreo son sistemas compuestos por componentes electrónicos que se encargan de recopilar información sobre diversos parámetros ambientales, como la cantidad de lluvia, el nivel de los ríos y las quebradas, la velocidad y dirección del viento, la radiación solar, entre otros.

En colaboración con la Universidad de Antioquia, Corantioquia ha desarrollado un prototipo de estación automática de monitoreo que se instala en varios municipios de Antioquia. Estas estaciones miden diferentes variables según las necesidades específicas de cada entorno.

Al igual que cualquier equipo eléctrico y electrónico, las estaciones automáticas requieren un mantenimiento periódico para detectar y corregir posibles problemas y fallas que puedan afectar su funcionamiento adecuado y la calidad de la información recopilada en el campo.[1]

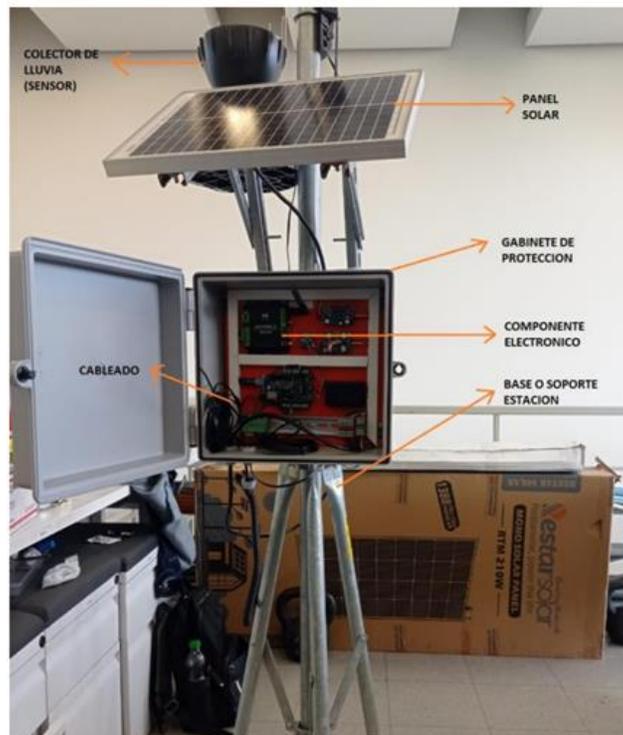


Fig 1

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Apoyar la elaboración del documento estructural de mejoramiento a los desarrollos tecnológicos de la red automática del Programa, en el cual se presentará un análisis del funcionamiento de las estaciones a partir de los informes entregados por el componente de la red automática en convenios anteriores; en el documento se entregarán recomendaciones del nuevo desarrollo tecnológico que deberán tener las próximas estaciones, de manera que se puedan disminuir los porcentajes de falla de los equipos y evitar caídas súbitas de la red para transmitir datos mientras el programa no se encuentre activo.

B. Objetivos específicos

- Realizar el plan de mantenimientos correctivos que permitan lograr una operatividad del 92% de estaciones automáticas (lluvia, climáticas o nivel) de las zonas asignadas.

- Realizar el plan de mantenimientos en las estaciones automáticas y demás cantidades de intervenciones de adecuaciones, mantenimientos preventivos o actualizaciones a las estaciones según las metas pactadas de los estudios previos.

- Apoyar el diseño de la propuesta para la Versión 5 de las estaciones, de manera que se puedan realizar mantenimientos de manera remota y se disminuya la probabilidad de falla por el sistema operativo.

III. MARCO TEÓRICO

Tarjeta Raspberry: La tarjeta Raspberry se refiere a una serie de computadoras de placa única (Single Board Computer, SBC) desarrolladas por la Fundación Raspberry Pi. Estas tarjetas son pequeñas, económicas y están diseñadas para fomentar el aprendizaje de la programación y la electrónica, así como para ser utilizadas en una amplia gama de proyectos. La tarjeta Raspberry Pi ofrece un procesador, memoria, puertos de entrada y salida, conectividad de red y varios puertos USB en una sola placa. Además, incluye una tarjeta de memoria SD o microSD como medio de almacenamiento principal. La popularidad de las tarjetas Raspberry Pi se debe a su versatilidad y facilidad de uso. Pueden utilizarse en proyectos educativos, domóticos, de automatización, de robótica, de servidores, multimedia y muchos otros. Además, cuentan con un amplio soporte y una comunidad activa que comparte proyectos, tutoriales y soluciones en línea, dicho lo anterior la tarjeta Raspberry hace la función de ordenador implementadas en las estaciones de lluvia, meteorológica o de nivel para el correcto almacenamiento de los datos y para el envío de datos a un portal web.[2]



Fig 2

Dongle SIM 7600: Un "dongle SIM 7600" se refiere a un dispositivo que utiliza una tarjeta SIM para proporcionar conectividad de red, especialmente en el contexto de redes móviles y comunicaciones inalámbricas. El SIM 7600 es un módulo de comunicación que admite tecnología 4G/LTE y puede ser utilizado en diferentes aplicaciones para habilitar la conectividad a través de redes móviles de alta velocidad. El dongle SIM 7600 generalmente se conecta a un dispositivo, como una computadora, una placa de desarrollo o un sistema embebido, a través de un puerto USB o una interfaz similar. El dispositivo actúa como un adaptador que permite la inserción de una tarjeta SIM y establece una conexión de red utilizando la infraestructura de una red celular. Al utilizar el dongle SIM 7600, es posible acceder a servicios de datos móviles de alta velocidad, lo

que permite la transferencia de datos, navegación por Internet y otras funcionalidades que requieren conectividad en movimiento. Además, estos dongles suelen ser compatibles con diversas bandas de frecuencia y estándares de comunicación para adaptarse a diferentes regiones y operadores de telecomunicaciones. En resumen, el Dongle se conecta a un puerto USB de la Raspberry para el correcto envío de datos al portal web. [3]



Fig 3

Estación de lluvia: Una estación de lluvia es un dispositivo o conjunto de instrumentos utilizado para medir y registrar la precipitación de lluvia en un área determinada. Su principal objetivo es recolectar datos precisos sobre la cantidad de agua caída durante un período de tiempo específico. La estación de lluvia típica consta de varios componentes, entre los que se incluyen:

Pluviómetro: es el instrumento principal de la estación de lluvia y se utiliza para medir la cantidad de precipitación. Generalmente, consiste en un recipiente cilíndrico calibrado que recoge y mide el agua de lluvia. Algunos pluviómetros modernos utilizan sensores electrónicos para medir la cantidad de agua.[5]

Embudo colector: se encuentra en la parte superior del pluviómetro y tiene la función de dirigir el agua de lluvia hacia el recipiente de medición. Ayuda a capturar la mayor cantidad posible de precipitación.

Registro de datos: una estación de lluvia puede estar equipada con un sistema de registro automático que registra y almacena los datos de precipitación a lo largo del tiempo. Esto puede

incluir un registrador electrónico o un sistema de transmisión de datos a una estación de monitoreo central, en la figura # 1 se ilustra la estación de lluvia ya ensamblada y con todos sus componentes

Estación meteorológica: Este tipo de estación mide variables ambientales tales como precipitación de la lluvia, radiación solar, temperatura, velocidad y dirección del viento, para esto se conectan todos los sensores mediante una tarjeta llamada piragua mostrada en la figura 3. Además, se muestra el esquema de conexión de sensores adjunto a este documento en PDF [1]



Fig 4

Estación de nivel: Una estación que mide el nivel de un río es un dispositivo o conjunto de instrumentos diseñados para monitorear y registrar continuamente la altura o el nivel del agua en un río o cualquier otro cuerpo de agua. Estas estaciones, también conocidas como estaciones de medición de nivel de agua o estaciones hidrométricas, desempeñan un papel crucial en la gestión de recursos hídricos y en la prevención de inundaciones. Aquí hay algunas características y componentes comunes de una estación que mide el nivel de un río:

Sensor de nivel: El componente principal de la estación es el sensor de nivel, que puede ser de diversos tipos, como sensores de presión, flotadores, ultrasónicos o láser. Este sensor registra la altura del agua en el río de manera continua o en intervalos regulares, en el caso del proyecto piragua se utilizan sensores Endress+Hauser [4] y sensor de nivel maxsonar.

Sensor de nivel maxsonar: El sensor maxsonar es un dispositivo ultrasónico ampliamente utilizado para medir distancias de manera precisa y confiable en una variedad de aplicaciones. Funciona emitiendo pulsos ultrasónicos de alta frecuencia y calculando la distancia al objeto en función del tiempo que tarda en recibir el eco de ese pulso. Una de las características clave de los sensores MaxSonar es su versatilidad en términos de alcance, ya que están disponibles en una gama que abarca desde unos pocos centímetros hasta varios metros, lo que los hace adecuados para una amplia variedad de proyectos y aplicaciones. Además, estos sensores son conocidos por su precisión, con la capacidad de proporcionar mediciones precisas de distancia en milímetros o centímetros, dependiendo del modelo y las condiciones ambientales. Esto los convierte en una opción popular en campos como la robótica, la automatización industrial, los vehículos autónomos y cualquier escenario donde la detección de objetos o la navegación precisa sean esenciales. Su facilidad de uso y capacidad para operar en diversas condiciones ambientales, este es un tipo de sensores que se usan en el proyecto piragua para medir el nivel y el caudal del río.[5]



Fig 5



Fig 6

Comunicación de datos: Las estaciones de medición de nivel de río suelen estar equipadas con sistemas de comunicación, como conexiones de telefonía celular, radio, satélite o redes de datos, que permiten la transmisión de datos en tiempo real a una ubicación central o a las autoridades pertinentes. el caso del proyecto piragua se utiliza un donlge SIM 7600, descrito anteriormente en este documento, para transmitir los datos a la página web del proyecto[3]

Almacenamiento de datos: Muchas estaciones tienen capacidad de almacenamiento local para registrar datos a largo plazo en caso de pérdida de conexión o para permitir análisis posteriores, en el proyecto piragua se usa una microSD para almacenar los datos.

Estación central de datos: Los datos recopilados por múltiples estaciones se envían a una estación central de datos, donde se procesan, se almacenan y se analizan. Los operadores y expertos pueden acceder a esta información para tomar decisiones informadas sobre la gestión del agua y la respuesta a eventos como inundaciones.

Monitoreo constante: Las estaciones de medición de nivel de río operan las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que permite un monitoreo continuo de las condiciones del río y una respuesta rápida ante cambios significativos en el nivel del agua.

Estas estaciones son esenciales para la gestión de recursos hídricos, ya que proporcionan información crítica para la toma de decisiones relacionadas con la operación de presas, la predicción de inundaciones, la gestión de caudales, la protección de áreas ribereñas y la planificación de usos del agua, entre otros. También son una herramienta importante para la mitigación de riesgos y la protección de comunidades que pueden verse afectadas por eventos climáticos extremos relacionados con el agua.[6]

IV. METODOLOGÍA

Planificación del mantenimiento correctivo:

- a. Identificar y asignar las zonas correspondientes a las estaciones automáticas (lluvia, climáticas o nivel) que requieren mantenimiento correctivo.
- b. Realizar un análisis de las fallas y averías reportadas por las estaciones automáticas.
- c. Priorizar las estaciones con mayor impacto en la operatividad y seleccionar aquellas que requieren atención inmediata.
- d. Establecer un plan de acción para cada estación seleccionada, definiendo los recursos necesarios, el tiempo estimado y las actividades específicas a realizar para corregir las fallas.
- e. Ejecutar el plan de mantenimiento correctivo de acuerdo con las prioridades establecidas.
- f. Realizar seguimiento y monitoreo de las estaciones reparadas para verificar la efectividad de las acciones tomadas.
- g. Registrar y documentar las intervenciones realizadas, incluyendo los problemas identificados, las soluciones implementadas y las recomendaciones para evitar futuras fallas.

Planificación del mantenimiento preventivo y actualizaciones:

- a. Revisar los estudios previos y metas establecidas para determinar las intervenciones necesarias en las estaciones automáticas.
- b. Definir un plan de mantenimiento preventivo, considerando las recomendaciones del fabricante y las mejores prácticas de mantenimiento.
- c. Establecer un calendario de actividades para llevar a cabo las intervenciones planificadas, asegurando que se cumplan las metas establecidas.
- d. Realizar las adecuaciones, mantenimientos preventivos y actualizaciones necesarias en las estaciones automáticas de acuerdo con el plan establecido.
- e. Documentar todas las actividades realizadas durante el mantenimiento, incluyendo los procedimientos seguidos, las actualizaciones implementadas y los resultados obtenidos.
- f. Realizar pruebas de funcionalidad y verificar que las estaciones estén operando de acuerdo con las especificaciones técnicas y los estándares establecidos.

g. Generar informes de mantenimiento preventivo, incluyendo los registros de las actividades realizadas, las mejoras implementadas y las recomendaciones adicionales.

Apoyo al diseño de la propuesta para la Versión 5 de las estaciones:

- a. Colaborar con el equipo encargado del diseño de la Versión 5 de las estaciones automáticas.
- b. Realizar un análisis de las necesidades de mantenimiento y las fallas recurrentes identificadas en las versiones anteriores.
- c. Proponer soluciones para permitir el mantenimiento remoto de las estaciones automáticas, considerando tecnologías y herramientas adecuadas.
- d. Participar en la definición de los requisitos del sistema operativo de las estaciones, con el objetivo de disminuir la probabilidad de fallas.
- e. Colaborar en la evaluación de proveedores de tecnología y seleccionar aquellos que ofrezcan soluciones acordes a las necesidades identificadas.
- f. Realizar pruebas piloto de la Versión 5 de las estaciones, evaluando su funcionalidad, usabilidad y eficacia en el mantenimiento remoto.
- g. Documentar los resultados obtenidos, incluyendo las mejoras implementadas, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para su implementación.

V. RESULTADOS

Se ha elaborado un documento estructural de mejoramiento de los desarrollos tecnológicos de la red automática del Programa, que incluye un análisis detallado del funcionamiento de las estaciones basado en informes de convenios anteriores.

El documento de mejoramiento ha proporcionado recomendaciones clave para el desarrollo tecnológico de las próximas estaciones automáticas, con el objetivo de reducir significativamente los porcentajes de falla de los equipos y evitar caídas súbitas de la red durante periodos de inactividad del programa.

Se ha logrado una operatividad del 92% de las estaciones automáticas (lluvia, climáticas o nivel) en las zonas asignadas a través de un plan efectivo de mantenimiento correctivo.

Las estaciones seleccionadas para el mantenimiento correctivo han experimentado una mejora significativa en su funcionamiento, lo que ha contribuido a la estabilidad de la red automática.

Se han identificado y abordado las fallas y averías reportadas por las estaciones automáticas de manera oportuna y eficiente.

Las estaciones prioritarias con un alto impacto en la operatividad se han atendido de manera inmediata, minimizando las interrupciones en la transmisión de datos.

Se ha establecido un plan de acción completo para cada estación seleccionada en el mantenimiento correctivo, lo que ha permitido una reparación efectiva y duradera.

El seguimiento y monitoreo continuo de las estaciones reparadas ha confirmado la efectividad de las acciones tomadas y ha garantizado su funcionamiento adecuado.

Se ha documentado exhaustivamente cada intervención realizada durante el mantenimiento, lo que proporciona un registro detallado de problemas identificados, soluciones implementadas y recomendaciones preventivas para el futuro.

Se ha avanzado significativamente en el diseño de la propuesta para la Versión 5 de las estaciones automáticas, incluyendo la posibilidad de mantenimiento remoto y la implementación de medidas para reducir la probabilidad de fallas relacionadas con el sistema operativo.

En la tabla 1 se mencionan las estaciones que se visité para realizar su intervención durante el periodo de mi práctica académica de acuerdo al tipo de estación ya sea meteorológica, limnógrafo (estación que mide nivel del río) y pluviógrafa (estación que mide la precipitación de la lluvia), mencionando también la ubicación de la estación en los municipios ya sea alcaldía, vereda, Planta de tratamiento de Agua Potable (PTAP) o un Río.

Tabla I

Estaciones intervenidas durante mi práctica académica

Municipio	Ubicación	Tipo de estación
Caucasia	Rio cacerí	Limnígrafo
Caucasia	Vereda el pando	Pluviógrafo
Caucasia	Alcaldía	Pluviógrafo
El Bagre	PTAP	Pluviógrafo
El Bagre	Rio Nechí	Limnígrafo
Zaragoza	Alcaldía	Pluviógrafo
Nechí	PTAP	Pluviógrafo
Nechí	Vereda Colorado	Pluviógrafo
Nechí	Rio Cauca	Limnígrafo
Cáceres	Rio Cauca	Limnígrafo
Cáceres	PTAP Vda Jardin	Meteorológica
Cáceres	Quebrada la Noa	Limnígrafo
Cáceres	PTAP	Pluviógrafo
Tarazá	Alcaldía	Pluviógrafo
Tarazá	Rio Tarazá	Limnígrafo
Tarazá	Rio Rayo	Limnígrafo
Valdivia	PTAP	Pluviógrafo
Briceño	PTAP	Pluviógrafo

VI. ANÁLISIS

Diseño de la Versión 5 de las Estaciones: El avance en el diseño de la Versión 5 de las estaciones es un paso adelante significativo. La capacidad de realizar mantenimiento remoto y la consideración de medidas para reducir las fallas del sistema operativo indican una orientación hacia la modernización y la eficiencia en el mantenimiento.

Recomendaciones para el Futuro: Los resultados obtenidos deben llevar a recomendaciones clave para la gestión de la red automática en el futuro. Estas recomendaciones pueden incluir la asignación de recursos adicionales para el mantenimiento preventivo, la implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real y la formación continua del personal de mantenimiento.

Eficiencia y Ahorro de Costos: La efectividad en la operatividad y el mantenimiento de las estaciones automáticas no solo garantiza la calidad de los datos, sino que también puede conducir a un ahorro significativo en costos a largo plazo al reducir las interrupciones, los tiempos de inactividad y la necesidad de reparaciones costosas.

Participación Interdisciplinaria: La colaboración entre diferentes equipos, incluidos los encargados del mantenimiento, el diseño y la tecnología, ha demostrado ser esencial para lograr estos resultados. Este enfoque interdisciplinario puede ser una estrategia efectiva en la gestión de proyectos similares en el futuro.

VII. CONCLUSIONES

La implementación de un plan de mantenimiento correctivo efectivo ha llevado a una mejora significativa en la operatividad de las estaciones automáticas. Al lograr una tasa del 92% de estaciones operativas, se ha demostrado que las acciones de mantenimiento han sido exitosas y que la red automática del programa es más confiable que antes.

El avance en el diseño de la Versión 5 de las estaciones, con énfasis en el mantenimiento remoto y la estabilidad del sistema operativo, señala un compromiso con la modernización y la eficiencia tecnológica a largo plazo. Esto es esencial para garantizar que la red automática se mantenga actualizada y pueda adaptarse a las demandas cambiantes.

La documentación rigurosa de las intervenciones de mantenimiento y la colaboración interdisciplinaria han sido factores críticos para el éxito. Esta conclusión subraya la importancia de aprender de las experiencias pasadas y de seguir mejorando las prácticas de mantenimiento y diseño en el futuro.

REFERENCIAS

- [1] Manual de operación y mantenimiento proyecto piragua PDF, Universidad de Antioquia
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], N. S. Yamanoor y S. Yamanoor, "High quality, low cost education with the Raspberry Pi," 2017.
- [3] "SIM7600G-H 4G Dongle," Waveshare Wiki. [En línea]. Disponible en: www.waveshare.com/wiki/SIM7600G-H_4G_DONGLE. [Accedido: 3 de octubre del 2023].
- [4] Sensor HandH: [En línea]. Disponible en: <https://octopart.com>.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], Ghosh y A. Sanyal, "On automatizing recognition of multiple human activities using ultrasonic sensor grid", 2017.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers [IEEE], Dual Functional MIMO Antenna System for mm-Wave 5G and 2 GHz 4G Communications, 2017