



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Virtualización de objetos en un espacio tridimensional
utilizando tecnología de identificación por radio frecuencia**

**Proyecto de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autor:

RODRÍGUEZ ZALAMEA DAVID ALEJANDRO

Director:

DANIEL ESTEBAN ITURRALDE PIEDRA

CUENCA, ECUADOR

2016

DEDICATORIA

Este trabajo que demuestra la culminación de una nueva etapa en mi crecimiento va dedicado a mis padres, abuelas y hermana quienes siempre me han demostrado su apoyo incondicional y han inspirado en todo momento mi deseo de salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a mis padres y hermana por el apoyo incondicional en la realización de este proyecto y en toda mi vida, a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Azuay por compartir sus conocimientos y permitir formarme como un nuevo profesional.

En especial al docente Daniel Iturralde por su apoyo y dirección en el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Alcances y limitaciones.....	8
1.3 Hipótesis.....	8
1.4 Metodología utilizada.....	9
1.5 Organización del trabajo.....	9
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Historia de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID).....	11
2.2 Definición de RFID.....	12
2.3 Definición de código EPC.....	12
2.4 Funcionamiento de equipos RFID.....	13
2.4.1 Etiquetas RFID.....	14
2.4.1.1 Componentes de las Etiquetas.....	14
2.4.1.2 Clasificación de las etiquetas RFID.....	16
2.4.2 Lector RFID.....	20
2.4.2.1 Funcionamiento.....	21
2.4.2.2 Clasificación de los Lectores RFID.....	22

2.4.3 Antenas RFID.....	28
2.4.3.1 Antena Isotrópica.....	29
2.4.3.2 Antena Omnidireccional.....	29
2.4.3.3 Antena Directiva.....	29
2.4.4 Subsistema de Procesamiento de Datos o Middleware RFID.....	29
2.4.4.1 Adquisición de Datos.....	30
2.4.4.2 Encaminamiento de Datos.....	30
2.4.4.3 Gestión de Procesos.....	30
2.4.4.4 Gestión de Dispositivos.....	30
2.5 Métodos de Posicionamiento por Radio Frecuencia.....	30
2.5.1 Tiempo de Vuelo TFO (Time Of Fligth).....	31
2.5.1.1 Tiempo de llegada TOA (Time Of Arrival).....	31
2.5.1.2 Tiempo Diferencial De Llegada TDOA (Time Differential Of Arrival).....	32
2.5.1.3 Tiempo De Ida y Vuelta RTTT (Raun Trip Travel Time).....	32
2.5.2 Ángulo de Llegada TFO (Time Of Fligth).....	33
2.5.3 Indicador de Fuerza de Señal de Recepción RSSI (Receive Signal Strength Indication).....	34
2.5.4 Punto de Acceso más cercano.....	35
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	36
3.1 Descripción de equipos.....	36
3.1.1 Lector RFID Alien Technology ALR-9650.....	36
3.1.2 Antena Auxiliar RFID Alien Technology ALR-9611.....	38
3.1.3 Etiquetas RFID IOC/IEC 18000-6C.....	39
3.2 Instalación.....	40
3.2.1 Instalación de Lector y Antena RFID.....	40
3.2.2 Configuración.....	42
3.2.3 Pruebas de funcionamiento.....	43
3.3 Adquisición de Datos.....	44
3.4. Método de localización.....	47
3.5 Diseño y desarrollo de Middleware de virtualización.....	48
3.5.1 Diseño de Middleware de virtualización.....	48

3.5.2 Desarrollo de Middleware de virtualización.....	57
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	78
4.1 Carátula.....	78
4.2 Probar y configurar antenas y BD.....	78
4.3 Adquirir datos de las antenas.....	78
4.4 Editar datos adquiridos.....	79
4.5 Datos de RSSI.....	79
4.6 Asignar objetos a las etiquetas.....	90
4.7 Gráfico 3D.....	90
4.8 Limpiar base de datos.....	101
4.9 Salir.....	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
Conclusiones:.....	102
Recomendaciones:.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Robot controlado por sistema RFID.....	3
Figura 1.2 Sistemas de control de accesos por RFID.....	4
Figura 1.3 Control de inventario de oficina por RFID.....	4
Figura 1.4 Museo con sistema de ubicación por RFID.....	5
Figura 1.5 Control de accesos para personal con el uso de RFID.....	6
Figura 1.6 Tienda con sistema de seguridad y control de productos con RFID.....	7
Figura 1.7 Foto de una guardería.....	7
Figura 1.8 Control de ganado con el uso de RFID.....	8
Figura 2.1 Estructura de ECP.....	12
Figura 2.2 Componentes de un sistema RFID.....	13
Figura 2.3 Elementos de una Etiqueta RFID.....	14
Figura 2.4 Tabla de características de etiquetas en función de su frecuencia.....	16
Figura 2.5 Tipos de etiquetas pasivas.....	18
Figura 2.6 Ejemplos de Etiquetas RFID activas.....	19
Figura 2.7 Ejemplos de etiquetas Semi Pasivas.....	20
Figura 2.8 Lectores RFID.....	20
Figura 2.9 Tabla de aplicaciones de la tecnología RFID según sus frecuencias de trabajo.....	22
Figura 2.10 Espectro Electromagnético.....	24
Figura 2.11 Tabla de versiones ISO con relación a la frecuencia de trabajo.....	25
Figura 2.12 Lector de Etiquetas RFID HP.....	26
Figura 2.13 Lector de Etiquetas RFID LP.....	27
Figura 2.14 Lectores RFID móviles.....	27
Figura 2.15 Tipos de radiación de las antenas RFID.....	29
Figura 2.16 Aplicación de TOA para ubicación en 2D.....	31
Figura 2.17 Ejemplo de implementación de TDOA.....	32
Figura 2.18 Ejemplo de implementación de AOA.....	33
Figura 2.19 Diagrama de radiación de una antena unidireccional.....	33
Figura 2.20 Diagrama de composición de antenas para calcular el AOA.....	34
Figura 2.21 Ejemplo de RTLS para ubicación de punto de acceso más cercano.....	35
Figura 3.1 Lector ALR-9650.....	38

Figura 3.2 Antena ALR-9611.....	39
Figura 3.3 Etiqueta IOC/IEC 18000-6C.....	40
Figura 3.4 Dimensiones de lector RFID ALR-9650.....	40
Figura 3.5 Soporte de los equipos de adquisición RFID.....	41
Figura 3.6 Equipos RFID instalados en el laboratorio de Telecomunicaciones.....	41
Figura 3.7 Prueba de comunicación Ethernet entre terminal remoto y el lector RFID.	42
Figura 3.8 POE.....	43
Figura 3.9 Diagrama de radiación del lector ALR-9650.....	43
Figura 3.10 Demo Software Gateway.....	44
Figura 3.11 Comunicación con el lector RFID por medio de puerto Ethernet a través de terminal.....	45
Figura 3.12 Información entregada por el lector en formato Text.....	45
Figura 3.13 Configuración del lector RFID.....	46
Figura 3.14 Configuración final del lector RFID.....	47
Figura 3.15 Ubicación de equipos en área de trabajo.....	47
Figura 3.16 Vistas de la malla de adquisición de datos.....	48
Figura 3.17 Diagrama de flujo principal.....	49
Figura 3.18 Diagrama de flujo de “Adquirir datos de las antenas RFID”.....	51
Figura 3.19 Diagrama de flujo de “Editar datos adquiridos”.....	52
Figura 3.20 Representación de cortes por planos de datos RSSI.....	53
Figura 3.21 Diagrama de flujo de “Datos RSSI”.....	53
Figura 3.22 Diagrama de flujo de “Asignar objetos a las etiquetas”.....	54
Figura 3.23 Diagrama de flujo de “Gráfico 3D”.....	56
Figura 3.24 Pantalla de inicio o menú principal.....	58
Figura 3.25 Pantalla Carátula.....	59
Figura 3.26 Mensaje de comunicación exitosa.....	59
Figura 3.27 Mensaje de error en la conexión entre el ordenador y el lector RFID... ..	60
Figura 3.28 Pantalla de Calibración.....	60
Figura 3.29 Mensaje de alerta previo al proceso de calibración.....	61
Figura 3.30 Pantalla de calibración al iniciar la calibración.....	62
Figura 3.31 Posición de origen en el área de trabajo.....	62
Figura 3.32 Indicación de los ejes después de iniciada la calibración.....	63

Figura 3.33 Representación de desplazamiento en eje Z.....	64
Figura 3.34 Mensaje de desplazamiento en eje X.....	64
Figura 3.35 Desplazamiento en eje X.....	65
Figura 3.36 Mensaje de desplazamiento en eje Y.....	65
Figura 3.37 Desplazamiento en eje Y.....	66
Figura 3.38 Mensaje de finalización de adquisición.....	66
Figura 3.39 Ventana de edición de datos.....	67
Figura 3.40 Ventana Editar con datos seleccionados.....	68
Figura 3.41 Ventana de selección de etiquetas.....	69
Figura 3.42 Ventana gráfica en 2 dimensiones de valores RSSI.....	69
Figura 3.43 Ventana de Asignación.....	70
Figura 3.44 Pantalla Gráfico 3D.....	71
Figura 3.45 Rotación en el eje X (F1 y F2).....	72
Figura 3.46 Rotación en el eje Z (F3 y F4).....	73
Figura 3.47 Rotación en el eje Y (F5 y F6).....	73
Figura 3.48 Ampliación, reducción de la imagen (Clic derecho, izquierdo).....	74
Figura 3.49 Desplazamiento en el eje Y (Z y X).....	74
Figura 3.50 Desplazamiento en el eje X (flecha arriba, abajo).....	75
Figura 3.51 Desplazamiento en el eje Z (flecha derecha, izquierda).....	75
Figura 3.52 Virtualización de objetos (PC, Silla).....	76
Figura 3.53 Mensaje de alerta antes de borrar las tablas de la BD.....	76
Figura 3.54 Mensaje de indicación de BD.....	77
Figura 4.1 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 0.....	80
Figura 4.2 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 0.....	80
Figura 4.3 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 0.....	81
Figura 4.4 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 0.....	81
Figura 4.5 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 0.....	82
Figura 4.6 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0	

y antena 1.....	82
Figura 4.7 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 1.....	83
Figura 4.8 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 1.....	83
Figura 4.9 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 1.....	84
Figura 4.10 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 1.....	84
Figura 4.11 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 0.....	85
Figura 4.12 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 0.....	85
Figura 4.13 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 0.....	86
Figura 4.14 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 0.....	86
Figura 4.15 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 0.....	87
Figura 4.16 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 1.....	87
Figura 4.17 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 1.....	88
Figura 4.18 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 1.....	88
Figura 4.19 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 1.....	89
Figura 4.20 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 1.....	89
Figura 4.21 Virtualización del área de trabajo.....	90
Figura 4.22 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (1,5-1-0,5) y la posición real (2-1,5-0,5) visto desde los ejes X y Y.....	91
Figura 4.23 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (1,5-1-0,5) y la	

posición real (2-1,5-0,5) visto desde los ejes X y Z.....	92
Figura 4.24 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (2,5-1,5-1) y la posición real (2-1-1) visto desde los ejes X y Y.....	92
Figura 4.25 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (2,5-1,5-1) y la posición real (2-1-1) visto desde los ejes X y Z.....	93
Figura 4.26 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (0-0-0) y la posición real (0-0-0) visto desde los ejes X y Y.....	93
Figura 4.27 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (0-0-0) y la posición real (0-0-0) visto desde los ejes X y Z.....	94
Figura 4.28 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (3-0,5-0,5) y la posición real (3,5-1,5-1) visto desde los ejes X y Y.....	94
Figura 4.29 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (3-0,5-0,5) y la posición real (3,5-1,5-1) visto desde los ejes X y Z.....	95
Figura 4.30 Frecuencia de error en datos adquiridos por 1 antena.....	95
Figura 4.31 Distribución acumulada empírica del error con 1 antena.....	96
Figura 4.32 Frecuencia de error en datos adquiridos por 2 antena.....	97
Figura 4.33 Distribución acumulada empírica del error con 2 antenas.....	98
Figura 4.34 Distribución acumulada empírica del proyecto.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1. Características del lector ALR-9650.....	36
Tabla2. Características de la antena ALR-9611.....	38
Tabla3. Características de la etiqueta IOC/IEC 18000-6C.....	39
Tabla4. Relación entre rangos de RSSI y color en las gráficas “Datos de RSSI”	70

ÍNDICE DE ANEXOS

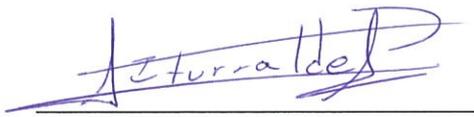
Anexo 1: Tabla de datos adquiridos en el proceso de “Adquirir datos de las antenas”	108
Anexo 2: Tabla de análisis de resultados.....	125

**VIRTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN UN ESPACIO TRIDIMENSIONAL
UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO
FRECUENCIA**

RESUMEN

El presente proyecto realiza un análisis de varios métodos de localización en interiores, con el fin de encontrar el que mejor se adapte a la información obtenida de los equipos de identificación por radio frecuencia. Con la información, se diseña y elabora un programa de computadora que permita virtualizar en tres dimensiones la ubicación de cada objeto. Para la ejecución del proyecto se sigue un proceso de calibración del sistema, para posteriormente asignar a cada objeto una etiqueta de identificación y de esta manera poder virtualizar los objetos en tres dimensiones.

Palabras Clave: Identificación por radio frecuencia, tres dimensiones, ubicación, virtualización, objetos.



Daniel Esteban Iturralde Piedra

Director del Trabajo de Titulación



Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



David Alejandro Rodríguez Zalamea

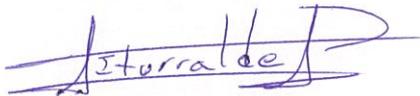
Autor

**VIRTUALIZING OBJECTS IN DIMENSIONAL SPACE USING RADIO
FREQUENCY IDENTIFICATION TECHNOLOGY**

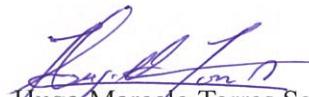
ABSTRACT

This project carries out an analysis of various indoor location methods in order to find the one that best suits the information obtained from the radio frequency identification equipment. Based on the information, a computer program that allows virtualizing the location of each object in three-dimensions is designed and made. In order to implement the project, a calibration system is followed; so as to then, assign each object an identification tag, and in this way virtualize the objects in three dimensions.

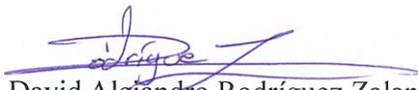
Keywords: Radio Frequency Identification, Three Dimensions, Location, Virtualization, Objects.



Daniel Esteban Iturralde Piedra
Thesis Director



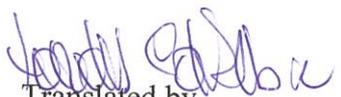
Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director



David Alejandro Rodríguez Zalamea
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Rodríguez Zalamea David Alejandro

Trabajo de Titulación

Ing. Daniel Esteban Iturralde Piedra. Ph.D.

Octubre, 2016

**VIRTUALIZACIÓN DE OBJETOS EN UN ESPACIO TRIDIMENSIONAL
UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO
FRECUENCIA**

INTRODUCCIÓN

Siendo un problema para diferentes aplicaciones el poder determinar la ubicación de personas, animales u objetos, el presente proyecto implementa una tecnología utilizada con la finalidad de etiquetar o identificar, con el propósito de también poder establecer su ubicación, para lo cual se utiliza información proporcionada por los equipos de identificación por radio frecuencia también conocidos como equipos RFID. Con los datos obtenidos de los identificadores por radio frecuencia en conjunto con la implementación de métodos de localización en interiores, se visualiza de forma virtualmente en 3D objetos asignados a etiquetas RFID en un área determinada.

Este proyecto describe el proceso utilizado para desarrollar un programa de computadora, el cual utiliza la información obtenida de las etiquetas RFID para establecer la ubicación de las etiquetas y con ellos los objetos asociados a ellas. Para lo cual se debe seguir con una serie de pasos con la finalidad de calibrar del sistema antes de utilizarlo. Finalmente se hace un análisis de los resultados obtenidos para determinar las conclusiones del trabajo.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Descripción del problema

Para la supervivencia y prosperidad de los seres vivos a través del tiempo, ha sido indispensable el conocimiento de su ubicación, más aún para los seres humanos, que constituye una especie que se desplaza en diferentes entornos. A medida que se vuelve más fácil el movilizarnos también se vuelve más importante el conocer con mayor precisión y exactitud nuestra ubicación.

Gracias a los avances de las tecnologías computarizadas, comunicaciones de radio y el procesamiento de señales e imágenes, que son la base del desarrollo de software, que permite pasar de conocer únicamente la ubicación referencial de una persona a determinar la posición de varias personas u objetos al mismo tiempo. Un ejemplo de ello es el pasar de conocer la ubicación de una persona en un mapa, a conocer la ubicación de una persona todo en todo momento con la implementación de equipos de de alta precisión como GPS¹.

El éxito de cualquier tecnología se mide por su adopción y uno de los conductores principales para ello es la economía, si el costo es menor al beneficio otorgado por la aplicación este es el determinante final del éxito. Razón por la cual los sistemas de localización actuales han tenido tal acogida.

La ubicación en espacios interiores, están adquiriendo importancia a partir de las últimas décadas, a medida que han comenzado la construcción de enormes infraestructuras y máquinas automatizadas, las que son capaces de viajar por sí mismas. La herramienta básica de navegación en el interior de un espacio físico han sido principalmente los ojos.

1 GPS: Sistema de Posicionamiento Global

Sin embargo, con el crecimiento de los ambientes interiores complejos, la necesidad de mejorar la productividad y la eficiencia, con la detección rápida y precisa de ubicación de objetos se está volviendo imprescindible, la implementación que los complementen o sustituyan la función de los ojos. En la Figura 1.1 se muestra un robot que utiliza RFID² para conocer su ubicación actual.



Figura 1.1 Robot controlado por sistema RFID.

Fuente:(Corrales y Salichs, 2011).

En muchas empresas se necesita llevar un control actualizado de la entrada o salida de equipos, objetos o personas, al igual que tener un conocimiento del desplazamiento dentro de sus instalaciones, con la finalidad de administrar de forma eficaz y con seguridad los recursos físicos y humanos. En otros casos se requiere un mayor control del movimiento de personal u objetos en áreas restringidas y así evitar pérdida de productos. Entre los que se pueden mencionar: almacenes, supermercados, hospitales, guarderías, instituciones educativas, museos, laboratorios entre otros. En la Figura 1.2 se pueden observar algunos ejemplos del uso de RFID para control de accesos.

2 RFID: Identificadores por Radio Frecuencia



Figura 1.2 Sistemas de control de accesos por RFID.

Fuente:(EFID controls, 2016)

A continuación se expone algunas aplicaciones de la tecnología RFID:

- En la actualidad, se ha producido un incremento considerable en el uso de la tecnología multimedia para la enseñanza en todo tipo de instituciones educativas. En consecuencia se requiere tener un adecuado control de sus equipos por ejemplo: computadoras portátiles o de escritorio, proyectores, reproductores de CD³ o DVD⁴, etc. con el fin de evitar su pérdida o un uso inadecuado de los mismos. En la Figura 1.3 se muestra el uso de equipos RFID para control de inventario de equipos en una oficina.



Figura 1.3 Control de inventario de oficina por RFID.

Fuente:(EFID controls, 2016)

3 CD: Disco Compacto

4 DVD: Disco Versátil Digital

- Existen también instituciones que requieren un control permanente en tiempo real de la ubicación de las personas que ingresan y de esta manera evitar el acceso a ciertas áreas restringidas por seguridad como es el caso de museos, guarderías y otros. En la Figura 1.4 se puede observar una recreación de un museo en el cual se ha implementado un sistema de posicionamiento con equipos RFID.



Figura 1.4 Museo con sistema de ubicación por RFID.

Fuente:(WANG y Ching-Sheng, 2008)

- Hay empresas, en que por su gran cantidad de empleados, se dificulta el control de ingreso y salida, necesitando varios supervisores, lo que conlleva el consumo de considerables recursos, lo que se puede ver disminuida la implementación de sistemas de control de accesos con RFID como los que se muestran en la Figura 1.5.

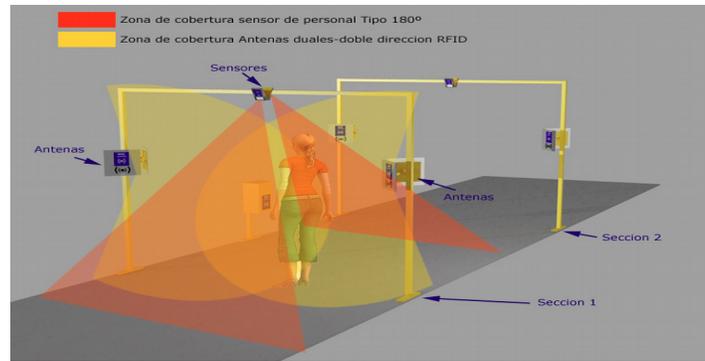


Figura 1.5 Control de accesos para personal con el uso de RFID.

Fuente:(EFID controls, 2016)

- En empresas e instituciones, la ubicación y asignación de los productos o equipos se llevan de forma computarizada, pero se actualiza manualmente, esto hace un proceso altamente propenso a errores, debido a que la actualización no se realiza en tiempo real y sin contar con los posibles errores de digitalización en cada cambio, lo que implica que en varias ocasiones la información en el sistema no sea consistente con la realidad, para minimizar estos problemas se puede implementar un sistema de etiquetas o código de barras, sin embargo este sistema tiene que ser leído en cada cambio por un lector con una línea de vista directa para cada una de las etiquetas, este sistema aunque agiliza el control del inventario no permite obtener ningún tipo de información relacionada con la ubicación, lo que da paso a posibles pérdidas. Para evitar esto, tradicionalmente se complementa el uso de etiquetas con un sistema de vídeo vigilancia combinado con guardias de seguridad, los mismos que controlan el ingreso y salida de activos o personas, pero esta metodología usualmente tiene varios puntos ciegos y los guardias necesitan una visión sin obstáculos. En la Figura 1.6 se muestra un escenario en el cual el control es realizado por un sistema RFID.



Figura 1.6 Tienda con sistema de seguridad y control de productos con RFID.

Fuente:(M&M Alta seguridad, 2016)

- Algunas instituciones requieren el control de personas o pacientes como asilo, guarderías y hospital, dentro de áreas definidas, y así evitar su salida de las instalaciones (Acosta et al, 2009) En la Figura 1.7 se puede observar una guardería y lo difícil que es controlar a un gran número de personas que requieren vigilancia permanente.



Figura 1.7 Foto de una guardería.

Fuente:(Imagen Google, 2016)

- Las empresas que trabajan con un gran número de animales, para tener un mejor control de estas necesitan conocer su ubicación, si bien no tan precisa, si una referencial, a fin de que se pueda optimizar los recursos como lo muestra la Figura. 1.8.



Figura 1.8 Control de ganado con el uso de RFID.

Fuente:(M&M Alta seguridad, 2016)

1.2 Alcances y limitaciones

Con toda esta información, se pretende realizar un software que permita de forma gráfica ver los resultados virtuales de la ubicación de diferentes etiquetas y así obtener las conclusiones de la implementación.

Este proyecto se enfoca en un área de trabajo, en el que los lectores a ser utilizados puedan reconocer las etiquetas pasivas con las que se va a trabajar.

1.3 Hipótesis

Este proyecto pretende utilizar toda la información que sea posible obtener, de estos equipos para desarrollar una aplicación, que permita conocer de forma virtual, la ubicación tridimensional de los objetos cercanos.

1.4 Metodología utilizada

Este proyecto se va a realizar en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Del Azuay, utilizando los equipos de RFID que ya posee la facultad.

Primero: Se va a investigar de forma descriptiva lo que es la tecnología RFID y los equipos que la componen, de forma consecutiva se estudiarán los equipos con los que se va a trabajar específicamente, (características, configuración, programación), con la finalidad de tener el conocimiento necesario, para utilizarlas de forma correcta y eficaz.

Segundo: Se pretende colocar los equipos en el área de análisis determinada, para proseguir con su configuración y las pruebas de funcionamiento necesarias, esto permitirá obtener un mayor espacio área de estudio y verificar que todo el sistema se encuentre funcionando correctamente.

Tercero: Se realizará una investigación experimental, con la que se va a adquirir los datos para el desarrollo cuantitativo y comparativo del proyecto, de esta manera se pretende adquirir datos e información útil para el proyecto, por parte de los equipos.

Cuarto: Se desarrollará un análisis matemático en base a la información adquirida, con el fin de ubicar los objetos en el espacio, ya que se podrá obtener una relación entre los datos adquiridos y las distancias o coordenadas reales, teniendo en cuenta un punto de referencia.

Por último: Se desarrollará un *software* de virtualización y presentación en base al cual se podrá analizar resultados, ya que de forma visual se podrá virtualizar la ubicación de un objeto relacionado a una etiqueta RFID por medio de las antenas.

1.5 Organización del trabajo

Capítulo 2: Marco teórico.

Conocer el principio de funcionamiento de los equipos y la metodología de ubicación a utilizarse de forma general para este proyecto.

Capítulo 3: Descripción del sistema.

Ubicar a los equipos y realizar pruebas de funcionamiento para comprobar que estos se

encuentran adecuadamente conectados y si mantienen la comunicación.

Realizar pruebas de adquisición de datos para poder verificar que datos se utilizaran en el desarrollo del proyecto y también conocer el área de trabajo.

Utilizando la información obtenida realizar el desarrollo matemático de manera que se pueda obtener una relación entre los datos y las distancias.

Teniendo toda la información generar una aplicación en la que gráficamente se pueda ver la ubicación referencial de las etiquetas dentro del área de estudio.

Capítulo 4: Resultados.

Obtener resultados que permitan determinar la diferencia entre la información generada en la Virtualización y el entorno real

Conclusiones.

Obtener conclusiones de los resultados obtenidos.

Recomendaciones.

Emitir recomendaciones para trabajos similares.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)

No se ha podido definir exactamente el principio de la tecnología RFID, ya que la misma se ha implementado desde hace muchos años atrás, pero sin la terminología de identificación por radio frecuencia. Este es el caso del Theremin, el cual es uno de los primeros equipos electrónicos musicales, inventado en 1920 por Leon Theremin, el cual utiliza dos antenas que detectan la variación del campo magnético generado por las manos entre ellas, para producir un conjunto de sonidos similares a los de un violonchelo. Un uso más evidente de un sistema RFID, fue el utilizado por los británicos en 1939, en la Segunda Guerra Mundial con el sistema IFF⁵, el cual consistía en que los radares de esa época, podían identificar que un avión estaba cerca, pero no a quien pertenecía, por lo que establecieron un sistema de movimientos, los que permitían identificar si dicho avión era amigo, y de esa manera no sea derribado. En 1948 Harry Stockman, también realizó un trabajo relacionado con lo que ahora se conoce como RFID, llamado por el en ese tiempo "Comunicación por medio de la energía reflejada" (Subrata, 2013).

Desde 1980, se comienza con la comercialización de los actuales sistemas RFID como equipos de identificación por Radio Frecuencia, en cadenas de producción y suministro, desde entonces hasta la actualidad se han realizado considerables mejoras, con el fin de obtener mayores rangos de cobertura, mayor cantidad de información procedente de los equipos y disminución de costos y tiempo de adquisición de información, más por su amplia gama de posibilidades de uso, y su gran eficacia se esperan aún muchas mejoras a futuro. (Acosta et al, 2009).

5 IFF: Identificación Amigo-Enemigo

2.2 Definición de RFID

Los sistemas de Identificación por Radio Frecuencia, son conocidos como RFID por las siglas en ingles de **R**adio **F**requency **I**dentification. Para entender de una forma sencilla y precisa, “RFID es un modo automático para recolectar datos de productos, lugar y tiempo de una manera rápida y fácil sin intervención humana y reducida cantidad de errores”. (Palacios y Rodas, 2012).

2.3 Definición de código EPC

El EPC⁶ (Electronic Product Code), es la forma evolucionada del código de barras, que para su lectura no necesita ser manipulado, y se encuentra almacenado, la etiqueta de radiofrecuencia es única para cada producto. En el ECP se pueden incluir varios sistemas de codificación, el más utilizado es el GS1, este sistema de decodificación es utilizado a nivel mundial. La estructura del Código ECP unifica el código de barras y el número de serie. En la Figura 2.1 se puede observar un ejemplo de EPC

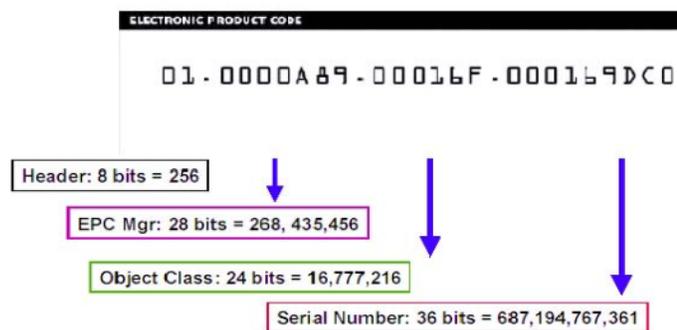


Figura 2.1 Estructura de ECP.

Fuente: (Infomax, 2016)

Header: Cabecera o número de versión (0-7 bits)

EPC Mgr: Numero de administración de dominio o fabricante (8-35 bits)

Object Class: Identificador del objeto (36-59 bits)

6 EPC: Bodigo Electrónico de Producto

Serial number: Número de serie (60-95 bits)

2.4 Funcionamiento de equipos RFID

RFID es un método remoto de almacenamiento y recuperación de datos, en el que se usa dispositivos denominados lectores, antena, tags o etiquetas, que transportan los datos. El lector transmite una señal de radio mediante una antena, la cual es recibida por la etiqueta a través de su propia antena y usada para potenciar un circuito integrado. Con la energía que se obtiene de la señal cuando ingresa al campo radial, el tag comunicara brevemente con el lector para verificar e intercambiar datos. Una vez que el lector recibe los datos, estos son enviados a una computadora, para su procesamiento y gestión. (Acosta et al, 2009) En la Figura 2.2 se puede observar los elementos que componen un sistema RFID.

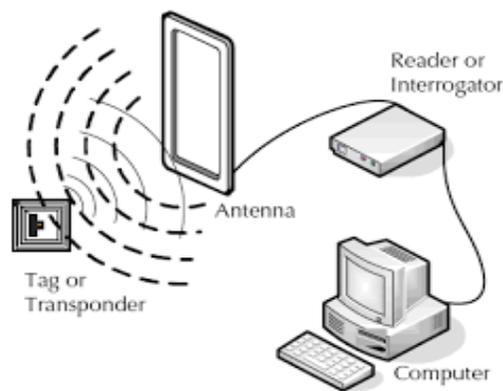


Figura 2.2 Componentes de un sistema RFID.

Fuente: (Corrales y Rivas, 2016)

Un sistema RFID está compuesto por:

1. Etiqueta RFID, transpondedor o tags
2. Lector de RFID o transceptor
3. Antenas

4. Subsistema de procesamiento de datos o *Middleware* RFID

2.4.1 Etiquetas RFID

También conocidas como transpondedor y tags, lo que hace es esperar a que el lector transmita información, una vez que esta se detecta la etiqueta responde con su código.

2.4.1.1 Componentes de las Etiquetas

Las Etiquetas RFID constan de dos elementos básicos:

1. Chip
2. Antena

Juntos forman lo que se denomina un integrado como lo muestra la Figura 2.3.

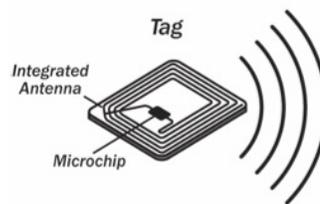


Figura 2.3 Elementos de una Etiqueta RFID.

Fuente: (Corrales y Rivas, 2016)

Chip

O también conocido como circuito integrado, es aquel que almacena la información y ejecuta los comandos específicos. La mayoría de las etiquetas pasivas únicamente contienen la información del EPC, ya que disponen de una memoria de 96 bits, sin embargo pueden tener una capacidad mayor, lo que implica un costo mayor. El diseño del chip determina el tipo de memoria, así si es de solo lectura o tiene la capacidad de leer y escribir (Subrata, 2013).

Antena

La función de la antena es absorber las ondas RF y entonces difundir por el mismo

medio la información contenida en el chip. La energía para activar el chip, la colecta del campo RF⁷ (en HF⁸ del campo electromagnético y en UHF⁹ del campo eléctrico). Este proceso es llamado acoplamiento (coupling). En términos más técnicos un coupling describe cuando la energía se transfiere de un sistema a otro, en nuestro caso del aire a la antena. El tamaño de la antena es crítico para el comportamiento de la etiqueta, porque normalmente determina el rango de lectura de la etiqueta.

Simplemente al poner una antena más grande, esta puede recolectar mayor energía y por lo tanto puede transmitir con mayor potencia. Otras características de las antenas es la frecuencia de emisión y recepción, podemos encontrarnos con Low Frequency (LF¹⁰) y High Frequency (HF) donde las antenas son espirales, por ser frecuencia magnéticas, o Ultra High Frequency (UHF) más puramente eléctricas. El tamaño también afecta a la frecuencia de emisión recepción (Palacios y Rodas, 2012).

En la Figura 2.4 se puede observar un cuadro de algunas de las características de etiquetas en función de la frecuencia de funcionamiento.

7 RF: Radio Frecuencia

8 HF: Alta Frecuencia

9 UHF: Ultra Alta Frecuencia

10 LF: Baja Frecuencia

propio código, pero se puede leer este código las veces que se requiera. Estas etiquetas se utilizan cuando el usuario necesita tener su propio código y al producto al cual le ha asignado dicho código no le va a cambiar de etiqueta.

- **Memoria de Escritura y Lectura:** A estas etiquetas el usuario puede cambiar su información, o código aproximadamente hasta 100 000 veces y son usados para sistemas cerrados en empresas que necesitan reutilización de etiquetas (Palacios y Rodas, 2012).

Tipos de clases

La EPC global ha clasificado a las etiquetas RFID en 6 tipos de clases:

- **Clase 0:** Solo lectura, el código EPC se lo asigna en la fábrica y el usuario únicamente puede leerla.
- **Clase 1:** Escritura una sola vez y lectura indefinida, de fábrica salen sin código, el usuario le asigna un código una sola vez y ese código puede ser leído una cantidad indefinida de veces.
- **Clase 2:** Lectura y escritura, de fábrica vienen con un código sin embargo el usuario puede reescribir su código hasta 100 000 veces y leerlo una cantidad indefinida de veces.
- **Clase 3:** Capacidades de la clase 2, más la fuente de alimentación que proporciona un incremento en el rango y funcionalidades avanzadas.
- **Clase 4:** Capacidades de la clase 3, más una comunicación activa con la posibilidad de comunicar con otras etiquetas activas.
- **Clase 5:** Capacidades de la clase 4, más la posibilidad de poder comunicar también a etiquetas pasivas (Palacios y Rodas, 2012).

Fuentes de Alimentación

Las etiquetas se clasifican en tres, dependiendo el tipo de alimentación:

1. Etiquetas pasivas
2. Etiquetas activas

3. Etiquetas semi pasivas

Etiquetas Pasivas: Estas etiquetas funcionan adquiriendo energía del campo electromagnético creado por el lector, ya que este induce una pequeña corriente eléctrica, suficiente para alimentar el circuito CMOS¹¹ integrado en la etiqueta, de forma que pueda generar y transmitir una respuesta, las etiquetas pasivas utilizan backscatter, lo que significa que la antena de la etiqueta está diseñada para obtener la cantidad suficiente de energía para alimentar su circuito, y emitir una respuesta, por lo que tiene un limitado rango de funcionamiento de entre 10 cm a 10 m, sin embargo son fáciles de producir, y son económicas, por lo que son las más utilizadas. Este tipo de etiquetas son de diferentes materiales y gran variedad de formas, como se muestra en la Figura 2.5, dependiendo de la aplicación que se les quiera dar (Palacios y Rodas, 2012).

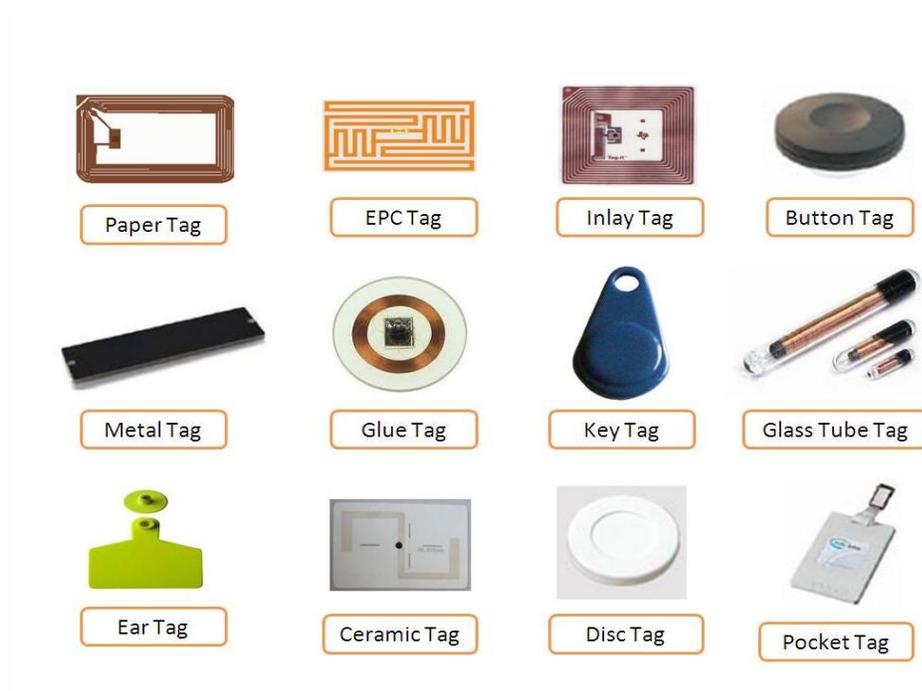


Figura 2.5 Tipos de etiquetas pasivas.

Fuente: (netbrain, 2016)

¹¹ CMOS: Semiconductor complementario de óxido metálico

Etiquetas Activas: Las etiquetas activas son alimentadas por medio de una batería lo que les permite tener un amplio rango de funcionamiento, esta fuente de alimentación, también permite a la etiqueta tener una memoria con cierta información al igual que tener sensores adicionales como sensores de temperatura, velocidad, movimiento o GPS. Estas etiquetas pueden llegar a ser muy costosas dependiendo de todo lo que se requiera que tengan o la aplicación que se les quiera dar. En la Figura 2.6 se pueden observar algunos ejemplos de etiquetas activas (Palacios y Rodas, 2012).



Figura 2.6 Ejemplos de Etiquetas RFID activas.

Fuente: (M&M Alta seguridad, 2016)

Etiquetas Semi Pasivas: Funcionan con una batería adicional, lo que les permite utilizar sensores adicionales en algunos casos sin embargo estas etiquetas se encuentran apagadas al igual que toda su circuitería interna hasta el momento que detectan un campo electromagnético de algún lector, lo que permite que el tiempo de vida de su batería sea mayor al de las etiquetas activas pero también les obliga a que la distancia de funcionamiento sea mucho menor. En la Figura 2.7 (Palacios y Rodas, 2012).



Figura 2.7 Ejemplos de etiquetas Semi Pasivas.

Fuente: (M&M Alta seguridad, 2016)

2.4.2 Lector RFID

Los lectores RFID básicamente están compuestos por una antena, un transceptor y un decodificador. Son los encargados de emitir ondas electromagnéticas para alimentar a las etiquetas y recibir ondas con la información de cada etiqueta de manera tal que dicha información pueda ser legible para un computador. Al igual que las etiquetas existen gran variedad de lectores como se muestra en la Figura 2.8, dependiendo de la aplicación que se le quiera dar (Palacios y Rodas, 2012).



Figura 2.8 Lectores RFID.

Fuente: (M&M Alta seguridad, 2016)

2.4.2.1 Funcionamiento

Los lectores RFID son los encargados de emitir ondas electromagnéticas en distintas frecuencias de trabajo de los equipos seleccionados, en la Figura 2.9 se puede observar un cuadro con las frecuencias a las que trabajan los equipos RFID, su clasificación y algunas de sus aplicaciones, dependiendo de las frecuencias de trabajo la comunicación entre el lector y las etiquetas se realiza de las siguientes formas:

1. Acoplamiento electromagnético
2. Acoplamiento inductivo
3. Acoplamiento capacitivo
4. Acoplamiento magnético

Acoplamiento Electromagnético: Se utiliza en los sistemas de ultra alta frecuencia (UHF). Consiste en reflejar la señal hasta el origen ya que el lector y la etiqueta trabajan en la misma frecuencia depende de un sistema *Half-Duplex* el cual consiste en el envío de una señal direccional no simultánea.

Acoplamiento Inductivo: Se utiliza para comunicaciones en baja frecuencia (LF) y alta frecuencia (HF). Consiste en que la corriente que circula por la antena del lector genera un campo magnético el cual al alcanzar a la antena de la etiqueta induce en esta una corriente de alimentación, entonces la etiqueta conmuta la impedancia de la carga de la antena para crear una modulación que le permite transmitir los datos que contienen.

Acoplamiento Capacitivo: Se utiliza para comunicaciones en ultra alta frecuencia (UHF) y microondas. Consiste en emitir una señal de radio frecuencia que la etiqueta recibe modula y refleja nuevamente hacia el lector (Acosta et al, 2009).

Frecuencia de trabajo	Aplicaciones usuales
LF: 135 KHz	- Control de acceso - Identificación de animales - Control antirrobo en coches
HF: 13.56 MHz	- Control de acceso - Bibliotecas y control de documentación - Pago en medios de transporte - Control de equipaje en aviones
UHF: 860-960Mhz	- Cadenas de suministro - Trazabilidad de objetos de valor - Control antifalsificación - Automatización de las tareas de inventariado - Pago de peaje en autopistas
Microondas: 2.4 GHz, 5.8 GHz	- Pago de peaje en autopistas - Rastreo de vehículos

Figura 2.9 Tabla de aplicaciones de la tecnología RFID según sus frecuencias de trabajo.
Fuente: (Corrales y Rivas, 2016)

Acoplamiento Magnético: Este tipo de acoplamiento se da cuando la antena del lector es una pieza de ferrita con los extremos en el aire, en la que se encuentra enrollada por una bobina, la que genera el campo de alimentación de energía para las etiquetas.

El lector después de recibida la señal con los datos contenidos en la etiqueta se encarga de decodificarlos y enviarlos al computador ya sea por puerto RS-232, Ethernet, bluetooth o cualquier otro puerto de comunicación que disponga.

Los lectores RFID pueden ser conectados a una o más antenas dependiendo del modelo del lector (Acosta et al, 2009).

2.4.2.2 Clasificación de los Lectores RFID

Al igual que en el caso de las etiquetas los lectores se clasifican por:

1. Numero de bobinas
2. Frecuencia de trabajo
3. Protocolo de trabajo
4. Movilidad

Numero de bobinas

- **Sistema con bobina simple:** Son simples y económicos, disponen de una sola

bobina para transmitir energía y para recibir datos, su alcance es bastante limitado.

- **Sistema integrado con doble bobina:** Dispone de dos bobinas, una únicamente para transmitir energía a las etiquetas y otra para recibir datos, lo que les permite tener un mayor rango de cobertura que las de bobina simple.

Frecuencias de trabajo

Como se indica en las etiquetas los equipos RFID trabajan a distintas frecuencias

- **Baja frecuencia o LF** que trabaja en frecuencias entre 125 a 134 KHz, son de baja velocidad y a distancias alrededor de 10 cm.
- **Alta frecuencia o HF** que trabajan en frecuencias de 13.56 MHz, son de mediana velocidad y con una distancia de entre los 2 a 5 m.
- **Ultra alta frecuencia o UHF** que trabajan a 433 MHz y entre 860 a 960 MHz, son para lectura masiva a alta velocidad y a distancias de 6 a 10 m.
- **Microondas** que trabaja a 2,45 y 5,8 GHz, son usadas para distancias grandes.

En la Figura 2.10 se puede observar el espectro electromagnético, sus divisiones y las frecuencias a las que trabajan los equipos RFID.

- **Lector monofrecuencia:** Estos lectores trabajan en una sola frecuencia ya sea esta LF, HF, UHF o Microondas dependiendo la aplicación que se requiera.
- **Lector multifrecuencia:** Estos lectores trabajan con más de una frecuencia, en algunos casos vienen con las frecuencias definidas dependiendo el modelo y en otros vienen para todas las frecuencias y uno puede por medio de software escoger cuales activar y cuáles no, todo dependerá de la utilidad que se le quiera dar.

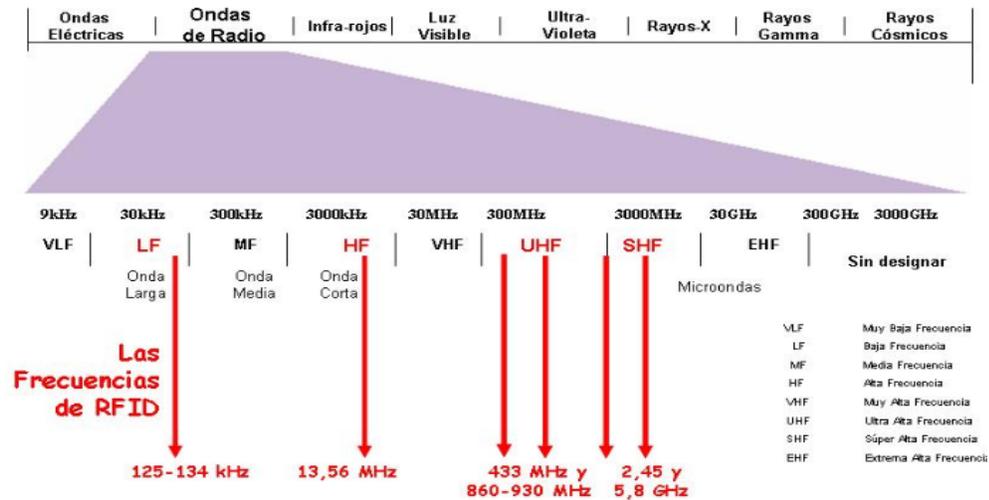


Figura 2.10 Espectro Electromagnético.

Fuente: (Corrales y Rivas, 2016)

Protocolos de trabajo

Esta tecnología se basa principalmente en dos organizaciones para definir sus protocolos los que son:

1. ISO
2. ECGGlobal

Estándar ISO (International Organization for Standardization): Existen una gran cantidad de norma ISO para regular la radio frecuencia sin embargo las norma ISO 18 000 detalla las normas para cada una de las frecuencia en las que se emplean el uso de los sistema RFID, en la tabla de la Figura 2.11 se describe las diferentes frecuencias y las versiones de las normas.

Rango de frecuencias	Versión serie 18000
< 135 KHz	ISO 18000-2
HF a 13,56 MHz	ISO 18000-3
UHF a 2,45 GHz	ISO 18000-4
UHF entre 860 y 960 MHz	ISO 18000-6 (A, B o C)
RFID UHF Gen2	ISO 18000-6 (C)
UHF a 433 MHz	ISO 18000-7

Figura 2.11 Tabla de versiones ISO con relación a la frecuencia de trabajo.

Fuente: (Corrales y Rivas, 2016)

Estándar EPCGlobal (Electronic Product Code Global): Este estándar fue creado por una organización internacional encargada de registrar todos los Códigos Electrónicos del Producto (EPC), administrar estándares al igual que promover la implementación una red mundial EPCGlobal en todos los sectores. Se han enfocado en combinar una tecnología de identificación por radio frecuencia a bajo costo con una red de comunicación ya existente como el internet para lo cual se han creado el formato de identificación EPC, capaz de identificar de forma inequívoca un producto sin la necesidad de una línea de visión directa del mismo.

Existen dos tipos lectores según el protocolo que manejan:

- **Lector monoprocolo:** Estos lectores manejan únicamente un protocolo de comunicación para el decodificado de sus etiquetas.
- **Lector multiprotocolo:** Estos lectores manejan los 2 protocolos o únicamente adquieren y entregan el número de la etiqueta al sistema y dentro del sistema se identifica el protocolo que se esté utilizando.

Movilidad

Los lectores también se clasifican en fijos y móviles.

Lectores RFID Fijos: Estos lectores son instalados en un lugar específico y se clasifican en tres

- **Tag-Reader HP (High Profit):** Son lectores de etiquetas de Altas prestaciones, utilizados para aplicaciones en los que se necesitan equipos con alta cantidad de prestaciones, son homologados por todo tipo de organizaciones reguladoras con el fin de manejar cualquier tipo de protocolo, pueden funcionar de forma simple o conectarse hasta a cuatro antenas para tener sistemas multilecturas o multiReader. (Yuresky, 2009) En la Figura 2.12 se muestra un Lector de etiquetas HP



Figura 2.12 Lector de Etiquetas RFID HP.

Fuente: (Redecon, 2016)

- **Tag-Reader LP (Low Profit):** Estos lectores son parecidos a los HP solo que con opción para conectarse a una sola antena o a ninguna, con prestaciones más bajas, lo que los hace mucho más económicos (Yuresky, 2009). En la Figura 2.13 se muestra un lector de etiquetas LP



Figura 2.13 Lector de Etiquetas RFID LP.

Fuente: (Redecon, 2016)

Lectores RFID Móviles: Estos lectores pueden ser movilizados de un lugar a otro acercándolos a las etiquetas que requieran ser leídos. Estos lectores pueden ser Lectores RFID de Carretilla y Lectores RFID Manuales. A la izquierda de la Figura 2.14 se puede observar un lector manual y a la derecha un lector de carretillaFuente: (Redecon, 2009).



Figura 2.14 Lectores RFID móviles.

Fuente: (Kimaldi, 2016)

Factores a tomar en cuenta para escoger un Lector

Existen seis factores fundamentales que se debería tomar en cuentas para tomar la decisión de qué tipo de lector se va a utilizar para una aplicación.

- **Sensibilidad:** Permite detectar una etiqueta a una distancia determinada, este factor depende de la potencia de salida que tenga.

- **Selectividad:** De este factor depende si un lector tiene la capacidad de no tomar en cuenta las señales cercanas que no pertenezcan a una etiqueta, ya que las frecuencias a las que trabajan los equipos RFID son cercanas a las frecuencias telefónicas.
- **Alcance Dinámico:** De este factor depende que un lector detecte gran cantidad de etiquetas al mismo tiempo sin importar la distancia de las etiquetas o la potencia recibidas de cada una de ellas.
- **Trabajo bajo Normativa:** Este parámetro implica conocer bajo que normativa trabaja cada lector ya que en Europa, Asia y Norte América las normas de frecuencia son diferentes una de la otra.
- **Operatividad en Entornos Densos:** Este parámetro implica que varios lectores pueden trabajar en un mismo entorno sin problemas.
- **Inter-Operatividad Multi-Fabricante:** Implica que un lector puede trabajar con equipos de diferentes fabricantes sin problema (Yuresky, 2009).

2.4.3 Antenas RFID

Las antenas son dispositivos que permiten radiar las ondas de los lectores, los lectores vienen con una antena incorporada, sin embargo dependiendo los modelos del lector se puede colocar hasta 4 antenas adicionales, de manera que un mismo lector puede gestionar varias antenas. Las antenas aumentan el rango de radiación de un lector ya que entre mayor sea el alcance lo que quiere decir que mayor sea el campo electromagnético mejor alimentadas estarán las etiquetas y mejor será la señal recibida.

Existan varios tipos de antenas al igual que el resto de componentes de las sistema RFID pero en si se clasifican en tres dependiendo de la forma que toma la radiación que emiten.

1. Isotrópico
2. Omnidireccional
3. Directivo

2.4.3.1 Antena Isotrópica

Estas antenas aunque son más teóricas que reales son antenas que irradian en todas direcciones formando una esfera de radiación como se muestra en la parte izquierda de la Figura 2.15.

2.4.3.2 Antena Omnidireccional

Estas antenas irradian en todo su entorno de una forma cónica esta hace que el campo generado tenga la forma de una dona que no puede irradiar en los extremos de la antena como se muestra en la parte central de la Figura 2.15.

2.4.3.3 Antena Directiva

Son aquellas se tienen gran cantidad de campo irradiado en una dirección en específico, tienen mayor alcance que las antenas Omnidireccionales e Isotrópicas un ejemplo de este tipo de antena se muestra al lado derecho de la Figura 2.15.



Figura 2.15 Tipos de radiación de las antenas RFID.

Fuente: (Martinez, 2013)

2.4.4 Subsistema de Procesamiento de Datos o Middleware RFID

El *Middleware* es el software que se encarga de comunicar los equipos RFID con los sistemas informáticos existentes, es el encargado de filtrar toda la información útil para un sistema de gestión de toda la información que pueden entregar los equipos RFID. El *Middleware* puede ser software que ya viene con los equipos o puede ser diseñado específicamente para una aplicación o empresa.

EL *Middleware* tiene cuatro funciones primordiales:

1. Adquisición de datos
2. Encaminamiento de datos
3. Gestión de procesos
4. Gestión de dispositivos

2.4.4.1 Adquisición de Datos

Es el responsable de la extracción de los datos útiles de los múltiples lectores y sus antenas gracias al filtrado y agrupación de la gran cantidad de información sin relevancia, que puede obtener de los equipos RFID.

2.4.4.2 Encaminamiento de Datos

Es el encargado de dividir y encaminar los datos de la información obtenida hacia cada uno de los elementos de las aplicaciones.

2.4.4.3 Gestión de Procesos

Es el encargado de generar eventos como el caso de alarmas cuando las condiciones de la aplicación la requieran por la variación de los componentes del hardware del sistema RFID.

2.4.4.4 Gestión de Dispositivos

Es el encargado de verificar el estado y la operatividad de los dispositivos que componen el sistema RFID.

2.5 Métodos de Posicionamiento por Radio Frecuencia

Los equipos RFID entregan gran cantidad de información de las etiquetas, con el uso de esta información se puede determinar una ubicación referencial de dichas etiquetas en el espacio. Para esto se utilizan métodos como:

1. Tiempo de vuelo

2. Punto de acceso más cercano
3. Ángulo de llegada
4. Indicador de Fuerza de Señal de Recepción

2.5.1 Tiempo de Vuelo TFO (Time Of Flight)

El tiempo de vuelo o TFO es el método más utilizado en medición de distancias por medio de ondas ya sea para mediciones con luz, radio, etc. Consiste en medir el tiempo que le toma a una señal recorrer una distancia. El TFO es un método que no se usa para distancias cortas, ya que las velocidades de las ondas son altas. Del principio del TFO se han derivado otros métodos de medición como es el TOA (Time Of Arrival o Tiempo De Llegada) y el TDOA (Time Differential Of Arrival o Tiempo Diferencial De Llegada).

2.5.1.1 Tiempo de llegada TOA (Time Of Arrival)

Consiste en sincronizar los relojes tanto del transmisor como de receptor de manera que en un momento determinado el receptor detecte la señal del transmisor con la hora a la que fue disparada la señal se obtienen el TFO el cual se multiplica por la velocidad de la luz para obtener el valor de la distancia. Al Emplear este método con dos transmisores en lugares diferentes se puede tener una ubicación de receptor en 2D, En la Figura 2.16 se puede observar un ejemplo gráfico de la implementación de TOA en 2D.

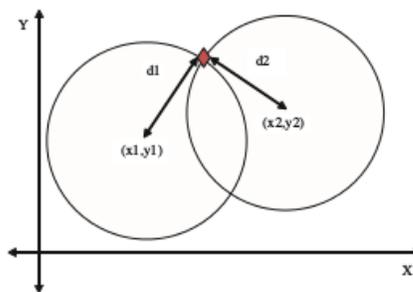


Figura 2.16 Aplicación de TOA para ubicación en 2D.

Fuente: (WANG et al, 2008)

2.5.1.2 Tiempo Diferencial De Llegada TDOA (Time Differential Of Arrival)

Este método no depende de la sincronización de los relojes ya sea del transmisor y el receptor. Consiste en tener un sistema con un transmisor y varios receptores o un receptor y varios transmisores, en el caso de que varios transmisores envíen una señal a un solo receptor o varios receptores reciban la señal de un solo transmisor, todos estos al estar en lugares diferentes tendrán diferentes TOA, con cada una de ellos se puede realizar un cálculo hiperbólico de manera tal que se puede obtener la distancia de transmisor o receptor individual como se muestra en la Figura 2.17.

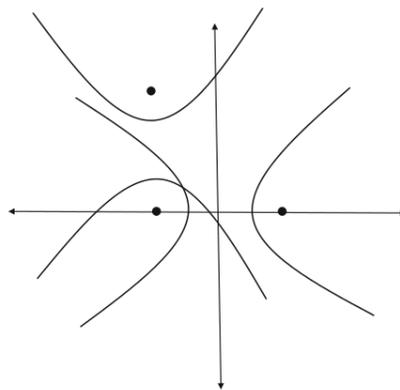


Figura 2.17 Ejemplo de implementación de TDOA.

Fuente: (WANG et al, 2008)

2.5.1.3 Tiempo De Ida y Vuelta RTTT (Raun Trip Travel Time)

Este método también se deriva del TOF y consiste en enviar una señal del punto A al Punto B, en el punto B se procesa la adquisición de la señal y se envía otra señal del punto B al Punto A, por medio de una relación matemática con los datos de los tiempos de salida y llegada de cada señal se puede tener el tiempo de procesamiento de la señal en el punto B el cual es constante lo que permite calcular el tiempo de ida y vuelta de una señal del punto A al punto B, con ese tiempo dividido para dos y multiplicado por la velocidad de la luz se puede calcular la distancia entre A y B.

2.5.2 Ángulo de Llegada TFO (Time Of Flight)

Este método se basa en encontrar el ángulo desde un eje de referencia fijo llamado ancla hacia el sensor, en el caso de 2D se requiere dos anclas y para 3D tres anclas, al obtener el ángulo de cada ancla se puede calcular el punto de cruce de los planos y de esa manera en dicho punto de cruce se tienen la posición con respecto al eje de referencia requerido como se muestra en la Figura 2.18.

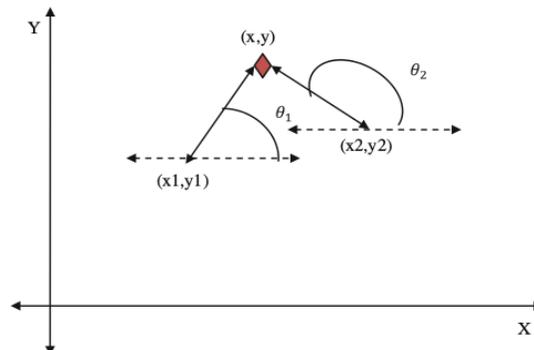


Figura 2.18 Ejemplo de implementación de AOA.

Fuente: (WANG et al, 2008)

Existen dos formas de medir el ángulo para la implementación del AOA. En el primer caso se requiere conocer el diagrama de radiación de la antena como el que se muestra en la Figura 2.19.

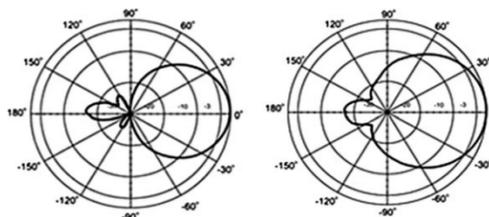


Figura 2.19 Diagrama de radiación de una antena unidireccional.

Fuente: (Cardama, 2004)

El segundo método consiste en generar una matriz con antenas a una distancia conocida una de la otra y todas a un mismo ángulo conocido como se muestra en la Figura 2.20, de esta manera con las potencias adquiridas desde cada antena se puede calcular matemáticamente el ángulo al que está el receptor.

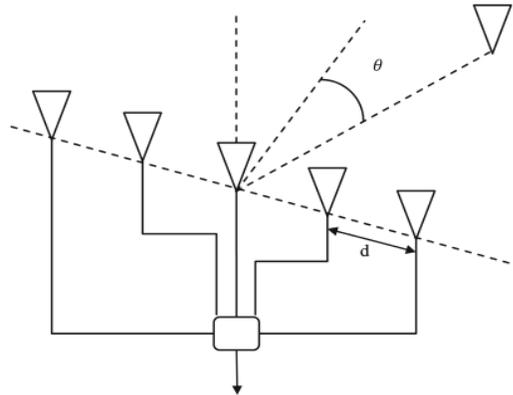


Figura 2.20 Diagrama de composición de antenas para calcular el AOA.

Fuente: (WANG et al, 2008)

En el primer método se requiere utilizar una antena unidireccional pero como podrán observar cuando es muy potente la antena a corta distancia no se puede calcular el ángulo, en el segundo caso se requiere que las antenas sean omnidireccionales para poder adquirir la mayor cantidad de datos para poder calcular el ángulo.

2.5.3 Indicador de Fuerza de Señal de Recepción RSSI (Receive Signal Strength Indication)

Este es el método más simple para calcular la distancia entre el emisor y el receptor. Se emplea una fórmula bastante sencilla sin embargo este método requiere que el entorno donde se emplea método sea ideal ya que el radio es inversamente proporcional a la fuerza pero cualquier posible interferencia puede modificar significativamente el valor de la distancia calculada.

2.5.4 Punto de Acceso más cercano

Se utilizan en los RTLS¹², esta emplea varios receptores los cuales están ubicados en espacios determinados y a la misma distancia uno del otro de manera que generan una matriz y de esta forma con los lectores que identifican la etiqueta requerida se puede tener la ubicación como se muestra en la Figura 2.21 (Yuresky, 2009).

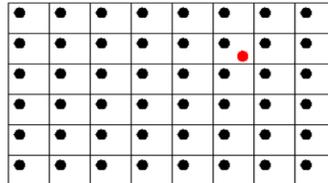


Figura 2.21 Ejemplo de RTLS para ubicación de punto de acceso más cercano.

Fuente: (WANG et al, 2008)

12 RTLS: Sistema de Localización en Tiempo Real

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 Descripción de equipos

Los equipos a ser utilizados pertenecen a la Universidad del Azuay, a continuación se presentará una breve descripción de cada uno de ellos.

3.1.1 Lector RFID Alien Technology ALR-9650

El lector ALR-9650 está diseñado para leer y programar cualquier tipo de etiqueta clase 1 Generación 2, generar eventos o emitir informes, puede conectarse con un sistema informático a través de su puerto RS-232 o cable Ethernet para ser monitorizado desde una conexión remota.

Requisitos previos

- Para poder comunicarse con el lector ALR-9650 se requiere:
- Un PC¹³ con sistema operativo Win 98 o superiores, puerto RS-232 y/o puerto Ethernet.
- Un POE¹⁴ de 24V que cumpla con las normas 802.3af
- Host *SOFTWARE* (programas de ALIEN TECHNOLOGY)

Características del Lector ALR-9650

Tabla 3.1 Características del lector ALR-9650.

Nombre:	Alien Smartenna
Modelo:	ALR-9650
Arquitectura:	Lector de red punto-multipunto, mono-

13 PC: Computador Personal

14 POE: Alimentación a Través de Ethernet

	estático con polarización circular y antena internacional
Frecuencia de operación:	902.75 – 927.25 MHz
Salto entre canales:	50
Separación entre canales:	500 KHZ
Tiempo de permanencia en el canal:	< 0.4 segundos
Transmisión RF:	< 30 dBm en la antena interna y puerto para antena auxiliar
Tipo de modulación:	Inversión de fase, modulación por desplazamiento de amplitud (PR-ASK)
Modulación en ancho de banda en 20 dB:	< 100 KHz
Reservas RF:	2 canales
Potencia de consumo:	8 W
Interfaz de comunicación:	RS-232 (DB-9), TCP/IP (RJ-45)
Entradas/Salidas:	1 antena interna, 1 puerta de antena auxiliar, 2 entradas / 2 salidas (compatible con TTL ¹⁵), puerto RS-232, puerto LAN, puerto para alimentación.
Dimensiones:	22,9 cm 21,3 cm 5,1 cm, 9 pulg 8.4 pulg 2 pulg.
Peso:	1.3 kg, 2,9 lbs aproximadamente
Indicadores led:	Alimentación DC ¹⁶ , encendido RF, Error (rojo), Enlace, Activo.
Temperatura de funcionamiento:	0 – 50 °C, 32 – 122 °F
Entorno de operación:	únicamente para interiores
Soporte de software:	APIs ¹⁷ , Ejemplos de código, aplicación de ejecutable de demostración (Alien Gateway)
Soporte de protocolo:	Compatible EPC Clase 1 Generación 2 y 18000 - 6C
Certificados de cumplimiento:	FCC Parte 15; FCCID: P65ALR9650;

15 TTL: Lógica Transmisor a transmisor

16 DC: Corriente Directa

17 API: Interfaz de Programación de Aplicaciones

IOC: 4370A-ALR9650

En la Figura 3.1 se puede observar el lector ALR-9650



Figura 3.1 Lector ALR-9650.

Fuente: (Alien Technology, 2016)

3.1.2 Antena Auxiliar RFID Alien Technology ALR-9611

Antena de polarización circular que trabaja a 915 MHz, es una antena adicional para los lectores RFID de Alien Technology.

Características de la antena ALR-9650

Tabla 3.2 Características de la antena ALR-9611.

Modelo:	ALR-9611-CR y ALR-9611-CL
Apertura del haz:	65° del plano horizontal y vertical
Frecuencia de operación:	902 – 928 MHz
Ganancia:	6.0 dBm (máximo)
Polarización:	Circular
Conector RF:	6m LMR-195 con polarización inversa
Versión de software:	1.5:1
Dimensiones:	8.5 pulg 10.5 pulg 1.65 pulg.
Peso:	0.57 kg.

En la Figura 3.2 se puede observar el lector ALR-9611



Figura 3.2 Antena ALR-9611.

Fuente: (Alien Technology, 2016)

3.1.3 Etiquetas RFID IOC/IEC 18000-6C

Etiquetas pasivas clase 1 generación 2

Características de las etiquetas IOC/IEC 18000-6C

Tabla 3.3 Características de la etiqueta IOC/IEC 18000-6C.

Modelo:	IOC/IEC 18000-6C
Clase:	Class 1
Generación:	Gen 2
Circuito integrado:	Alien Higgs-3
Certificado EPCglobal:	950110126000001084
Frecuencia de operación:	840 – 960 MHz
Memoria interna:	512 bits
TID:	32 bits
TID único:	64 bits
Clave de acceso:	32 bits
Clave de destrucción:	32 bits

En la Figura 3.3 se puede observar una etiqueta IOC/IEC 18000-6C



Figura 3.3 Etiqueta IOC/IEC 18000-6C.

Fuente: (Alien Technology, 2016)

3.2 Instalación

3.2.1 Instalación de Lector y Antena RFID

La instalación de los equipos para el proyecto será en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Del Azuay, para lo que se fabricará unas bases metálicas de manera que el lector y la antena puedan ser colocadas en una pared. Las bases permitirán una movilidad en dos ejes para una mayor facilidad de orientación en el momento de las pruebas. Como referencia para las bases se utilizara las dimensiones del lector que se muestra en la Figura 3.4.

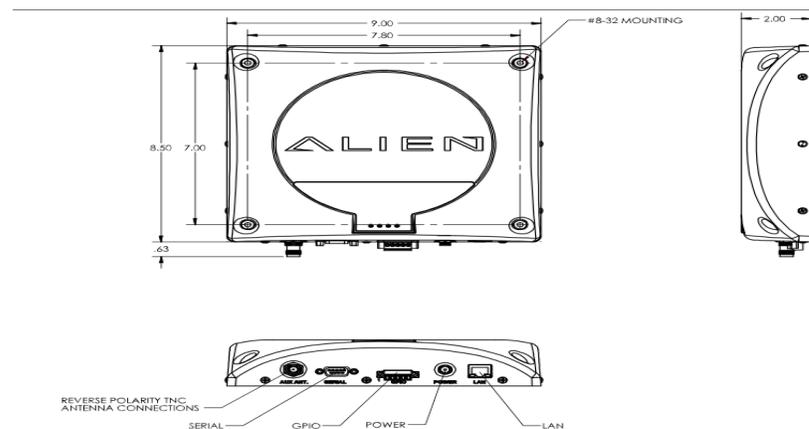


Figura 3.4 Dimensiones de lector RFID ALR-9650.

Fuente: (Alien Technology, 2016)

En la Figura 3.5 se puede observar las bases colocadas al lado izquierdo el lector y al lado derecho la antena.



Figura 3.5 Soporte de los equipos de adquisición RFID.

Una vez instalados los soportes con los equipos en la parte superior de una de las paredes del laboratorio, una a cada extremo del área de trabajo, como se puede observar en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Equipos RFID instalados en el laboratorio de Telecomunicaciones.

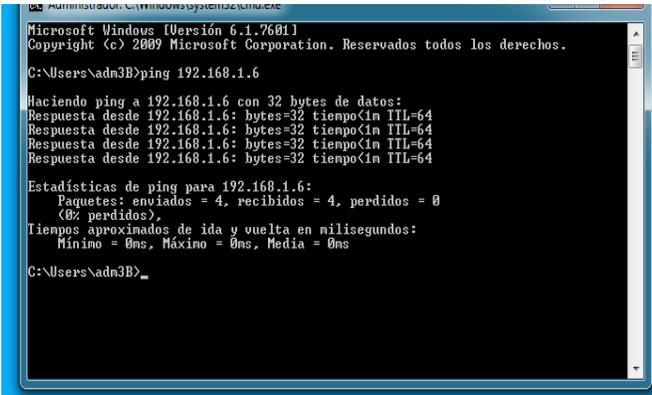
3.2.2 Configuración

Con los equipos instalados y correctamente conectados, se procede a acceder por primera vez con el lector por medio del puerto RS-232 con un cable propio esta requiere el nombre de usuario y contraseña para ingresar por defecto tiene el equipo.

Una vez dentro del lector se puede configurar el lector para que se comunique por medio del puerto Ethernet.

Antes de salir del lector se deben guardar los cambios y reiniciar el lector.

Proceder a conecta el cable de red desde el lector hacia en punto de red fijo. Terminada la etapa de conexión de equipos se debe realizar pruebas de comunicación por medio de un terminal Ethernet como se muestra en la Figura 3.7.



```
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\adm3B>ping 192.168.1.6

Haciendo ping a 192.168.1.6 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.6: bytes=32 tiempo<in TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.6:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms

C:\Users\adm3B>
```

Figura 3.7 Prueba de comunicación Ethernet entre terminal remoto y el lector RFID.

Los equipos RFID necesitan ser energizados para funcionar, esto se lo puede realizar con una fuente externa conectada al lector o por medio del cable de red a través de un POE como el que se muestra en la Figura 3.8, el cual permite alimentar y comunicar el lector con un equipo remoto por medio de un cable de red.



Figura 3.8 POE.

Después de instalar tanto el lector como la antena teniendo en cuenta el diagrama de radiación como el que se muestra en la Figura 3.9 se deben orientar de manera tal que se pueda optimizar de mejor manera los equipos.

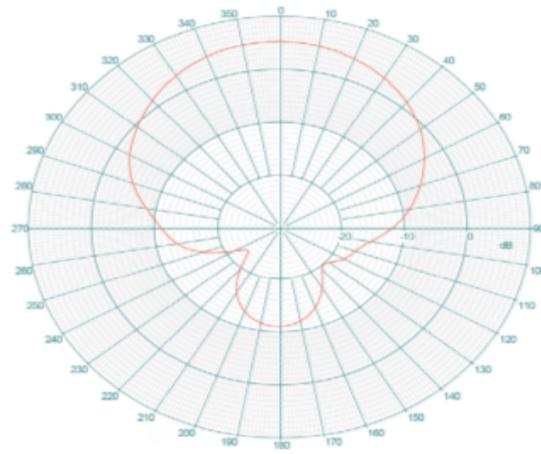


Figura 3.9 Diagrama de radiación del lector ALR-9650.

Fuente: (WANG et al, 2008)

3.2.3 Pruebas de funcionamiento

Con el *Middleware* propio de los equipos ALIEN TECHNOLOGY en una terminal con sistema operativo Windows se puede probar si todos los equipos se comunican

requiriéndose para la prueba de por lo menos una etiqueta, la misma que es identificada como se muestra en la Figura 3.10.

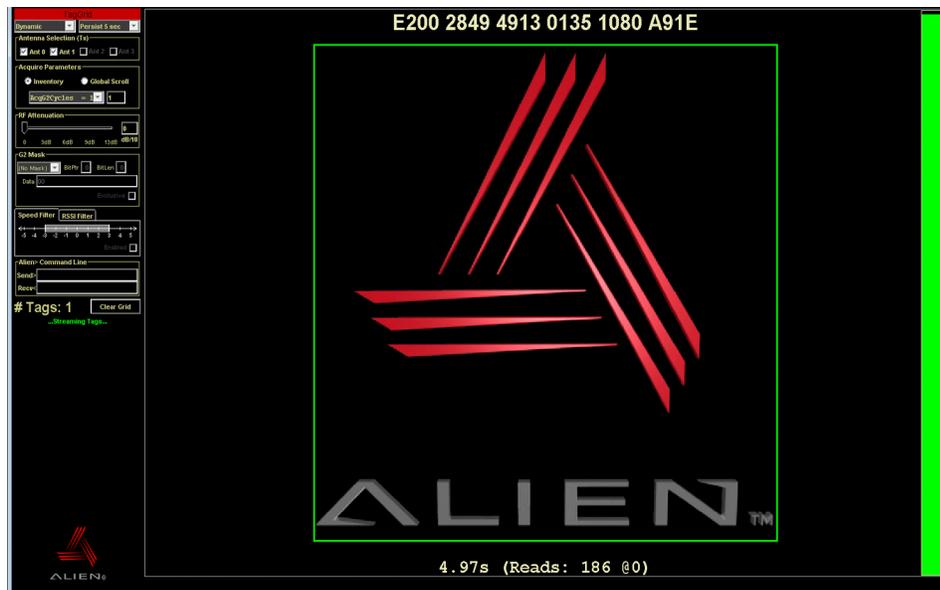


Figura 3.10 Demo Software Gateway.

3.3 Adquisición de Datos

El nuevo *Middleware* del proyecto se lo va a realizar en JAVA y como la comunicación se realiza por medio de puerto Ethernet será a través de Telnet. Con los equipos comunicándose correctamente entre ellos es necesario conocer los comandos propios del lector, los que se encuentran descritos en el manual de programación del lector (8101938-000_U_Guide,_Reader_Interface) de manera que se puedan adquirir datos que útiles en el *Middleware* a desarrollarse para el proyecto. Con los comandos de adquisición y configuración de los equipos RFID se realizan pruebas de manera que la información que se obtiene del lector sea útil para el desarrollo del proyecto.

La información que se planea manejar en el proyecto está:

1. El equivalente a la potencia entre las etiquetas y las antenas (RSSI)
2. El tiempo de respuesta entre el momento que el lector envía una solicitud de

identificación de etiquetas y recibe la información por parte de las etiquetas como respuesta.

3. El código de cada etiqueta que se encuentre en el rango de lectura de las antenas.
4. La antena que está mandando la información adquirida de cada etiqueta.

Al realizar pruebas por medio del puerto Ethernet a través del terminal en el equipo remoto como se muestra en la Figura 3.11.

```
ubuntu@ubuntu-satellite-p755:~$ telnet 192.168.1.100
Trying 192.168.1.100...
Connected to 192.168.1.100.
Escape character is '^]'.
*****
*
* Alien Technology : RFID Reader
*
*****
Username>alien
alien
Password>password
*****

Alien>t
t
Tag:E200 2849 4913 0135 1090 A91F, Disc:2016/07/27 17:20:08.167, Last:2016/07/27
17:20:08.167, Count:1, Ant:1, Proto:2
Alien>
```

Figura 3.11 Comunicación con el lector RFID por medio de puerto Ethernet a través de terminal.

Se puede observar en la Figura 3.12 la información entregada por el lector, (código de la etiqueta, la hora y fecha de la de la última vez que se fue leída dicha etiqueta, cantidad de veces que se leyó esa etiqueta en la memoria del lector, que antena le entrego la información y con qué protocolo.), no es útil.

```
Alien>t
t
Tag:E200 2849 4913 0135 1090 A91F, Disc:2016/07/27 17:20:08.167, Last:2016/07/27
17:20:08.167, Count:1, Ant:1, Proto:2

Alien>t
t
Tag:E200 2849 4913 0135 1090 A91F, Disc:2016/07/27 17:21:49.488, Last:2016/07/27
17:21:49.488, Count:1, Ant:1, Proto:2
Alien>
```

Figura 3.12 Información entregada por el lector en formato Text.

Por lo que se debe configurar el formato de la información entregada por el lector de manera tal que entregue únicamente información útil para el proyecto como se muestra en la Figura 3.13

```

Alien>TagListCustomFormat = tag: %k antena: %a RSSI: %m
TagListCustomFormat = tag: %k antena: %a RSSI: %m
TagListCustomFormat = tag: %k antena: %a RSSI: %m

Alien>t
t
Tag:E200 2849 4913 0135 1090 A91F, Disc:2016/07/27 17:23:31.609, Last:2016/07/27
17:23:31.609, Count:1, Ant:1, Proto:2

Alien>TagListFormat = Custom
TagListFormat = Custom
TagListFormat = Custom

Alien>t
t
tag: E2002849491301351090A91F antena: 1 RSSI: 75.0

Alien>

```

Figura 3.13 Configuración del lector RFID

Luego de algunas pruebas realizadas se puede ver que la información de tiempo de respuesta que se pretendía utilizar es demasiado corto (0,0) y está fuera de rango ya que la distancia a la que se va trabajar es muy corta, por lo que se debe descartar esta información como útil. Otro de los problemas que se pudo observar con las pruebas de adquisición es que el valor de RSSI varía con la etiqueta en el mismo lugar por lo que se obtendrá de cierta cantidad de valores de RSSI promedio y de esa manera reducir el factor de variación entre los datos adquiridos. Una vez que se han establecido los datos útiles y el formato de adquisición se tiene que configurar en el lector ciertos parámetros como el tiempo de conexión por medio de telnet, la secuencia de las antenas, etc. De manera que los datos ingresarían al *Middleware* como se muestran en la Figura 3.14. Son el primer valor es el código de la etiqueta, el segundo la antena que ha identificado la etiqueta y el tercero el RSSI.

```

Alien>TaglistCustomFormat = %k %a %m
TaglistCustomFormat = %k %a %m
TaglistCustomFormat = %k %a %m

Alien>t
t
E2002849491301351090A91F 1 87.0
Alien>

```

Figura 3.14 Configuración final del lector RFID.

3.4. Método de localización

Para el desarrollo del proyecto se han analizado algunos métodos de localización y con la información de las etiquetas adquirida por medio de las antenas se pudo descartar los métodos matemáticos puesto que depende de varias variables que no pueden ser controladas. Por más que los datos de RSSI sean directamente proporcionales a la potencia recibida por la antena por parte de la etiqueta son establecidos por el fabricante. La Figura 3.15 muestra la ubicación de los equipos en el área de trabajo.

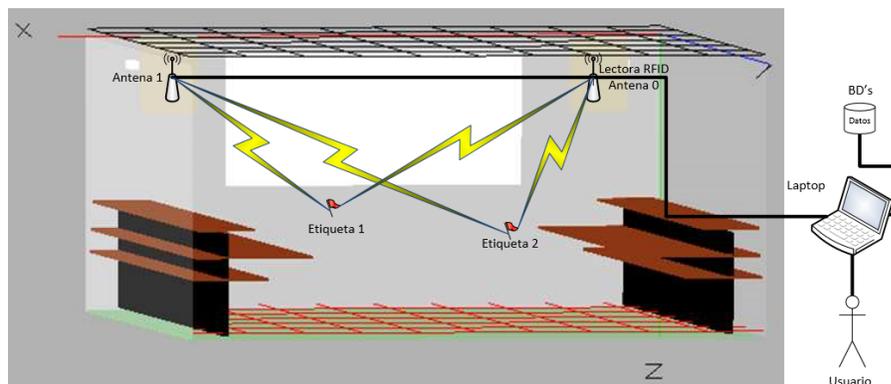


Figura 3.15 Ubicación de equipos en área de trabajo.

El método que se ha optado por utilizar es una variación del método de Punto de Acceso más cercano el cual consiste en generar una matriz del lector conociendo la ubicación de cada una de ella y teniendo en cuenta cual es el lector que identifica la etiqueta se puede establecer con un rango de error la ubicación de la etiqueta. En el proyecto se utiliza dos

antenas. Así que lo que se va a realizar es generar una malla 3D guardando el valor RSSI de cada uno de los puntos de esta malla, de manera que al funcionar el *Middleware* va a recibir un valor de RSSI de una etiqueta, comparar con todos los valores de RSSI guardados por cada antena y así establecer el área en donde se encuentra el objeto en el espacio de trabajo. En la Figura 3.16 se puede observar, al lado izquierdo una vista superior, centro una vista frontal, derecha una vista diagonal.

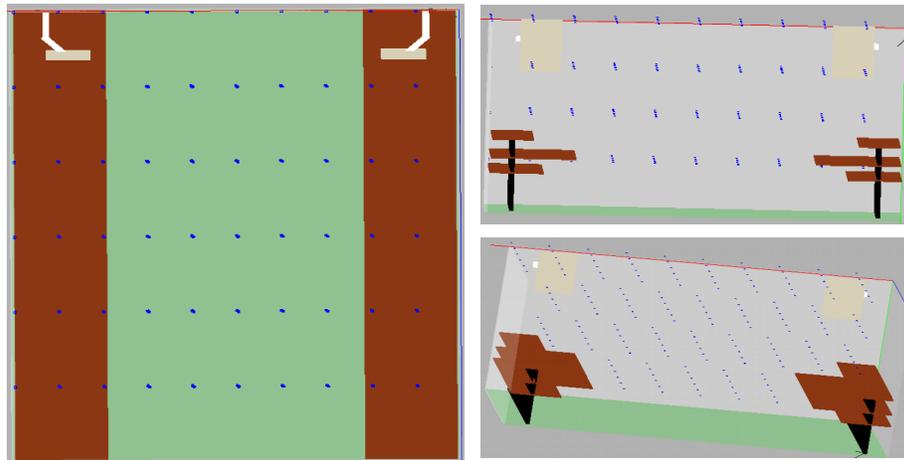


Figura 3.16 Vistas de la malla de adquisición de datos.

3.5 Diseño y desarrollo de Middleware de virtualización.

3.5.1 Diseño de Middleware de virtualización

En la Figura 3.17 se puede observar un diagrama de flujo que describe el funcionamiento del *middleware* del proyecto.

En dicho diagrama se muestra el funcionamiento del “Menú principal” al igual que el de las opción de “Carátula”, “Probar y configurar antenas RFID y BD”, “Limpiar base de datos” y “Salir”.

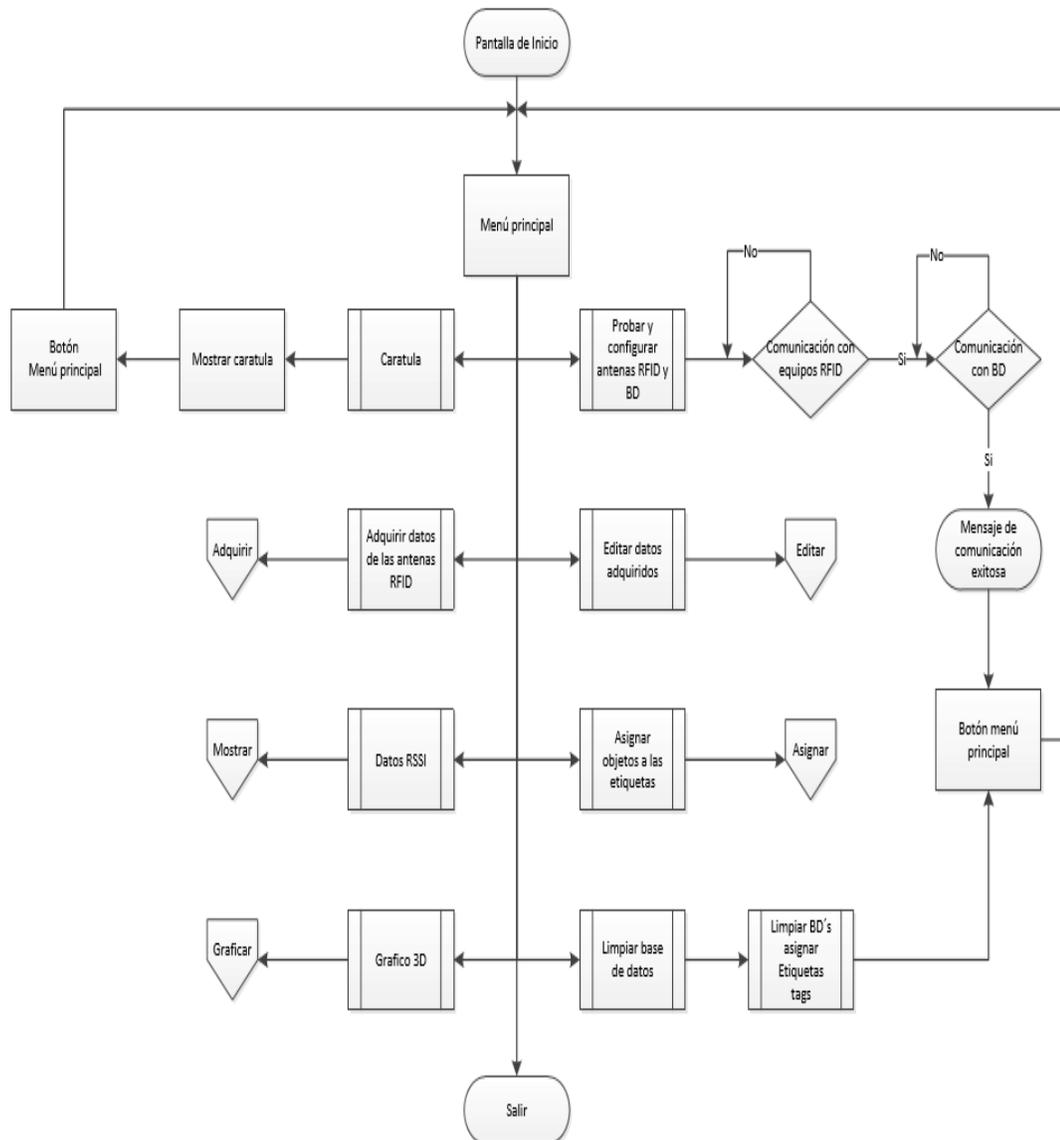


Figura 3.17 Diagrama de flujo principal.

El “Menú principal” es una ventana en la que se puede seleccionar que parte de *middleware* el usuario desea ejecutar. Al ingresar a cualquiera de las opciones el usuario tiene la opción de seleccionar el regresar un “**Menú principal**”. Al seleccionar la opción “**Carátula**” muestra información básica del proyecto como institución, título, autor,

director, etc. Al seleccionar la opción de **“Probar y configurar antenas RFID y BD”** automáticamente el equipo intenta conectarse con el lector RFID y en cuanto lo logre genera la configuración necesaria para el correcto funcionamiento del *middleware* de la misma manera lo hace con la base de datos. Al seleccionar la opción de **“Adquirir datos de las antenas RFID”** se presentara una ventana con la indicación básica de cómo se debe realizar la adquisición, si se decide proseguir con el proceso el *middleware* revisa que únicamente una etiqueta sea la que se encuentra dentro del área de adquisición de manera que no exista información errada al momento de generar la adquisición. En caso de que las antenas detectaran más de una etiqueta genera un mensaje de error y no permitirá continuar con la adquisición. Con las antenas identificando únicamente una etiqueta dicha etiqueta deberá ser situada en el extremo superior derecho del área de trabajo mismo punto se será llamado el punto $X=0$, $Y=0$, $Z=0$ o punto de origen, al indicar que continua el proceso se limpiara una de las tablas de la base de datos en donde se guardan los datos adquiridos temporalmente, se guardarán 30 datos de RSSI de la etiqueta por cada antena en dicha base, con los datos guardados se puede obtener la moda (el valor que más se repite) de RSSI por cada antena, esta información se podrá guardar en otra tabla con los valores de X, Y, Z y antena. Después de terminado este proceso el que se ejecuta de forma automática el usuario deberá desplazar la etiqueta 0,5 m en el eje Z, (colocar la etiqueta a una altura de 0,5 m debajo del punto 0, 0, 0), para continuar con el proceso. Una vez desplazada la etiqueta 2 m en Z, el usuario deberá desplazar la etiqueta 0,5 m en X, (colocar la etiqueta a una distancia de 0,5 m a la izquierda del punto de origen), y nuevamente desde el techo generar nuevas adquisiciones desplazando la etiqueta por el eje Z hasta que Z sea igual a 2 m y repetir el desplazamiento en X hasta que X sea igual a 4,5 m, una vez que se adquieran los datos de RSSI del punto $X=4,5$ y $Z=2$ desde el origen se desplazara la etiqueta 0,5 m en el eje Y, (colocar la etiqueta a una distancia de 0,5 m atrás del origen), y seguir con el proceso de adquisición desplazando la etiqueta en el eje Z y X hasta que Y sea igual a 2 m. Este proceso es el más largo y delicado del proyecto, una vez que este proceso comience se lo debe terminar ya que los datos son los que se utilizan para todo el resto del proyecto,

también se debe tener en cuenta el tiempo debiendo tomar un total de 250 datos de promedio de RSSI cara cubrir el área de trabajo. Una vez adquiridos todos los datos se regresa al “Menú principal” de forma automática. El proceso de adquisición se lo puede observar en la Figura 3.18

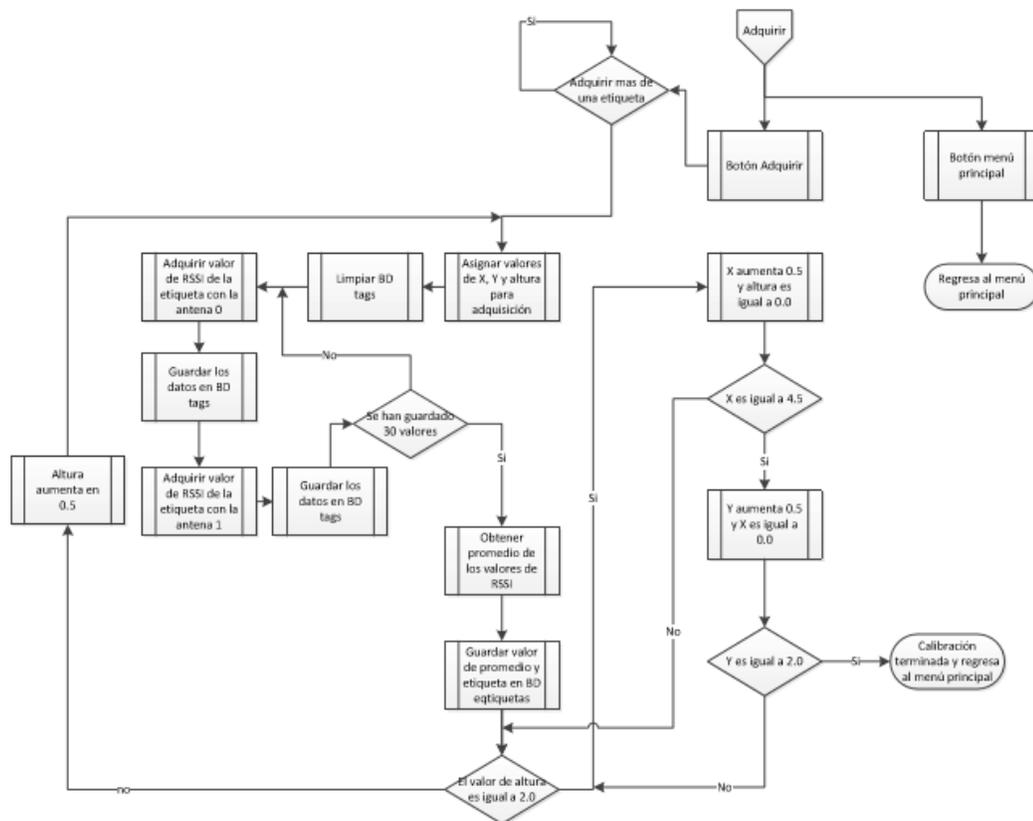


Figura 3.18 Diagrama de flujo de “Adquirir datos de las antenas RFID”.

Al seleccionar la opción de “**Editar datos adquiridos**” se presentara una ventana en la cual se muestran todos los datos adquiridos en el proceso de adquisición, aquí se puede editar los nombres de la etiqueta y el valor de RSSI obtenidos en la adquisición en caso de que hubiese existido algún problema y se tenga conocimiento de los valores correctos. No se podrán editar los datos de X, Y, Z o Antena, dichos valores se generan

de forma automática en la adquisición. El proceso de edición se lo puede observar en la Figura 3.19

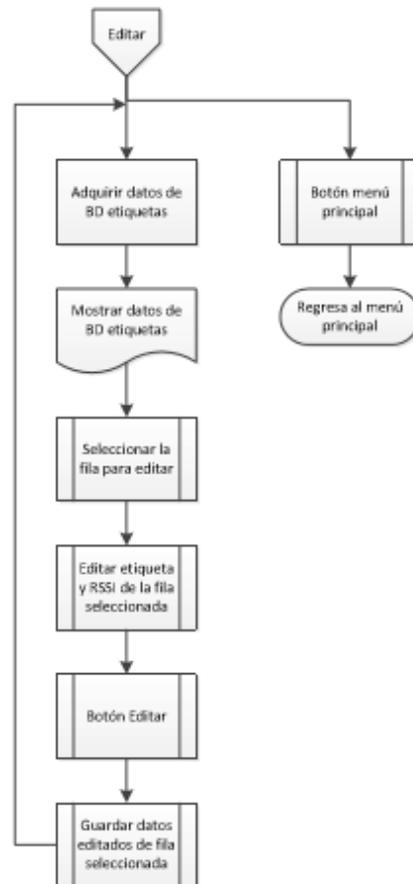


Figura 3.19 Diagrama de flujo de “Editar datos adquiridos”.

Al seleccionar la opción de “**Datos RSSI**” esta presenta la opción de seleccionar la etiqueta de la que se requieren los datos guardados de RSSI y una vez seleccionada la etiqueta presentara una opción que permite seleccionar la altura y la antena para los datos seleccionados a fin de mostrar que exista una representación por planos o capas de la información de RSSI como se representa en la Figura 3.20.

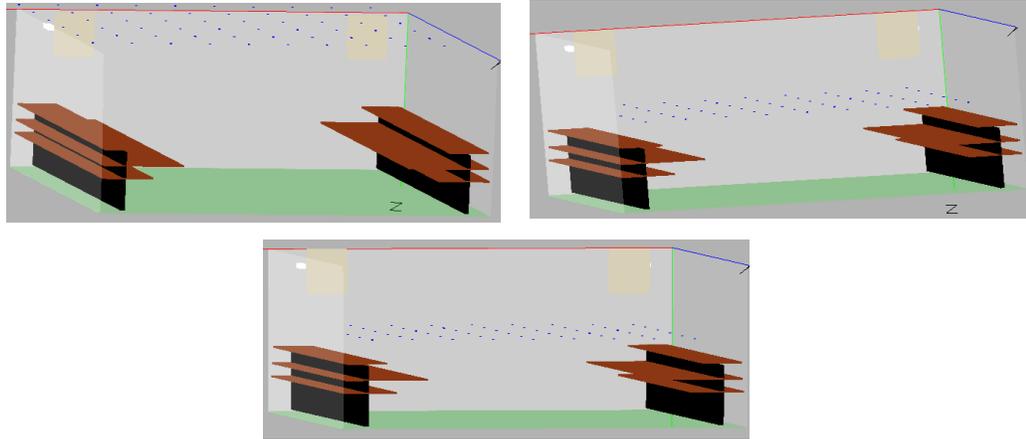


Figura 3.20 Representación de cortes por planos de datos RSSI.

El proceso mostrar se lo puede observar en la Figura 3.21

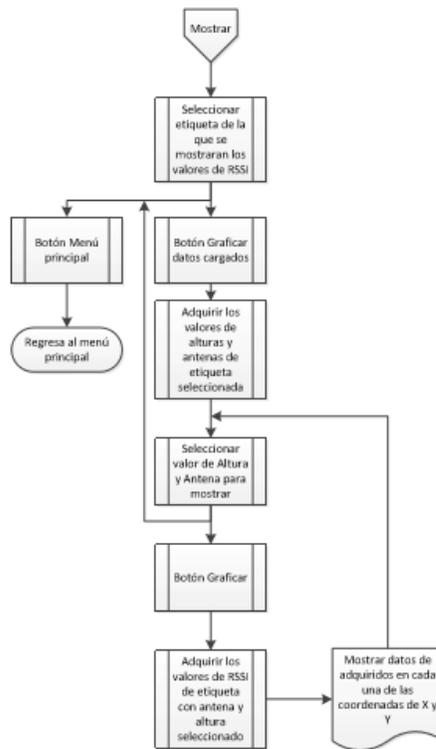


Figura 3.21 Diagrama de flujo de “Datos RSSI”.

Al seleccionar la opción de **“Asignar objetos a las etiquetas”** permite que a cada etiqueta que se quiere virtualizar se le asigne un objeto el cual previamente fue en esta ventana se debe adquirir las etiquetas que se van a representar y guarda dentro de una tabla de la BD con el código de la etiqueta al igual que el objeto que le fue asignado a dicha etiqueta. El proceso asignar se lo puede observar en la Figura 3.22



Figura 3.22 Diagrama de flujo de “Asignar objetos a las etiquetas”.

Al seleccionar la opción de **“Gráfico 3D”** permite virtualizar los objetos en una representación gráfica del área de trabajo y el lugar en el que se encuentra. Para poder

ingresar a esta opción y que esta funcione, todos los procesos anteriores ya deben ser ejecutados pues esta depende de la información previamente cargada. Dentro de esta opción de debe ejecutar un subproceso de adquisición que se encargara de identificar las etiquetas que se encuentren en el área de trabajo al igual que 30 valores de RSSI de cada etiqueta para obtener la moda, de manera que este valor se pueda comparar con los valores guardados en el proceso de adquisición, con los códigos de cada etiqueta el sistema conocerá a que objeto representa cada de las etiquetas al comparar con la información ingresada en el proceso de asignación. La gráfica 3D permite por medio de varias opciones del teclado girar y mover el gráfico por cada uno de los ejes cartesianos 3D: X, Y y Z al igual de las opciones de ampliar o reducir la gráfica con el uso del *mouse*. El proceso graficar se lo puede observar en la Figura 3.23

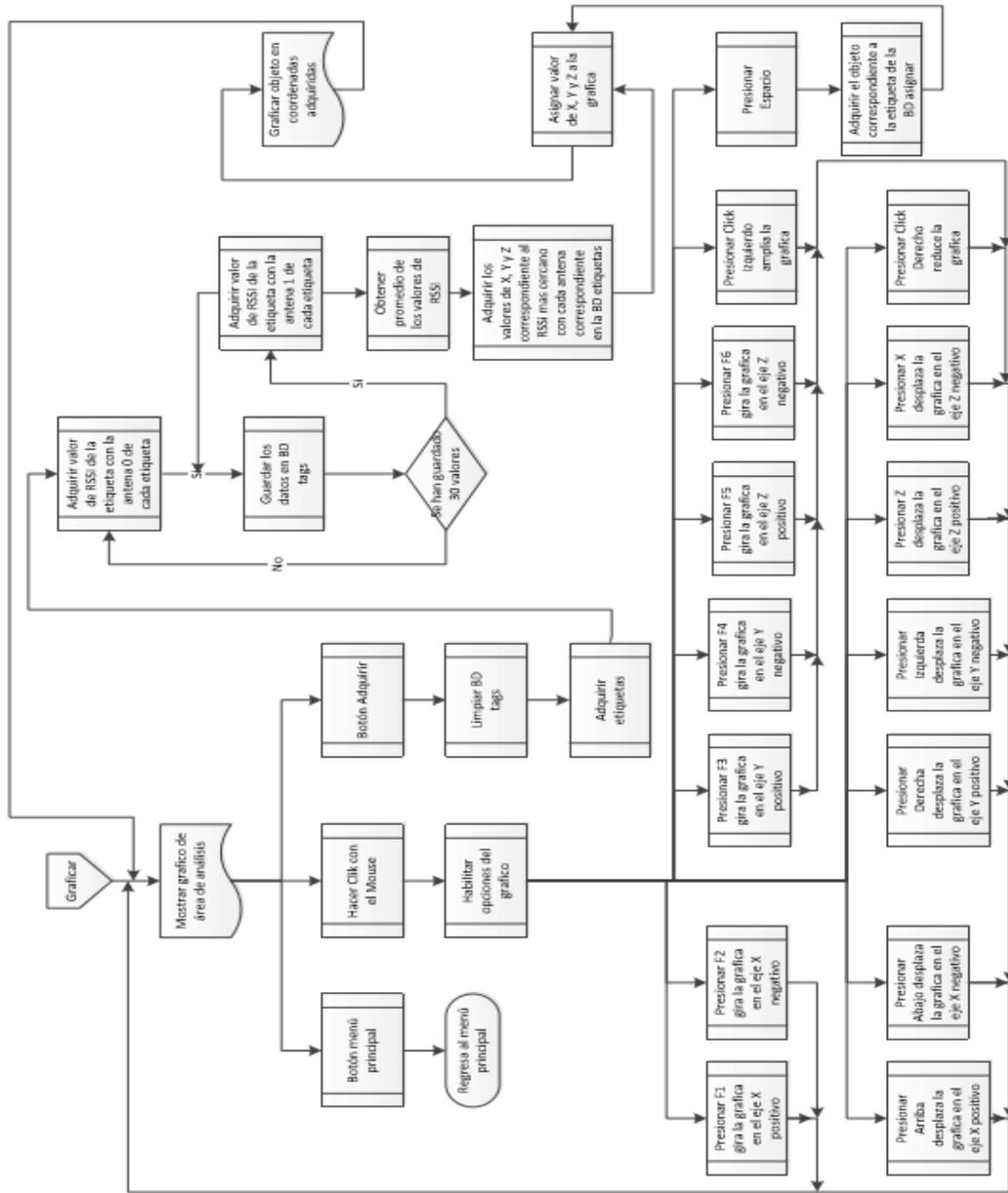


Figura 3.23 Diagrama de flujo de “Gráfico 3D”.

Al seleccionar la opción de “**Limpiar base de datos**” eliminara toda la información que se encuentra grabada en las tablas de la base de datos. Al ejecutar esta opción el proceso debe ser ejecutado desde el principio para que funcione nuevamente.

Esta opción se encuentra descrita en la Figura 3.17. Al seleccionar la opción de “**Salir**” cierra el *middleware*.

3.5.2 Desarrollo de Middleware de virtualización

El *middleware* para el proyecto se lo realiza en lenguaje de programación JAVA de manera que pueda ser ejecutado en cualquier sistema operativo. Esto implica que a más de conocimientos en programación en JAVA también se requiere conocer el manejo de librerías para trabajar con los equipos RFID, manejo de base de datos (MySQL) y manejo de entorno grafico (OpneGL).

En esta etapa del documento se presentará cada una de las ventanas que componen el *middleware*, la descripción de su funcionamiento y la ejecución del proyecto pasa a paso.

Pantalla de Inicio

En la pantalla de menú principal la cual se muestra en la Figura 3.24 se puede selección cuál de los procesos del proyecto se quiere ejecutar teniendo en cuenta que para su correcto funcionamiento correcto del proyecto por primera vez se debe seguir el siguiente orden de los pasos:

1. Probar y configurar antenas y BD
2. Adquirir datos de las antenas
3. Editar datos adquiridos
4. Datos de RSSI
5. Asignar datos a las etiquetas
6. Gráfico 3D
7. Limpiar base de datos
8. Salir

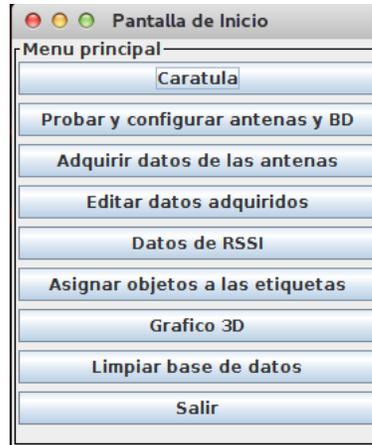


Figura 3.24 Pantalla de inicio o menú principal.

Carátula

La ventana “Carátula” la que se puede observar en la Figura 3.25 se puede ver la información básica del proyecto como:

- Universidad
- Facultad
- Titulo
- Autor
- Director
- Ciudad y país

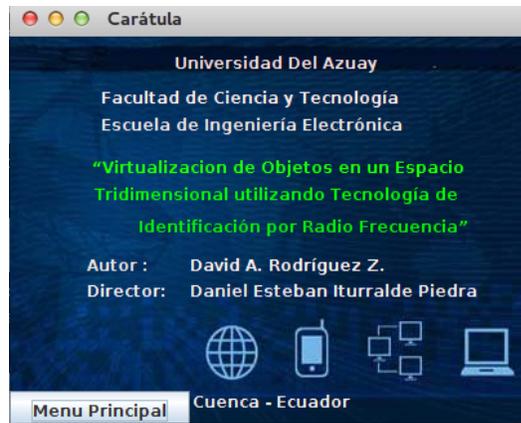


Figura 3.25 Pantalla Carátula.

El botón “Menú principal” en esta pantalla al igual que en todas las pantalla permite regresar al menú principal para seleccionar cualquier otro proceso.

Probar y configurar antenas y BD

Al seleccionar la opción de probar y configurar antenas y BD ejecuta un proceso el cuál intenta conectarse con el lector RFID en caso de conectarse envía de forma automática la configuración del lector con los parámetros necesarios para que funcione correctamente con el proceso, después se conecta con la base de datos y verifica que existan las tablas con las columnas que se requieren en el proceso y finalmente en caso de que todo esté bien entrega un mensaje “Conexión y configuración exitosa” como se muestra en la Figura 3.26.

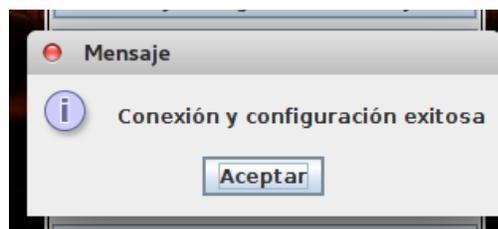


Figura 3.26 Mensaje de comunicación exitosa.

En caso de que no existiera comunicación con el lector, el sistema espera cinco segundos y lo vuelve a intentar, así cinco veces, si al quinto intento no logra comunicarse emite un mensaje “Revisar la conexión entre el ordenador y la antena RFID” como se muestra en la Figura 3.27, en caso de que no existieran las tablas en la BD estas se crean de forma automática.

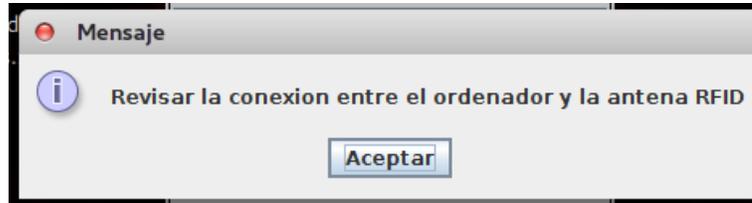


Figura 3.27 Mensaje de error en la conexión entre el ordenador y el lector RFID.

Adquirir datos de las antenas

La opción de adquirir datos de las antenas abre otra ventana llamada pantalla de calibración como se muestra en la Figura 3.28.

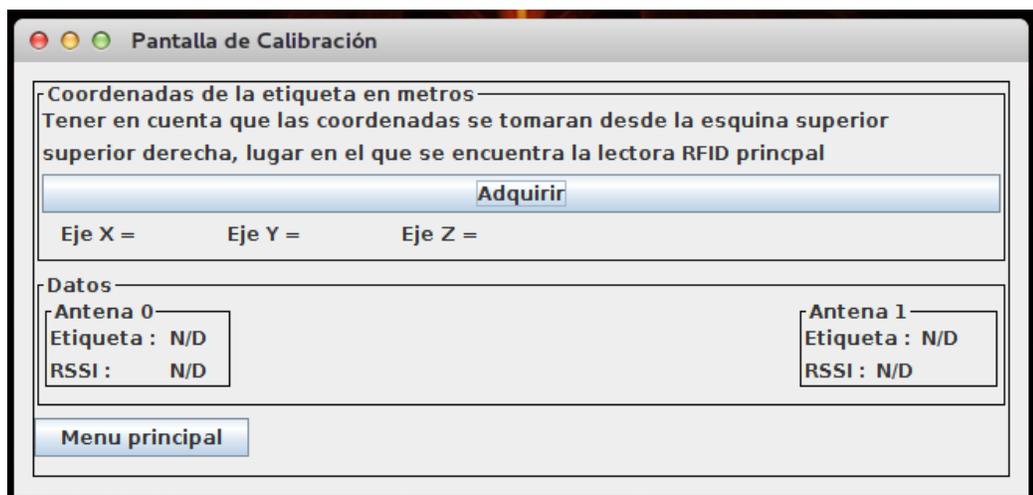


Figura 3.28 Pantalla de Calibración.

En la ventana se presenta un recuadro con el título “Coordenadas de la etiqueta en metros” dentro del recuadro existe una indicación de que se debe considerar “Tener en cuenta que las coordenadas se tomaran desde la esquina superior derecha, lugar en el que se encuentra el lector RFID principal”. También tiene el botón “Adquirir” opción que se indicara posteriormente. En el recuadro “Datos” se presentan dos cuadros en los que cada uno indicara la información de la etiqueta adquirida por cada antena y finalmente existe la opción “Menú principal” la cual permite regresar al menú principal. Al seleccionar la opción “Adquirir” dentro de esta ventana aparece un mensaje de Alerta el cual indica que el proceso de adquisición puede tomar mucho tiempo pero en caso de que se lo inicie se lo debe terminar como se muestra en la Figura 3.29.

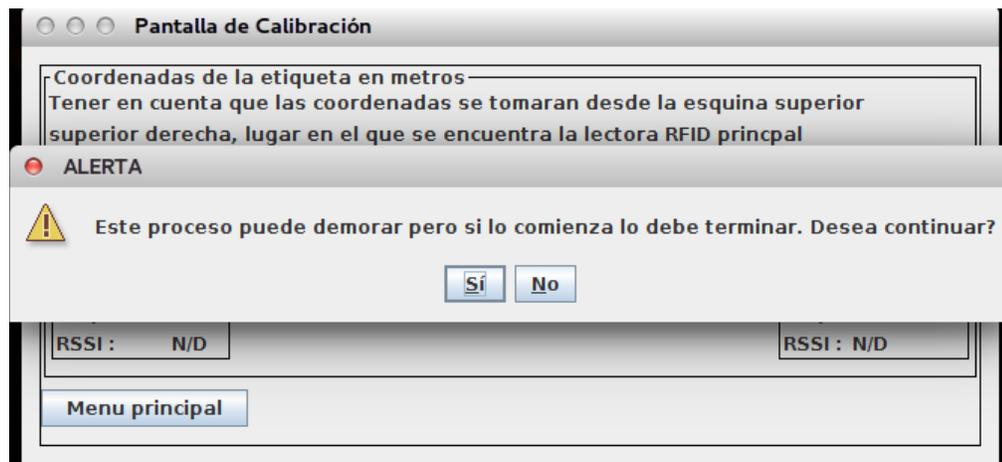


Figura 3.29 Mensaje de alerta previo al proceso de calibración.

En caso de seleccionar “NO” continua en la pantalla de calibración, en caso de seleccionar “SI” desaparece el botón de menú principal y en su lugar aparece un mensaje de que se debe terminar con el proceso de calibración, al mismo tiempo se habilita un botón “Siguiente” como se indica en la Figura 3.30, El que sirve para continuar con el proceso cada vez que cambie de posición la etiqueta de calibración.

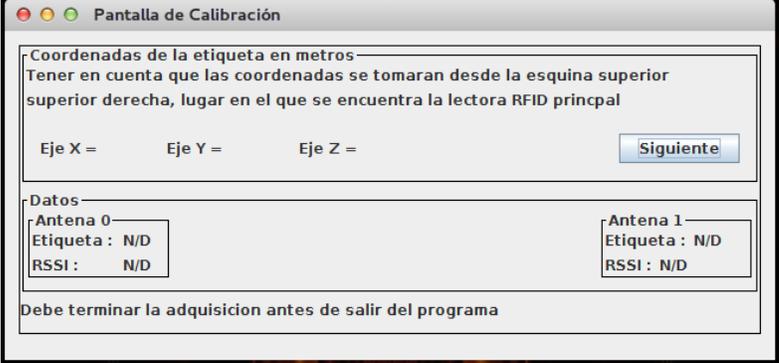


Figura 3.30 Pantalla de calibración al iniciar la calibración.

Para la calibración se debe tomar únicamente una etiqueta la cual debe ser colocada en cada uno de los puntos de adquisición para obtener los valores RSSI. La etiqueta debe ser colocada en el primer punto de adquisición que se encuentra en la posición de origen ($X=0$, $Y=0$, $Z=0$), como se ha mencionado en la parte de diseño, el punto de origen se encuentra en la parte superior derecha del área de estudio como se indica en la Figura 3.31. Detrás de el lector RFID.

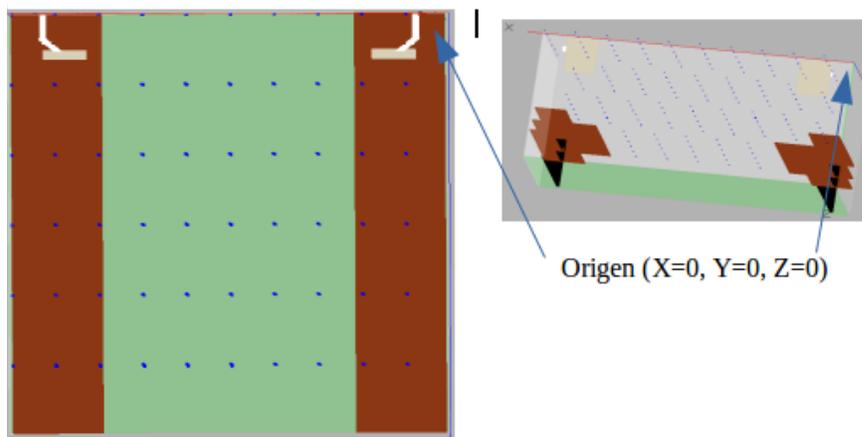


Figura 3.31 Posición de origen en el área de trabajo.

Una vez que la etiqueta se encuentra en el punto de origen se debe hacer clic en el botón siguiente lo que permite al lector adquirir 30 valores de RSSI de la etiqueta por cada antena, los guarda en una de las tablas de la base de datos, con los valores guardados obtiene la moda de los valores por cada antena y guarda estos datos en otra tabla junto con los valores de X, Y, Z (0, 0, 0), la información después de ser guardada se muestra en la ventana de calibración, en la parte que indica Eje X=, Eje Y=, y Eje Z= van los valores del eje como se muestra en la Figura 3.32. En la parte de datos por antena muestra el código de la etiqueta y el valor promedio de RSSI por cada antena. En caso de que la antena no adquiera información de la etiqueta por que esta fuera del rango de funcionamiento la etiqueta indicara No Tag y el RSSI promedio será 0,0

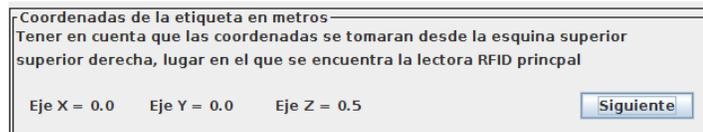


Figura 3.32 Indicación de los ejes después de iniciada la calibración.

Después de guardado los datos referentes al primer punto de adquisición la etiqueta debe ser colocada a 50 cm por debajo del punto de origen lo que indicaría un recorrido en Z como lo indica la Figura 3.33. Para posteriormente hacer nuevamente clic en el botón siguiente lo que limpia los datos de la tabla de valores RSSI para obtener el promedio y repetir el proceso anteriormente descrito.

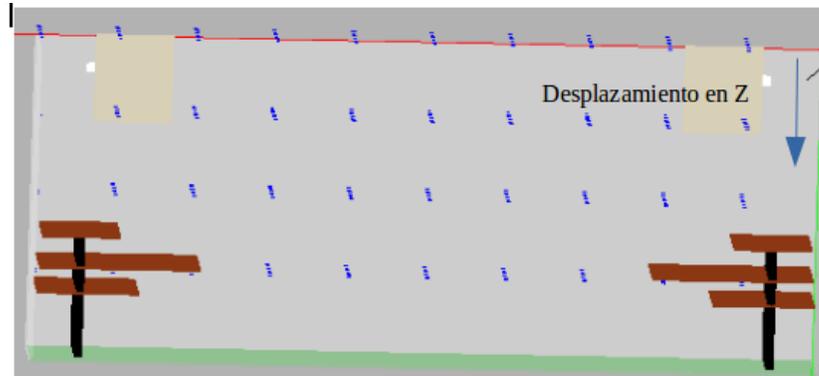


Figura 3.33 Representación de desplazamiento en eje Z.

Después de adquirir los valores de RSSI de cada punto con $X = 0$, $Y = 0$ y desplazando Z hasta que sea 2 para la siguiente adquisición aparece un mensaje que indica que se debe cambio de valor en eje X como se muestra en la Figura 3.34.

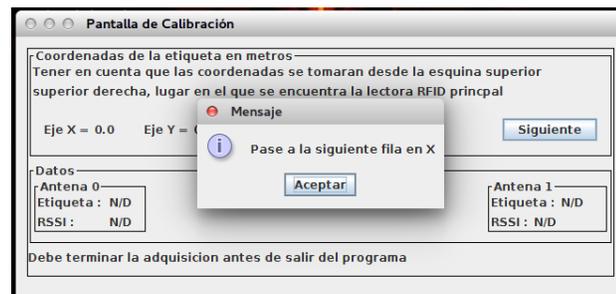


Figura 3.34 Mensaje de desplazamiento en eje X.

El siguiente punto de adquisición será con un desplazamiento a la izquierda desde el punto de origen como lo indica la Figura 3.35. Y se debe tomar los siguientes datos desplazando la etiqueta en el eje Z.

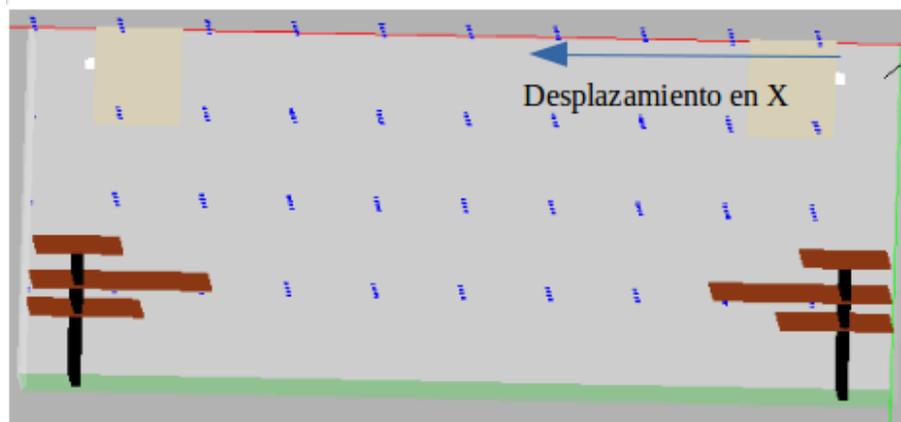


Figura 3.35 Desplazamiento en eje X.

Dicho proceso de adquisición se debe repetir hasta adquirir todos los valores Z de 0 a 2 y X de 0 a 4.5 para pasar al siguiente punto en Y aparecerá un mensaje como el de la Figura 3.36.

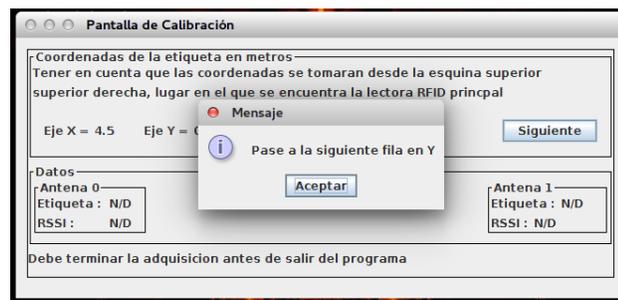


Figura 3.36 Mensaje de desplazamiento en eje Y.

Para el siguiente punto la etiqueta deberá ser colocada a 50 cm adelante del punto de origen lo que significa un desplazamiento en Y como se indica en la Figura 3.37.

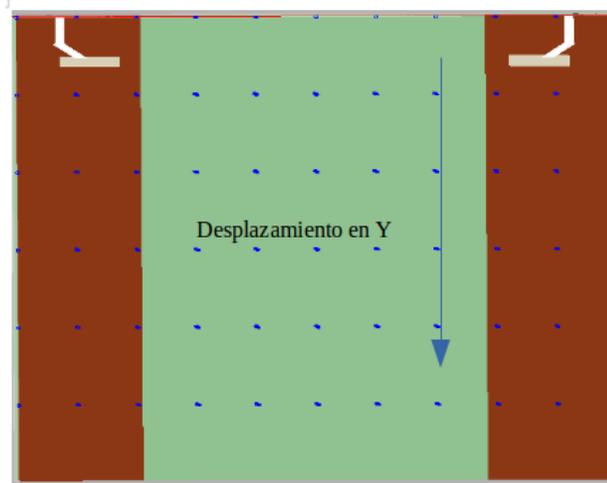


Figura 3.37 Desplazamiento en eje Y.

Se debe repetir el proceso de adquisición 250 veces de manera que el punto final de adquisición sea $Z=2$, $X= 4.5$ y $Z=2$. Aparecerá un mensaje de terminación de proceso como el que se muestra en la Figura 3.38

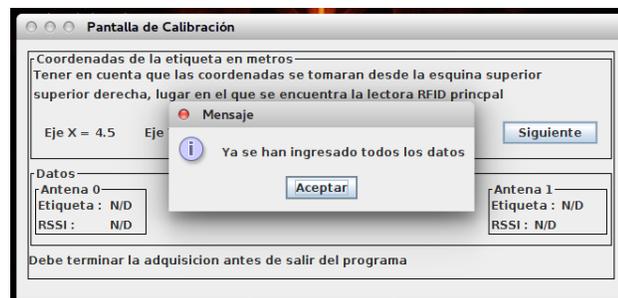
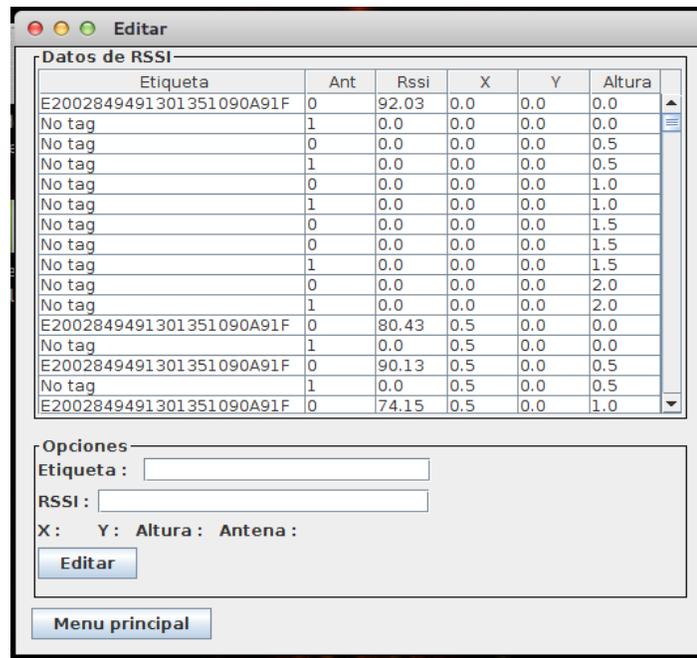


Figura 3.38 Mensaje de finalización de adquisición.

Después de hacer clic en aceptar el programa dará por terminado el proceso de adquisición y regresa al menú principal.

Editar datos adquiridos

Al ingresar a la opción de “Editar datos adquiridos” la vista presenta una tabla que se obtuvo en el proceso de adquisición como muestra en la Figura 3.39.



The screenshot shows a window titled 'Editar' with a table of RSSI data. The table has columns for 'Etiqueta', 'Ant', 'Rssi', 'X', 'Y', and 'Altura'. Below the table is an 'Opciones' section with input fields for 'Etiqueta', 'RSSI', and 'Antena', and a button labeled 'Editar'. At the bottom of the window is a 'Menu principal' button.

Etiqueta	Ant	Rssi	X	Y	Altura
E2002849491301351090A91F	0	92.03	0.0	0.0	0.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	0.0
No tag	0	0.0	0.0	0.0	0.5
No tag	1	0.0	0.0	0.0	0.5
No tag	0	0.0	0.0	0.0	1.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	1.0
No tag	0	0.0	0.0	0.0	1.5
No tag	0	0.0	0.0	0.0	1.5
No tag	1	0.0	0.0	0.0	1.5
No tag	0	0.0	0.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.43	0.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	0.5	0.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	90.13	0.5	0.0	0.5
No tag	1	0.0	0.5	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	74.15	0.5	0.0	1.0

Opciones:

Etiqueta :

RSSI :

X: Y: Altura: Antena:

Figura 3.39 Ventana de edición de datos.

Al seleccionar la fila del dato que se desee modificar en la tabla, el programa permite editar los valores de Etiqueta y RSSI como muestra en la Figura 3.40, Una vez realizada la modificación se selecciona en el botón “Editar” y los valores se almacenen en la base de datos.

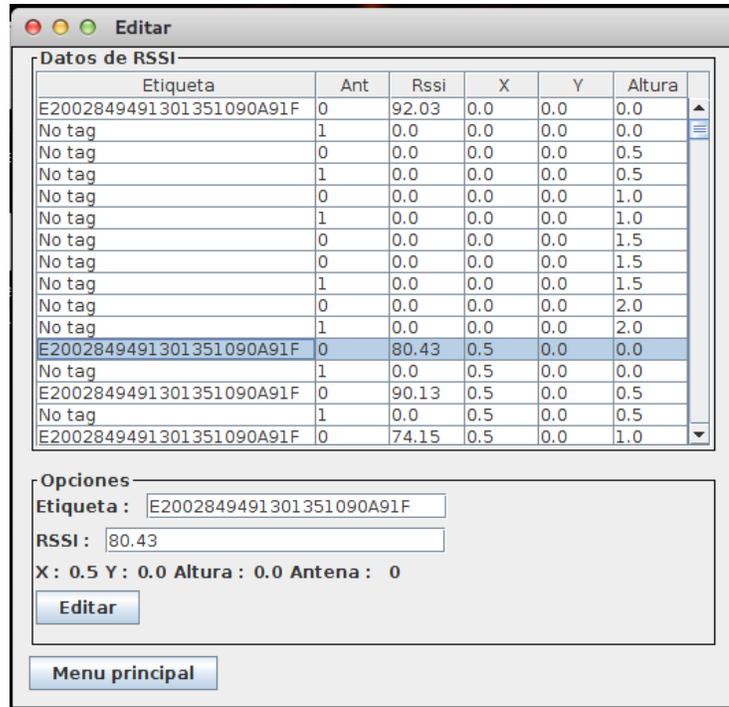


Figura 3.40 Ventana Editar con datos seleccionados.

La opción “Menú principal” Permite en cualquier momento regresar a la ventana de inicio.

Datos de RSSI

Al seleccionar la opción de datos de RSSI la ventana permite escoger la etiqueta de la que se quieren visualizar los datos de RSSI guardados como se muestra en la Figura 3.41.

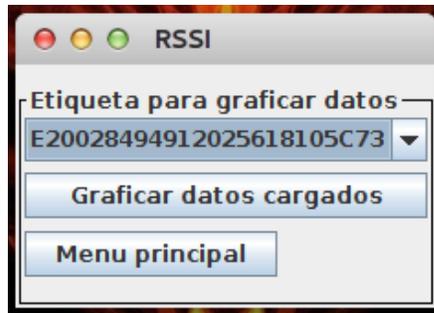


Figura 3.41 Ventana de selección de etiquetas.

Al seleccionar la opción “Graficar datos cargados” se presenta una matriz en dos dimensiones en la que se debe definir la altura o eje Z y la antena de la que se requieren ver los datos de RSSI como como muestra en la Figura 3.42.

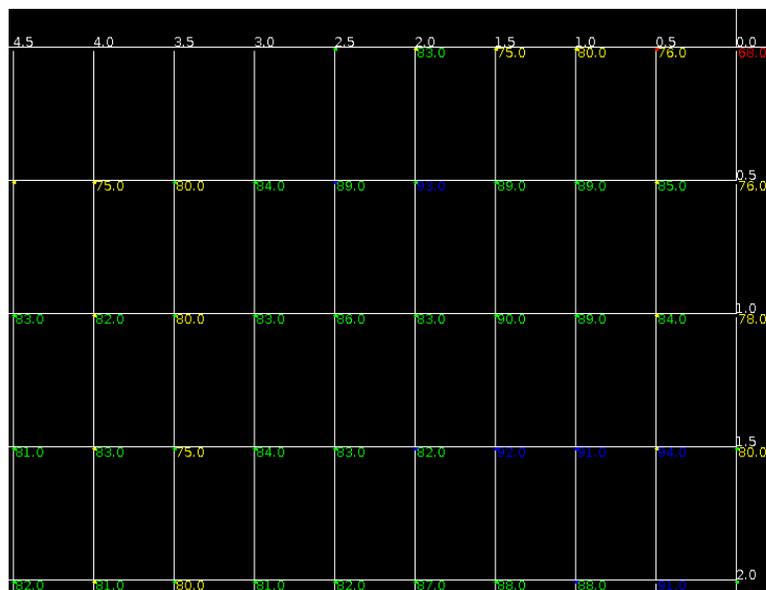


Figura 3.42 Ventana gráfica en 2 dimensiones de valores RSSI.

En esta ventana cada uno de los valores corresponden al RSSI y de acuerdo a su color el rango correspondiente.

En la Tabla 3.4 se describe los valores de los rangos y el color que corresponde.

Tabla 3.4 Relación entre rangos de RSSI y color en las gráficas “Datos de RSSI”.

Rango RSSI	Color
> 10,1	Negro
10,1 – 70,0	Rojo
70,1 – 80,0	Verde
80,1 – 90,0	Amarillo
< 90,1	Azul

AL variar la selección de altura o de antena es necesario seleccionar el botón “Graficar” para obtener los nuevos valores RSSI.

Asignar objetos a las etiquetas

Al seleccionar la opción “Asignar objetos a las etiquetas” se ingresa a la ventana “Asignar” en donde se presentan la siguiente información “Asignar un objeto a la etiqueta”, “Adquirir nueva etiqueta” y “Menú principal” como se muestra en la Figura 3.43.

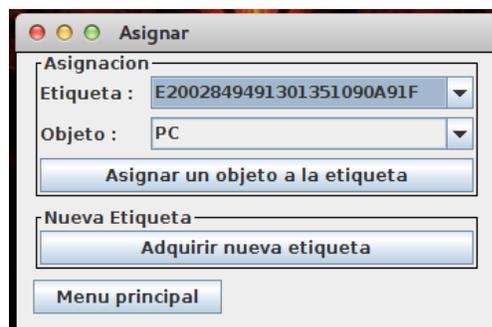


Figura 3.43 Ventana de Asignación.

Al seleccionar “Adquirir nueva etiqueta” se obtiene todas las etiquetas que se encuentran dentro del rango de lectura de las antenas. Los códigos adquiridos se comparan con los

valores ya almacenadas en la base de datos de manera que únicamente se almacenen los códigos nuevos.

Al seleccionar “Asignar un objeto a la etiqueta” se debe escoger la etiqueta y el objeto a relacionar. Los objetos ya están predefinidos en el programa.

Gráfico 3D

Al seleccionar la opción de “Gráfico 3D” la nueva ventana tiene, en la parte derecha las opciones y en la parte izquierda una imagen 3D que representa el área de trabajo como se muestra en la Figura 3.44.

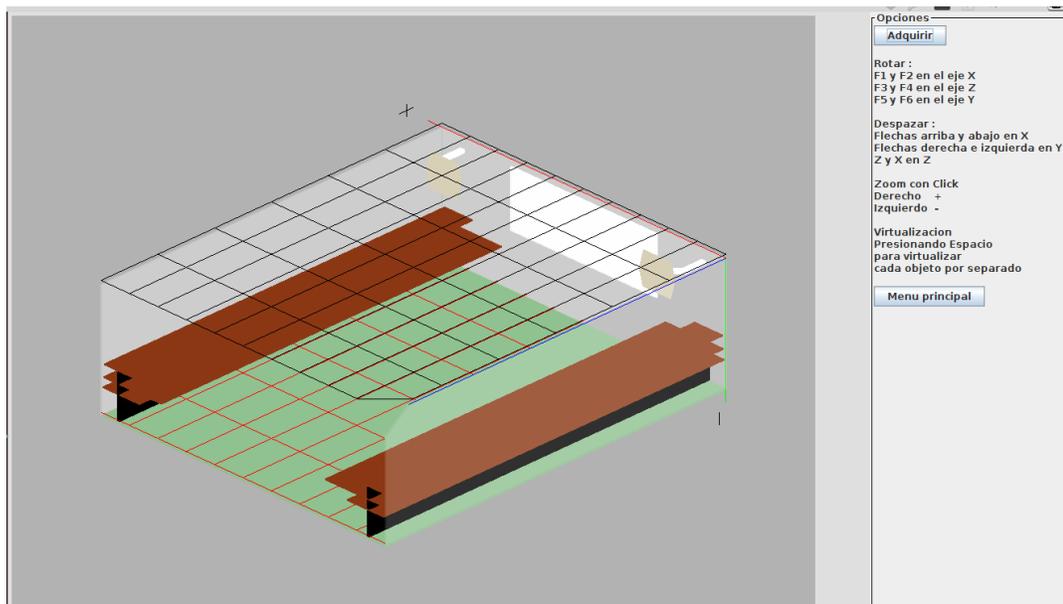


Figura 3.44 Pantalla Gráfico 3D.

La opción “Adquirir” ordena a cada una de las antenas a detectar 30 valores RSSI y códigos de cada etiqueta, calcula la moda de los dato y así poder comparar dicho valor con los almacenados en la base de datos para seleccionar los valores X, Y y Z

predefinidos para cada etiqueta. El código de la etiqueta establece el objeto previamente asignado.

Al hacer clic en la imagen se habilitan las opciones gráficas:

Con las teclas F1 y F2 permite rotar en el eje X como se muestra en la Figura 3.45

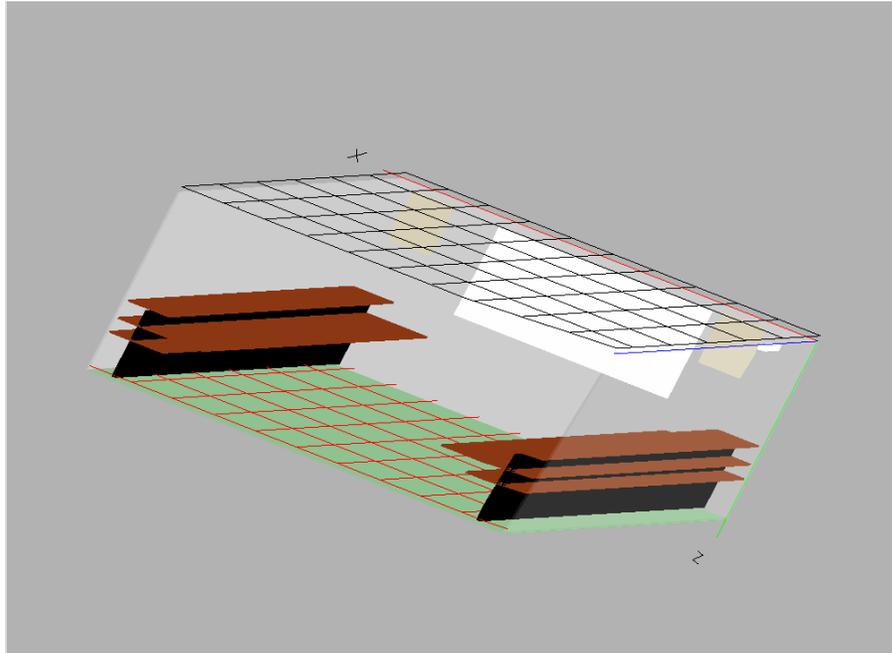


Figura 3.45 Rotación en el eje X (F1 y F2).

Con las teclas F3 y F4 permite rotar en el eje Z como se muestra en la Figura 3.46

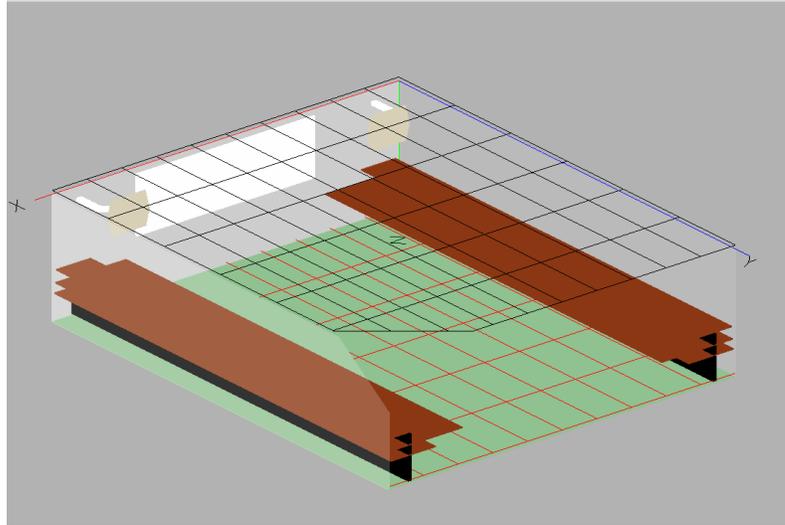


Figura 3.46 Rotación en el eje Z (F3 y F4).

Con las teclas F5 y F6 permite rotar en el eje Y como se muestra en la Figura 3.47

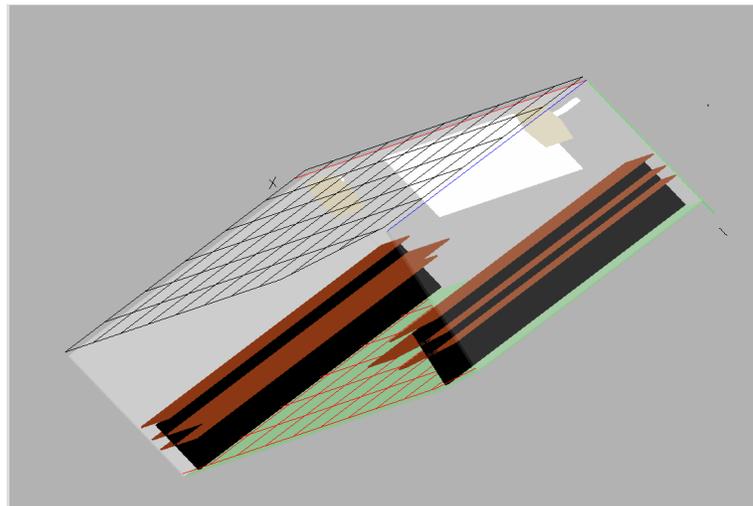


Figura 3.47 Rotación en el eje Y (F5 y F6).

Con Clic derecho e izquierdo permite ampliar o reducir como se muestra en la Figura 3.48

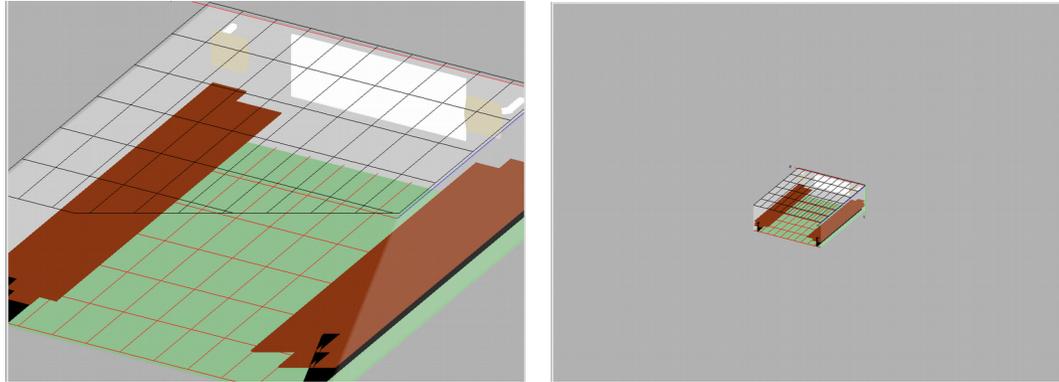


Figura 3.48 Ampliación, reducción de la imagen (Clic derecho, izquierdo).

Con las teclas Z y X permite desplazar en el eje Y como se muestra en la Figura 3.49

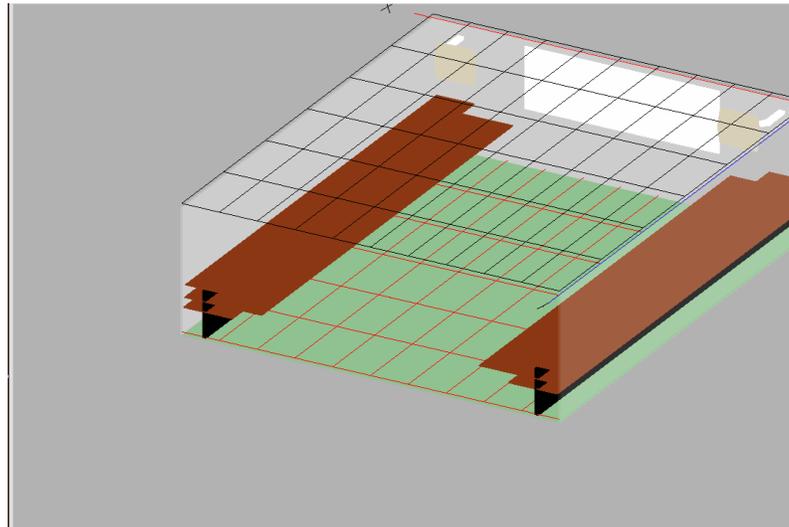


Figura 3.49 Desplazamiento en el eje Y (Z y X).

Con las teclas de las flechas arriba y abajo permite desplazar en el eje X como se muestra en la Figura 3.50

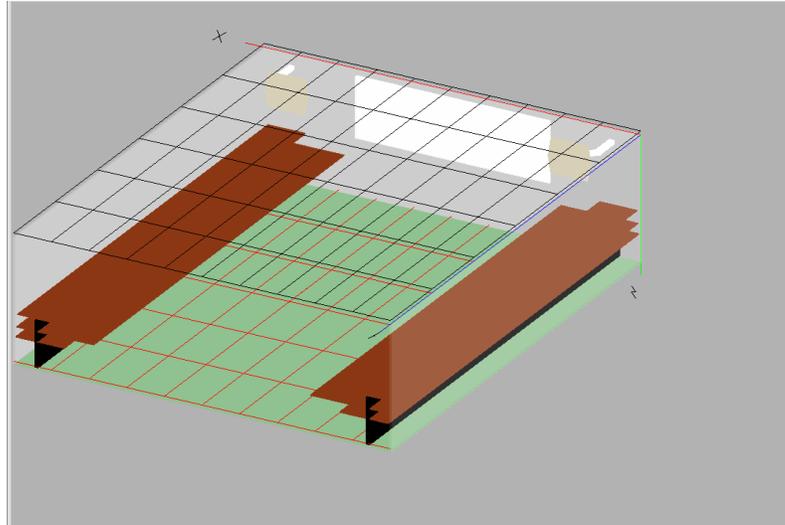


Figura 3.50 Desplazamiento en el eje X (flecha arriba, abajo).

Con las teclas de las flechas: derecha e izquierda permite desplazar en el eje Z como se muestra en la Figura 3.51

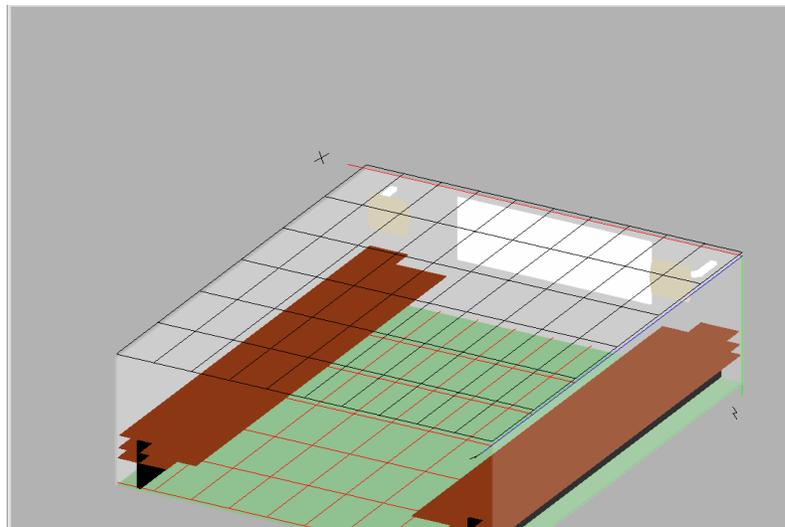


Figura 3.51 Desplazamiento en el eje Z (flecha derecha, izquierda).

Con la barra espaciadora virtualiza los objetos en la imagen como se muestran en la Figura 3.52

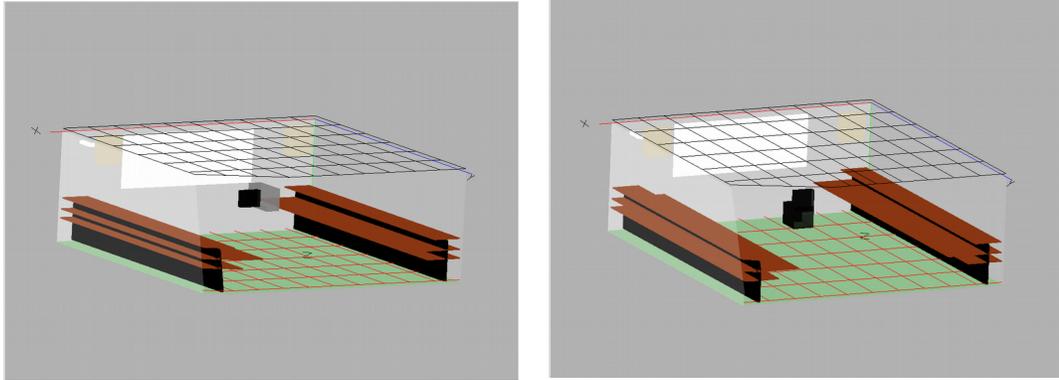


Figura 3.52 Virtualización de objetos (PC, Silla).

Limpiar base de datos

Esta opción elimina toda la información almacenada en las tablas de la base de datos por lo cual se muestra un mensaje de alerta como lo indica la Figura 3.53

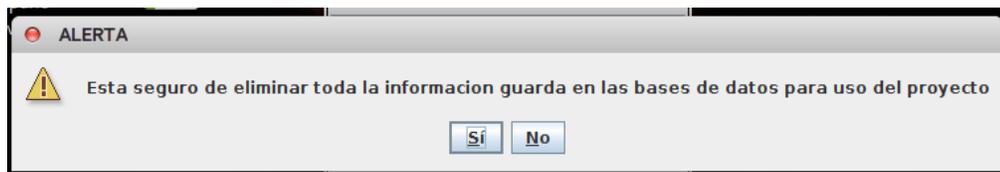


Figura 3.53 Mensaje de alerta antes de borrar las tablas de la BD.

En el caso de aceptar se presenta un mensaje de que lo datos han sido borrados como lo indica la Figura 3.54

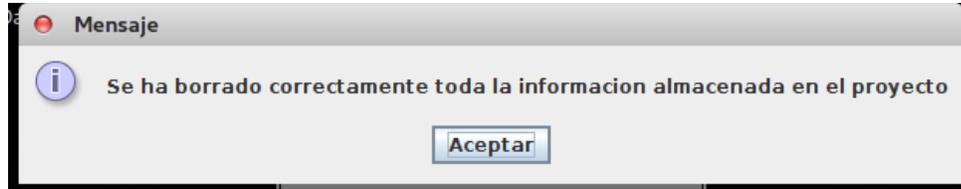


Figura 3.54 Mensaje de indicación de BD.

Salir

Esta opción cierra el programa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron con el estudio realizado se visualizan al ejecutar el *middleware* y estos son descritos en cada uno de los subprocesos del menú principal.

1. Carátula
2. Probar y configurar antenas y BD
3. Adquirir datos de las antenas
4. Editar datos adquiridos
5. Datos de RSSI
6. Asignar objetos a las antenas
7. Gráfico 3D
8. Limpiar bases de datos
9. Salir

4.1 Carátula

Únicamente muestra información relacionada con el tema y autor del proyecto.

4.2 Probar y configurar antenas y BD

Permite establecer si existe comunicación entre el lector RFID, la base de datos y el *software*. En caso de existir la misma se configuran los equipos y se crean las tablas que no existan para que todo funcione correctamente. En caso de que alguno de los pasos descritos anteriormente no se pueda ejecutar presenta los respectivos mensajes de error dependiendo del problema.

4.3 Adquirir datos de las antenas

Realiza toda la etapa de adquisición de RSSI que permite definir la ubicación por medio de un proceso de comparación. Guarda en la base de datos los valores de RSSI

correspondiente a la moda al adquirir 30 valores del mismo punto, de cada una de las posiciones X, Y y altura por cada una de las dos antenas en los 250 puntos de calibración, generando mensajes de alerta de posición cada vez que cambie los valores de X y Y y mostrando los valores guardados por cada punto. En esta etapa si se rompe la comunicación entre el lector y el *software*, automáticamente se realiza un proceso de conexión y se vuelve a adquirir la información y así guardar los datos de forma correcta. Si no se obtiene el valor de RSSI de alguna de las antenas en algún punto, guarda el valor de 0,0 y “No tag” como nombre de la etiqueta.

4.4 Editar datos adquiridos

Muestra la información guardada en la etapa anterior al igual que permite modificar los valores de RSSI y el nombre de cada una de las filas guardadas en caso de que se produjera algún error en la etapa 4.3. En el Anexo 1 se muestra una tabla con la información que se presenta en esta etapa en una de las pruebas realizadas.

4.5 Datos de RSSI

En esta etapa se puede seleccionar la etiqueta guardada en el proceso “Adquirir datos de las antenas” luego se visualizan los valores correspondientes. La representación gráfica de estos valores se obtiene en la matriz correspondiente, de ser necesario alguna modificación, se elige el proceso “Editar datos adquiridos”, en donde se visualiza los valores de RSSI y del rango con su respectivo color. Las coordenadas aparecen de color blanco, en la parte superior están colocados los valores de X, en la parte derecha los valores de Y. En la parte inferior se puede seleccionar la altura y la antena. En la parte superior se de la pantalla se observa el código de la etiqueta. En las Figuras de 4.1 a 4.10 que se muestran a continuación presentan gráficas de los valores RSSI con sus coordenadas, dependiendo de la altura y la antena con los datos descritos en el Anexo 1. En la Figura 4.1 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,0 y antena 0

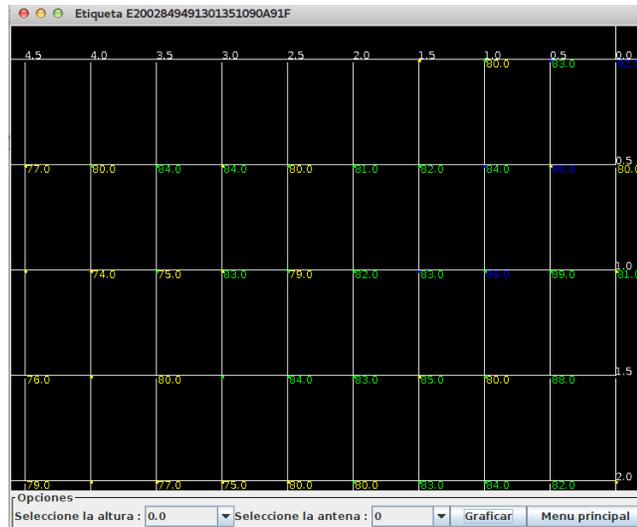


Figura 4.1 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 0.

En la Figura 4.2 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,5 y antena 0

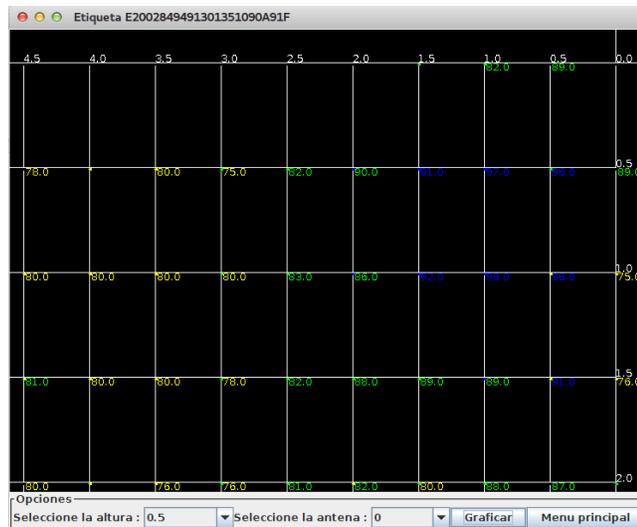


Figura 4.2 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 0.

En la Figura 4.3 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,0 y antena 0

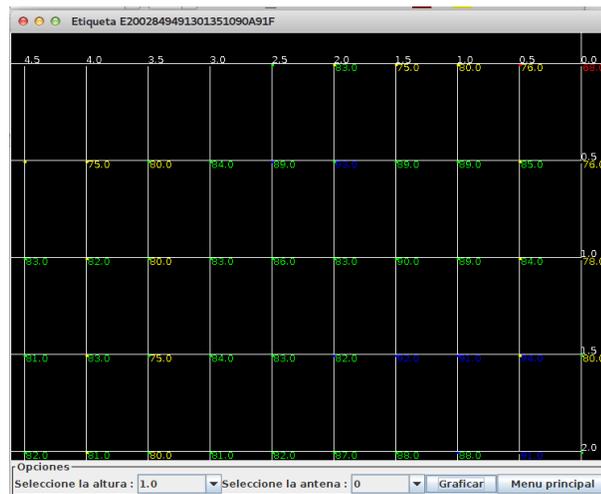


Figura 4.3 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 0.

En la Figura 4.4 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,5 y antena 0

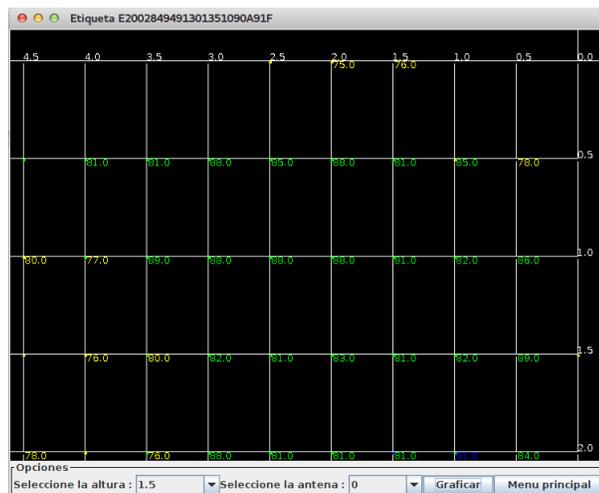


Figura 4.4 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 0.

En la Figura 4.5 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 2,0 y antena 0

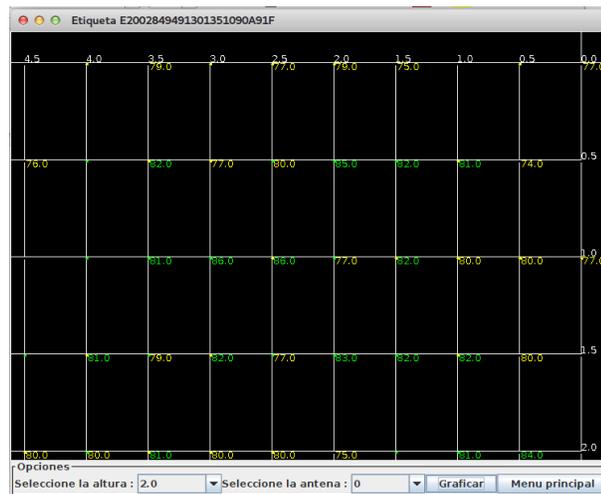


Figura 4.5 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 0.

En la Figura 4.6 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,0 y antena 1

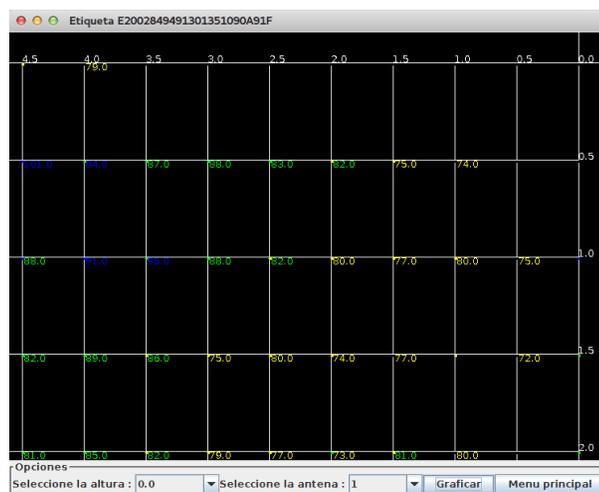


Figura 4.6 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 1.

En la Figura 4.7 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,5 y antena 1

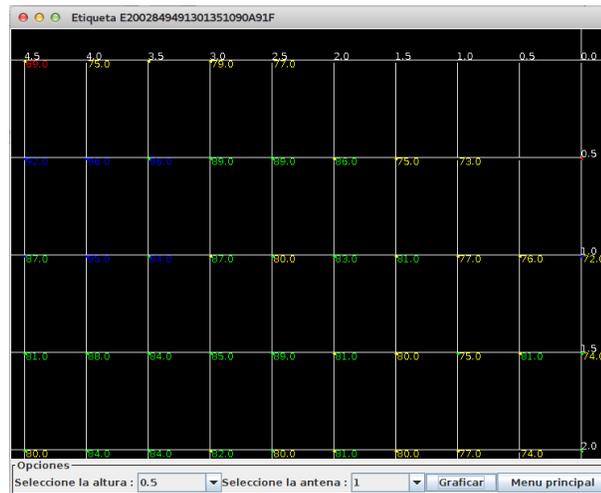


Figura 4.7 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 1.

En la Figura 4.8 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,0 y antena 1

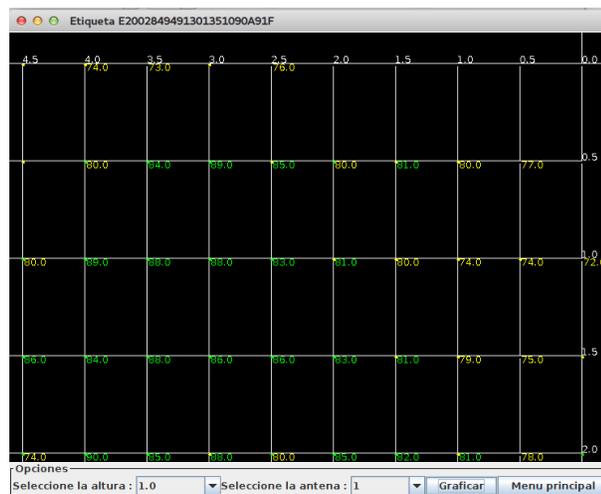


Figura 4.8 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 1.

En la Figura 4.9 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,5 y antena 1

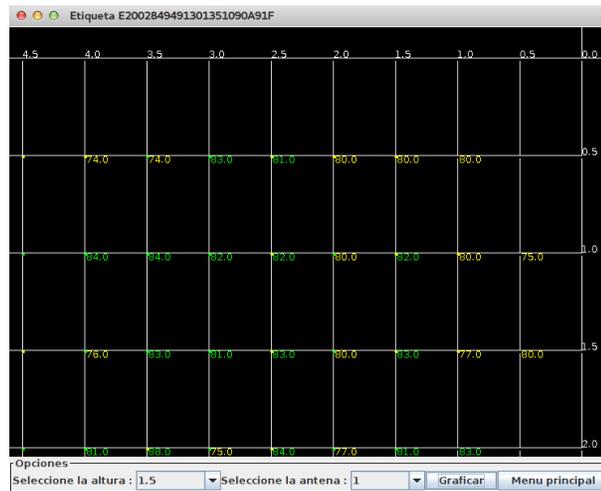


Figura 4.9 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 1.

En la Figura 4.10 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 2,0 y antena 1

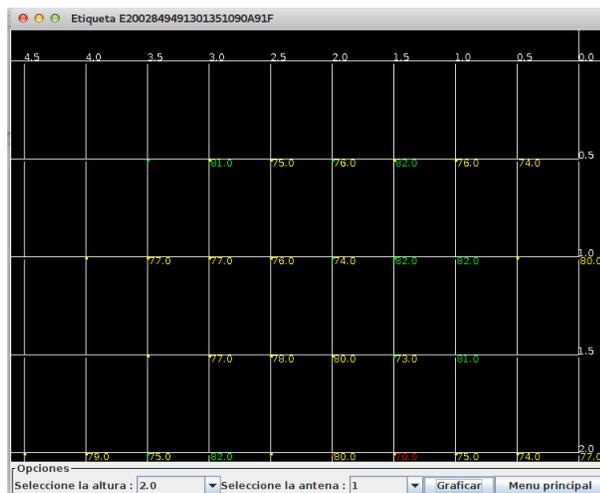


Figura 4.10 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 1.

Con los valores de RSSI, cada una las coordenadas y la ayuda de un programa de análisis matemático como SCILAB se puede representar la información de las Figuras 4.1 a 4.10 en forma 3D en diagramas de superficie como se muestran en las Figuras de la 4.11 a la 4.20. En la Figura 4.11 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,0 y antena 0

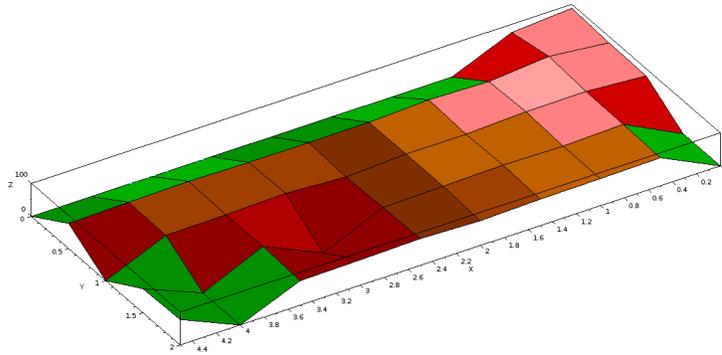


Figura 4.11 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 0.

En la Figura 4.12 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,5 y antena 0

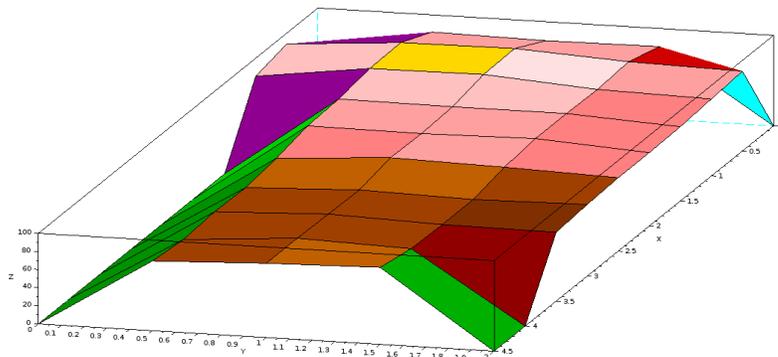


Figura 4.12 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 0.

En la Figura 4.13 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,0 y antena 0

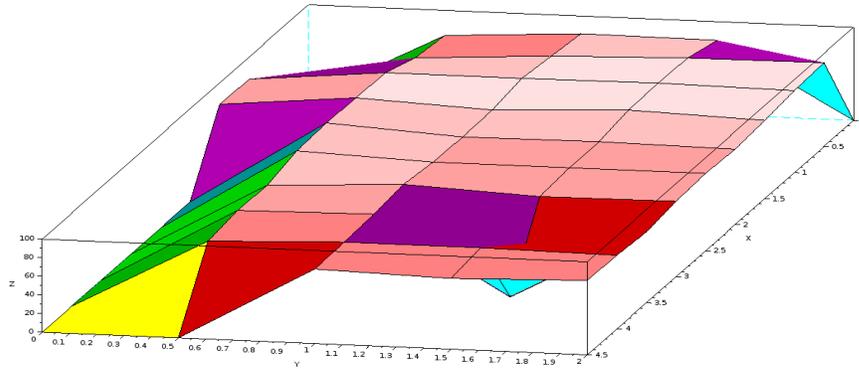


Figura 4.13 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 0.

En la Figura 4.14 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,5 y antena 0

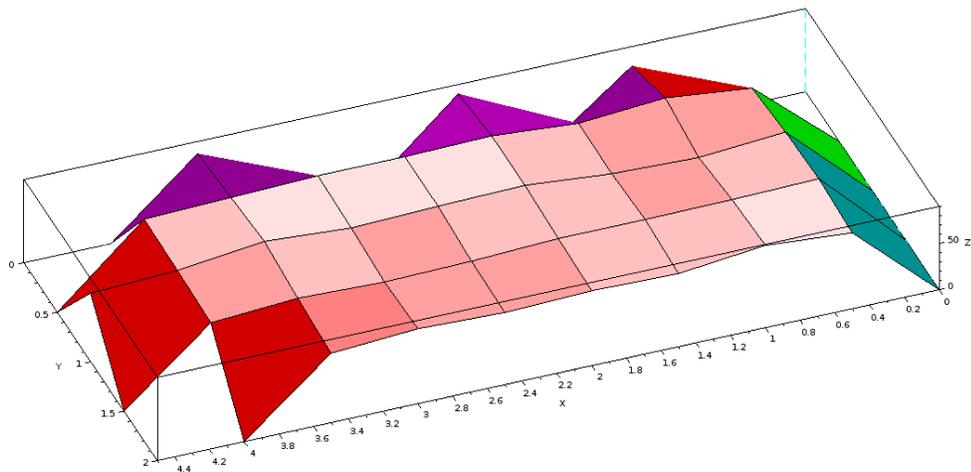


Figura 4.14 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 0.

En la Figura 4.15 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 2,0 y antena 0

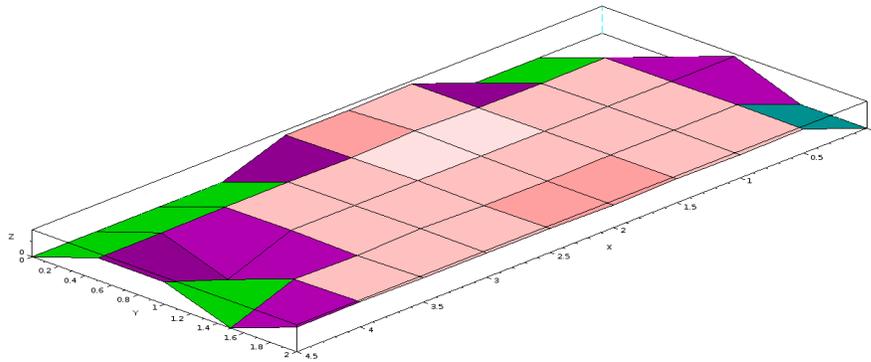


Figura 4.15 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 0.

En la Figura 4.16 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,0 y antena 1

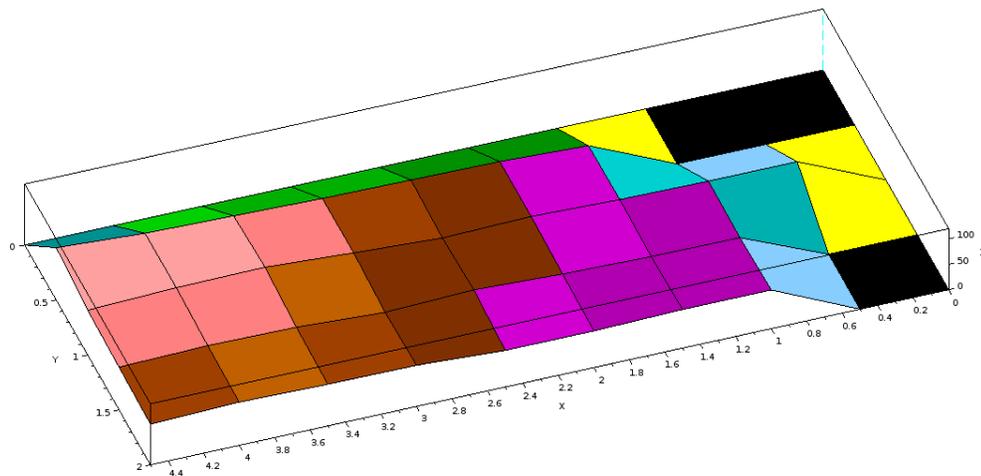


Figura 4.16 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,0 y antena 1.

En la Figura 4.17 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 0,5 y antena 1

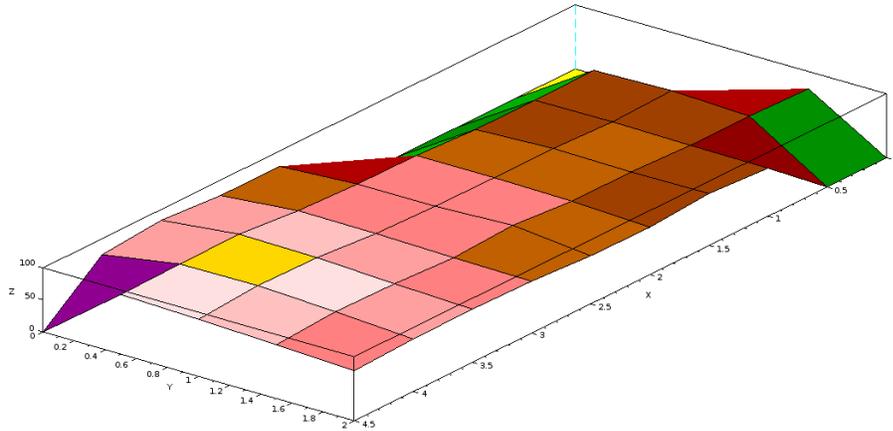


Figura 4.17 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 0,5 y antena 1.

En la Figura 4.18 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,0 y antena 1

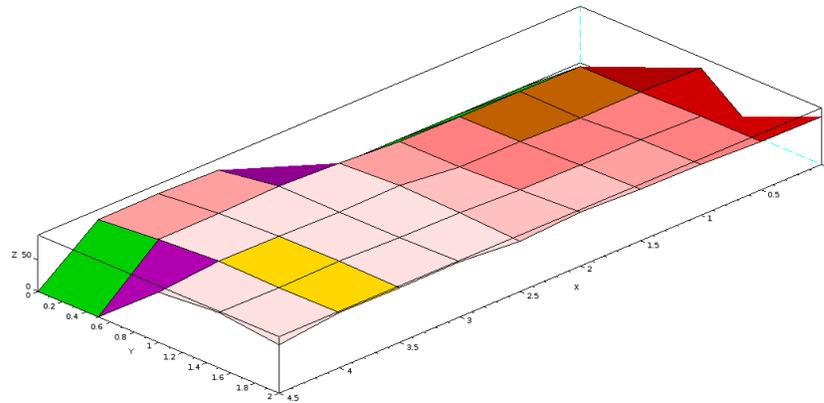


Figura 4.18 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,0 y antena 1.

En la Figura 4.19 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 1,5 y antena 1

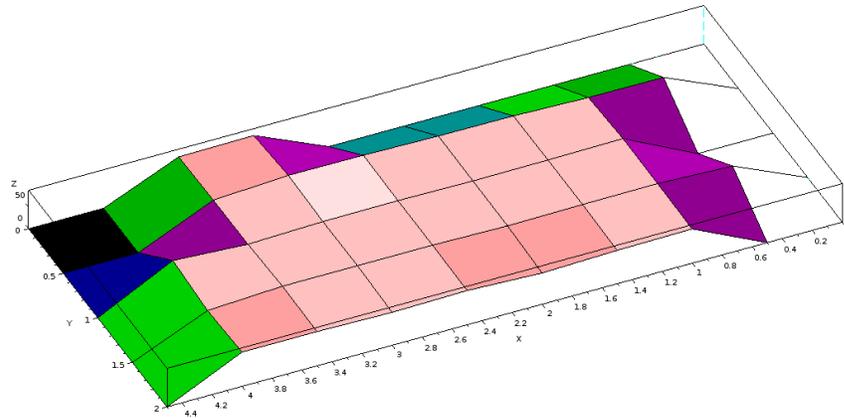


Figura 4.19 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 1,5 y antena 1.

En la Figura 4.20 se muestran los datos de RSSI de una etiqueta con altura 2,0 y antena 1

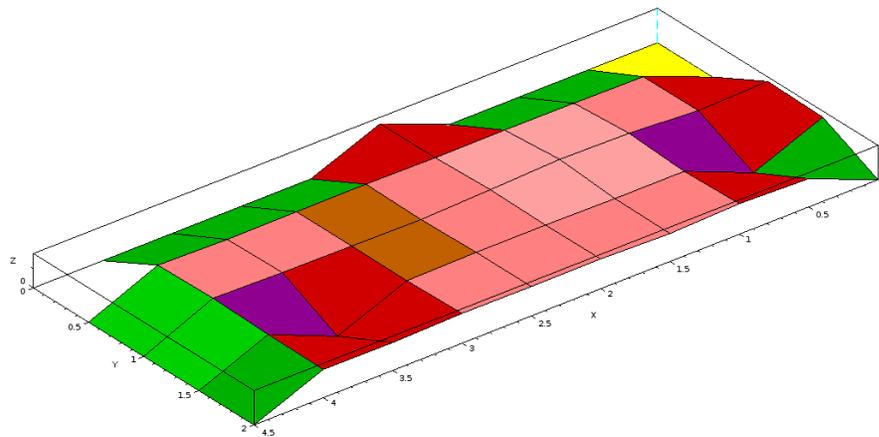


Figura 4.20 Datos de RSSI de la etiqueta E2002849491301351090A91F con altura 2,0 y antena 1.

4.6 Asignar objetos a las etiquetas

Para poder virtualizar cada uno de los objetos previamente se le debe asignar el dibujo correspondiente. En esta etapa se puede observar todas las etiquetas que se encuentran en el área de estudio, y los objetos diseñados en el *software*. A continuación se elige la etiqueta con la cual se quiere asociar cada objeto en la base de datos.

4.7 Gráfico 3D

Muestra una Virtualización del espacio de trabajo, haciendo posible la visualización de las mesas, las antenas, la pizarra, las paredes, el techo, el piso, los ejes (rojo eje X, azul eje Y y verde eje Z) y rejillas con los cortes de los ejes X y Y en cada 50 cm como se muestra en la Figura 4.21. teniendo en cuenta que en la esquina superior derecha es el punto de origen (0,0,0) y se encuentra en la parte de atrás de el lector.

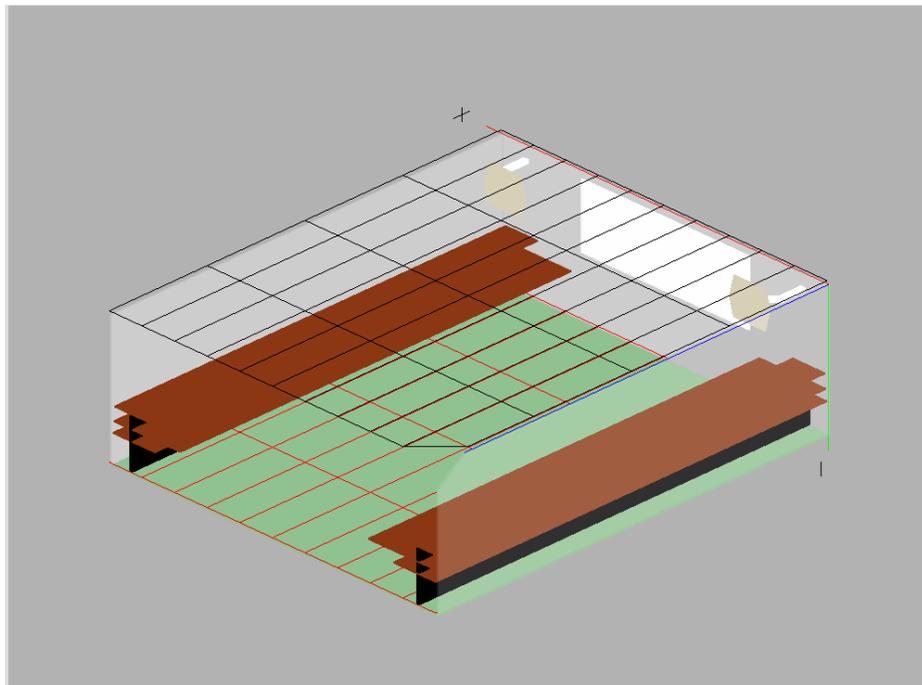


Figura 4.21 Virtualización del área de trabajo.

Al “adquirir” se ejecuta un proceso de obtención de los RSSI por cada antena para cada una de las etiqueta que se encuentra en el área de trabajo y después de hacer “click” en la imagen, se ejecuta un proceso de comparación y Virtualización de los objetos, se obtiene el gráfico correspondiente al objeto en los puntos correspondientes y habilita las opciones gráficas como se puede mostrar en la Figuras de la 4.22 a 4.29. En la Figura 4.22 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Y

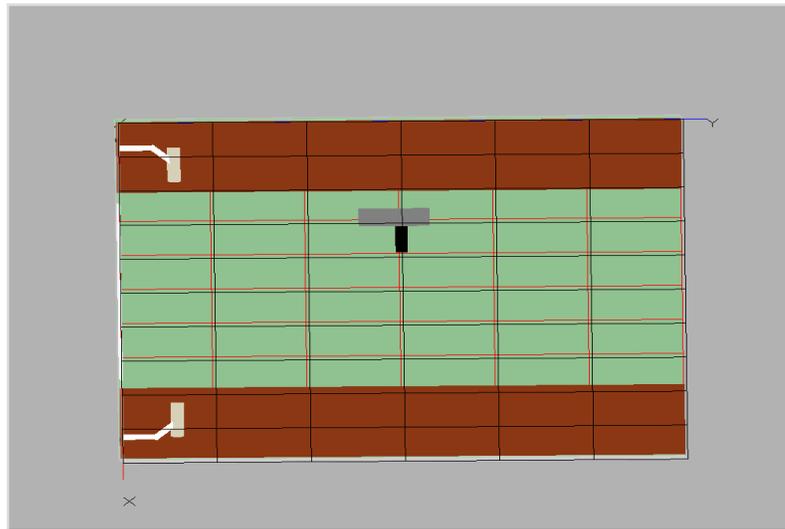


Figura 4.22 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (1,5-1-0,5) y la posición real (2-1,5-0,5) visto desde los ejes X y Y.

En la Figura 4.23 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Z

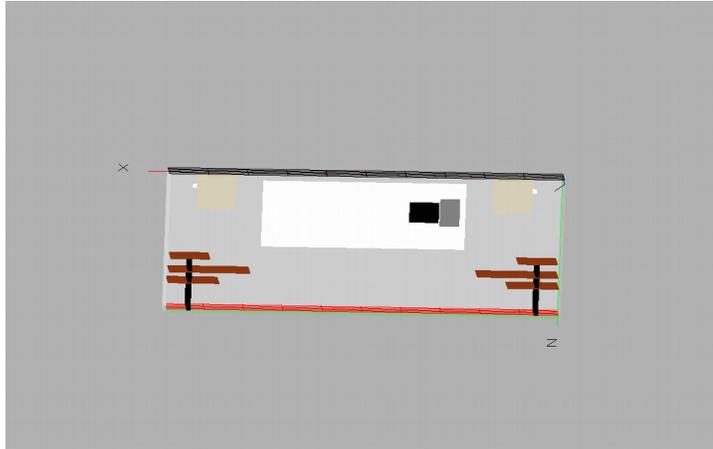


Figura 4.23 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (1,5-1-0,5) y la posición real (2-1,5-0,5) visto desde los ejes X y Z.

En la Figura 4.24 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Y

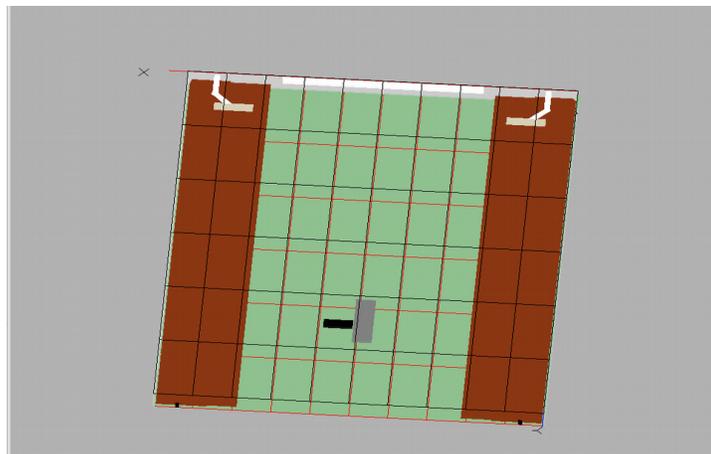


Figura 4.24 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (2,5-1,5-1) y la posición real (2-1-1) visto desde los ejes X y Y.

En la Figura 4.25 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Z

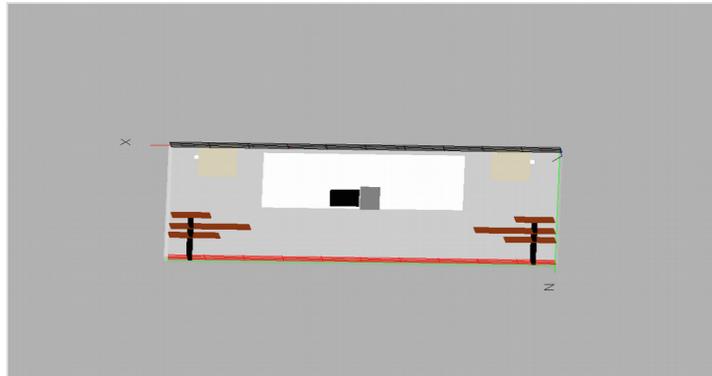


Figura 4.25 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (2,5-1,5-1) y la posición real (2-1-1) visto desde los ejes X y Z.

En la Figura 4.26 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Y

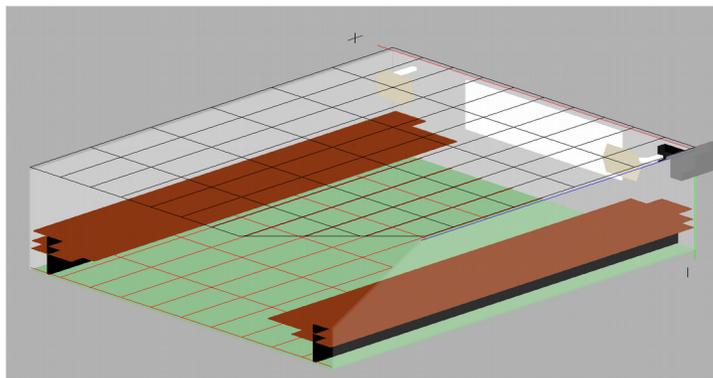


Figura 4.26 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (0-0-0) y la posición real (0-0-0) visto desde los ejes X y Y.

En la Figura 4.27 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto

desde el plano X, Z

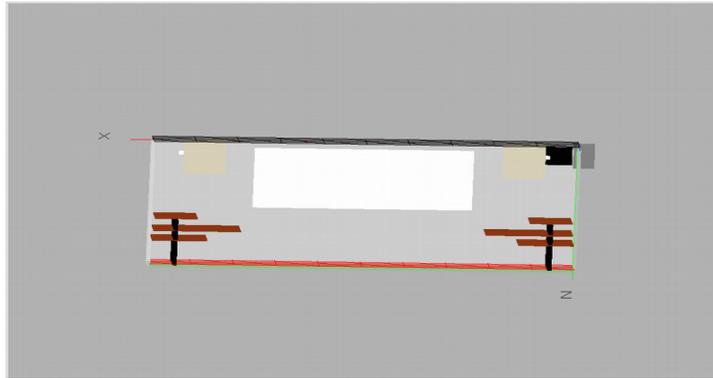


Figura 4.27 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (0-0-0) y la posición real (0-0-0) visto desde los ejes X y Z.

En la Figura 4.28 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Y

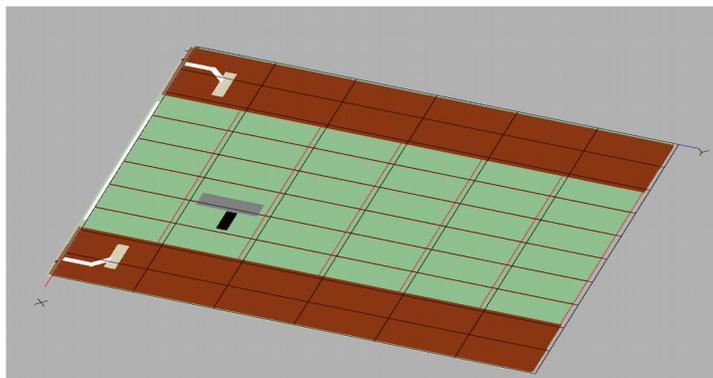


Figura 4.28 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (3-0,5-0,5) y la posición real (3,5-1,5-1) visto desde los ejes X y Y.

En la Figura 4.29 se muestran la virtualización de un objeto en un espacio 3D visto desde el plano X, Z

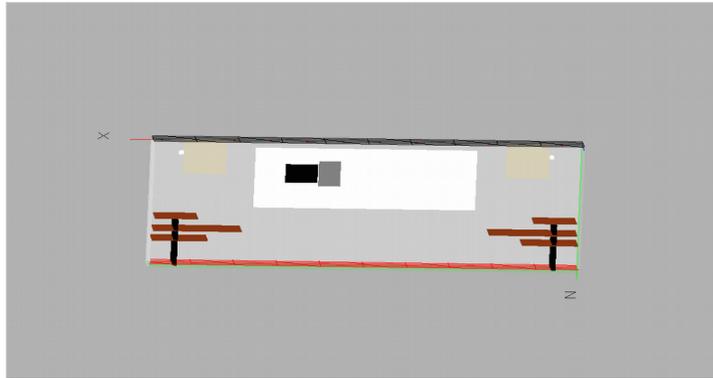


Figura 4.29 Virtualización del objeto PC en la posición virtual (3-0,5-0,5) y la posición real (3,5-1,5-1) visto desde los ejes X y Z.

En el Anexo 2 se presenta los valores correspondientes a las coordenadas reales y virtuales en una de las pruebas realizadas., con dichos datos se ha puede determinar el error entre las coordenadas reales y virtuales lo que permitió desglosar la información en tres grupos de análisis:

- Análisis con datos de una sola lectora. En este grupo se encuentra los datos que unicamente una de las dos lectora puedo detectar por su ubicación en el área de estudio, en la Figura 4.30 se puede observar la frecuencia con la que se repiten los errores entre las coordenadas del objeto de forma virtual y la ubicación real.



Figura 4.30 Frecuencia de error en datos adquiridos por 1 antena

Con el error de cada una de las mediciones realizadas se ha podido obtener la distribución acumulativa empírica del error lo que se observa en la Figura 4.31

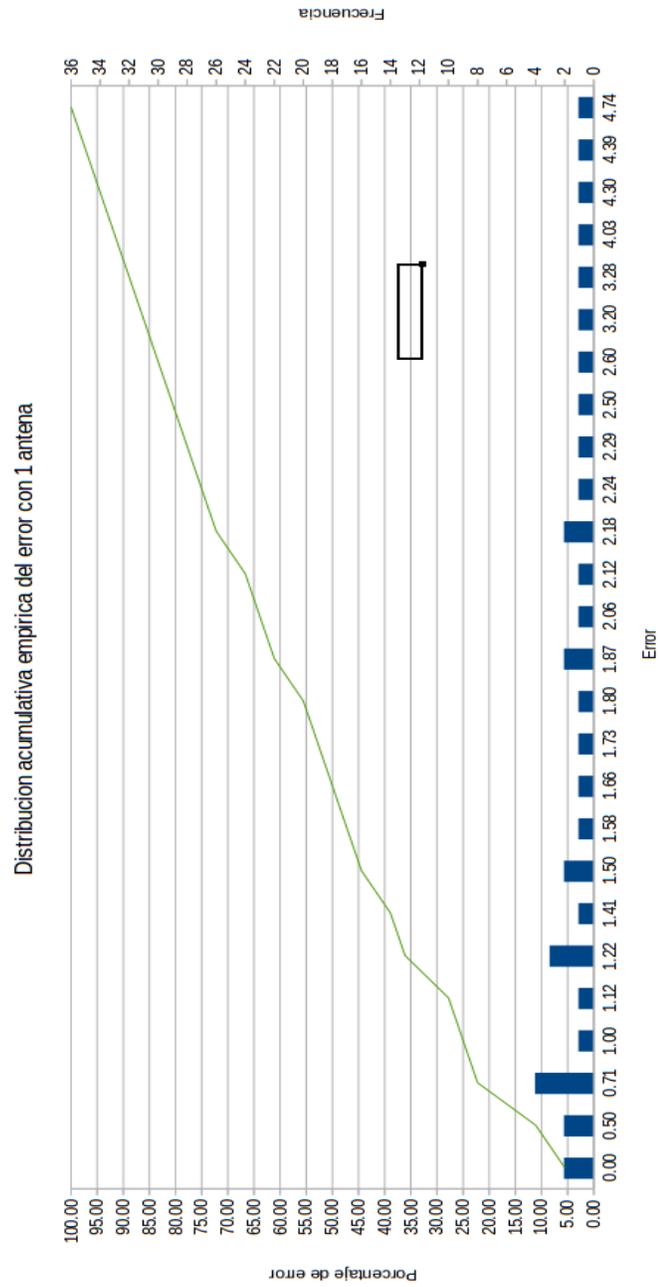


Figura 4.31 Distribución acumulada empírica del error con 1 antena.

De los 250 datos adquiridos 36 corresponden a las ubicaciones detectadas por una sola antena.

- Análisis con datos de las dos lectoras. En este grupo se encuentran los datos que las dos lectoras pudieron detectar por su ubicación en el área de estudio, en la Figura 4.32 se puede observar la frecuencia con la que se repiten los errores entre las coordenadas del objeto de forma virtual y la ubicación real.

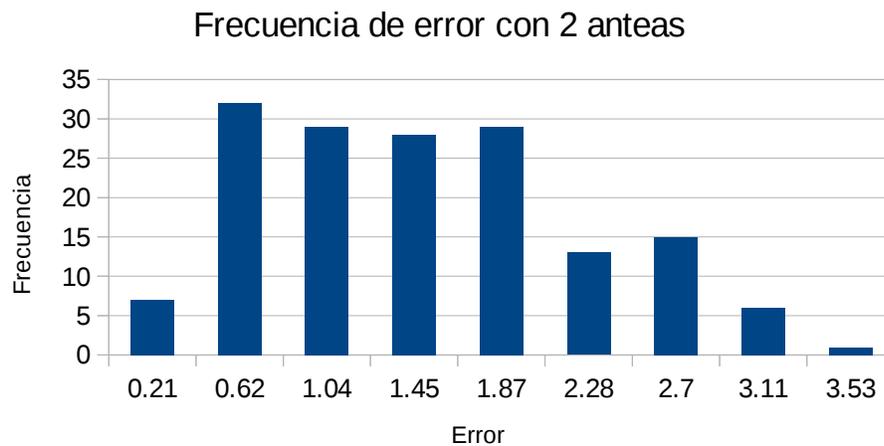


Figura 4.32 Frecuencia de error en datos adquiridos por 2 antenas.

Con el error de cada una de las mediciones realizadas se ha podido obtener la distribución acumulativa empírica del error, lo que se observa en la Figura 4.33

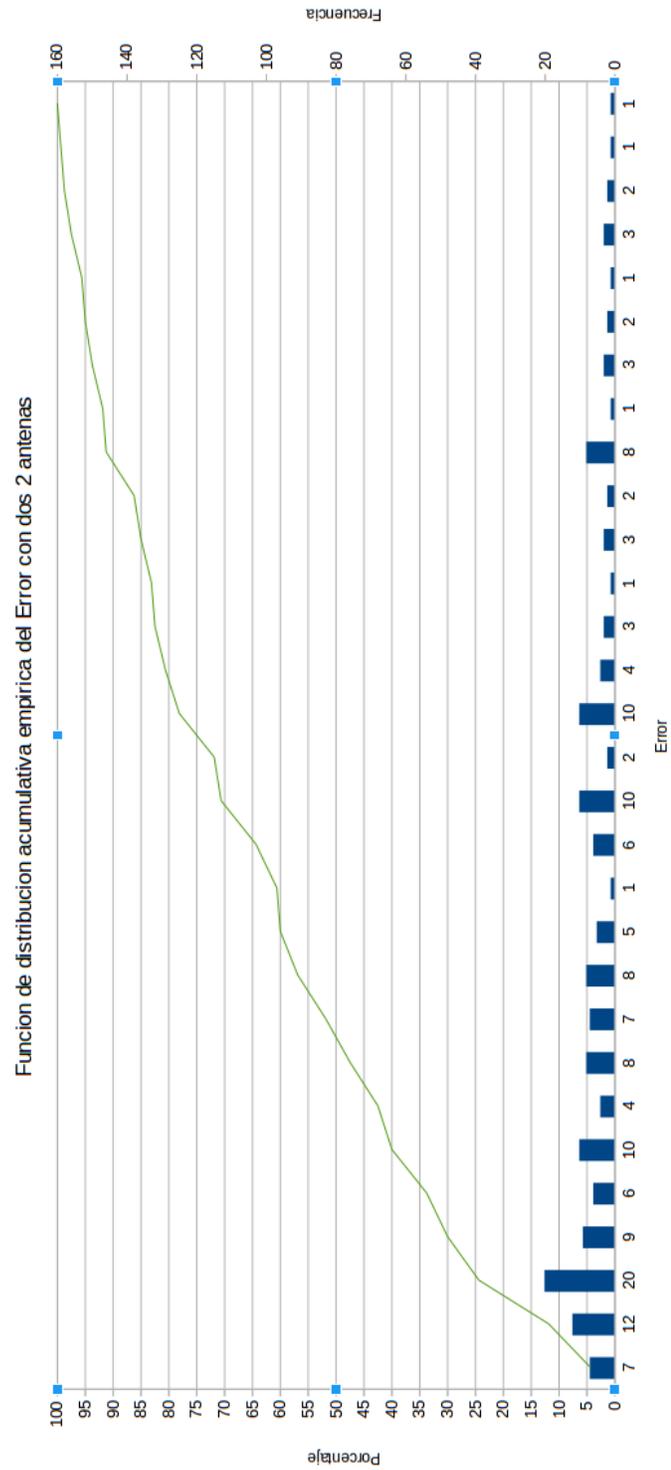


Figura 4.33 Distribución acumulada empírica del error con 2 antenas.

De los 250 datos adquiridos 160 corresponden a las ubicaciones detectadas por las dos antenas.

- Análisis con datos no detectados por ninguna lectora. En este grupo se encuentran los datos en los que ninguna de las dos lectoras pudieron detectar por su ubicación en el área de estudio, por lo tanto no se puede determinar una ubicación ni error y corresponden a 54 de los 250 puntos de ubicación.

Con la información de todos los datos de los que se puede medir el error se ha podido obtener la distribución acumulativa empírica del proyecto en una de sus pruebas como lo muestra la Figura 4.34

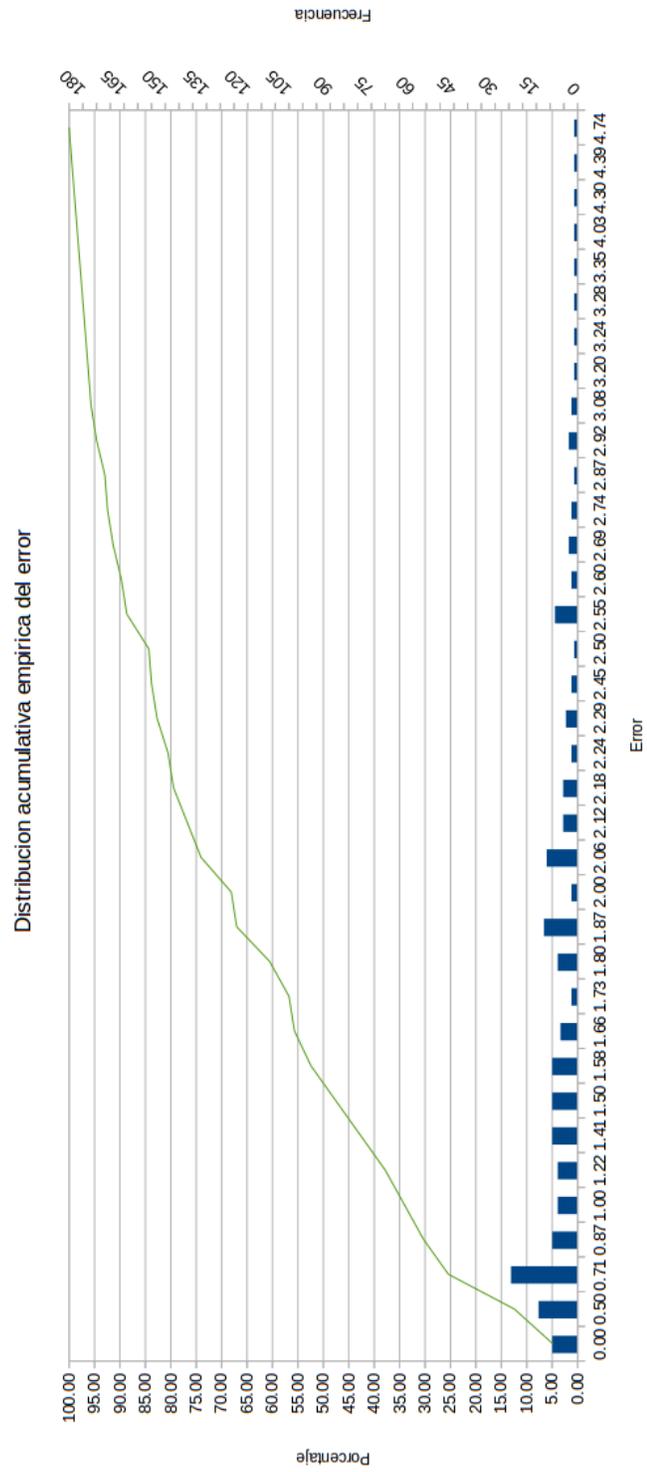


Figura 4.34 Distribución acumulada empírica del proyecto.

4.8 Limpiar base de datos

Elimina toda la información almacenada para el funcionamiento del *middleware*. Para utilizar nuevamente el programa se debe realizar todas las etapas desde “Probar y configurar antenas y BD”.

4.9 Salir

Sale del programa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En este proyecto se realiza el estudio y análisis de la información que se obtiene de los equipos RFID como una aplicación que permita visualizar objetos en un espacio tridimensional por medio de la utilización de los valores de RSSI que obtiene cada antena de radio frecuencia a fin de resolver problemas de ubicación.
- Este proyecto permite virtualizar la ubicación de un objeto con RFID a través de la elección de un lenguaje de programación que fue JAVA con el que se desarrollo un programa que permite que elementos físicos como lector, antenas, etiquetas RFID y un computador trabajen como un solo sistema.
- El proyecto ubica un objeto en el espacio con RFID al elegir una metodología de ubicación que funcione con información que establece referencias que permite obtener una ubicación certera.
- Para el eficaz desarrollo de este proyecto se debe considerar que la parte de mayor cuidado es la correcta definición de los datos de RSSI de cada ubicación en la etapa de calibración para que en la fase de adquisición se obtenga una correcto ubicación del objeto.

El objetivo específico de este proyecto es:

Diseñar una aplicación virtual en 3D para la ubicación de una etiqueta asociada a un objeto con el uso de Identificadores de radio frecuencia.

Para lo cual:

- Se estudió el funcionamiento de los equipos RFID con sus múltiples aplicaciones, para lo que se utilizo diversas fuentes de información y luego de una forma específica se estudia cada uno de los equipos utilizados para el

desarrollo del proyecto en donde fue importante la información específica proporcionada por el proveedor.

- Es importante también el estudio de los diversos métodos de localización *IN DOOR* para analizar el más adecuado y el que mejor se adapte con la información que se puede obtener de los equipos y las etiquetas utilizadas.
- Se contó con el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad de Azuay como el espacio físico más adecuado para el desarrollo del proyecto, ya que en el se instalaron las antenas y el lector y se disponía de un área de trabajo confortable.
- Una vez instalados los equipos se realizaron las pruebas de adquisición de datos a fin de permitir por medio de un análisis el determinar si información es útil y generar el diseño inicial para el desarrollo del *middleware* del proyecto.
- Con la disponibilidad de información adquirida a travez de las pruebas se puedo establecer el método lo más adecuado para determinar la ubicación de las etiquetas RFID.
- Finalmente se desarrollo un *middleware* con el cual los datos obtenidos en las etapas anteriores permitan virtualizar objetos asociados a etiquetas en un espacio físico definido en tres dimensiones.

El proyecto logro cumplir con el objetivo planteado que fue la virtualización de objetos. Con los resultados obtenidos se ha establecido que existe un rango de variación de la ubicación del objeto en los puntos en los que las dos antenas tienen lectura de las etiquetas como se pudo observar en la Figura 4.33 ya que se dispone de mayor cantidad de datos para comparar. En los puntos en los que una sola antena ubica a la etiqueta el rango de error se puede observar en la Figura 4.31 es mayor al no existir otra referencia de comparación puede presentarse lecturas que no correspondan a la ubicación exacta del objeto debido a que existen varios puntos con datos repetidos para el área de trabajo. En los espacios que no sean detectadas las etiquetas por ninguna antena no se puede virtualizar el objeto. En la Figura 4.34 se puede observar el valor del error con referencia

al 100% de los datos tomados en una de las pruebas realizadas.

Recomendaciones:

1. Conocer bien el funcionamiento de los equipos en especial en lo relacionado a *software* ya que de esto depende toda la información con la que se trabaja.
2. Conocer bien el lenguaje de programación con el que se planea trabajar y si es compatible con el *software* de los equipos RFID.
3. Establecer una correcta metodología de ubicación.
4. Establecer un proceso correcto de adquisición de datos ya que estos pueden variar.
5. Tener claro cómo se va a virtualizar la información.
6. Con un mayor número de antenas se puede abarcar mayor espacio de trabajo y con mayor precisión.

BIBLIOGRAFÍA

Corrales Ana, Salichs Miguel, Aplicación de los Sistema RFID en el Robot Maggie, (2011) España: Universidad Carlos III de Madrid

EFID controls, “RFID para Control de Acceso”, [online], (s.f) Disponible en: <http://www.rfidcontrols.com/rfidcontrols/index.php/sample-sites/accesos.html>

Astlik, “Control de Activos Fijos e Inventarios”, [online], (s.f) Disponible en: <http://www.astlix.com/>

WANG, Ching-Sheng; WU, Shyh-Shyan. An adaptive RFID localization mechanism supporting 3D virtual tour system. En Ubi-Media Computing, 2008 First IEEE International Conference on. IEEE, 2008. p. 219-224

M&M Alta seguridad, España: Tecnología RFID la solución de control de inventarios, gestión y antirrobo para comercios, tiendas y PYMES en Madrid, [online] (s.f) Disponible en: <http://www.mmaltaseguridad.es/sistemas-rfid-comercio-madrid.html>

Acosta H. Giovanni, Cacerea Ch. Juan, Morales H. Rigoberto, Quintanilla P. Ricardo, Sistema de Identificación y Posicionamiento Local por Radio Frecuencia (RFID), El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA, (2009)

Subrata Goswami, Indoor Location Technologies, Springer Science+Business Media New York 2013

Palacios A. Jessica, Rodas Lema Paul, Desarrollo de Interfaces para equipos de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), aplicado al control de ingresos de estudiantes a los laboratorios. Ecuador : (2012)

Infomax, Electronic Product Code – EPC, [online] (s.f) Disponible en: http://www.infomax-usa.com/Tech%20Support/Tech%20Notes/electronic_product_code.htm

A.Corrales, R. Rivas, “Sistema de identificación de objetos mediante RFID para un robot personal”. [online] España: Roboticslab Universidad Carlos III de Madrid. (s.f); Disponible en: <http://roboticslab.uc3m.es/publications/1952-RFIDSkill.pdf>

netbrain,[online], España: (s. f.) [online] Disponible en: <http://www.netbrain.es/tecnologia-nfc/>

Redecon, (s.f.) [online] Disponible en: <http://redecon-sa.com/equiposcaptura/motorola/suministro1.html>

Kimaldi, (s.f.) [online] Disponible en: http://www.kimaldi.com/productos/sistemas_rfid/lector_de_tarjetas_rfid_y_tags_125_khz/lectores_y_grabadores_rfid_125_khz/lector_proximidad_kimaldi_rd125k

Yuresky, “Guía de la tecnología RFID para Usuarios”,[online], (2009) Disponible en: <http://www.tagingenieros.com/?q=node/35>

Martinez Hector, Parámetros fundamentales en Antenas, Venezuela [online], (2013), Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos98/parametros-fundamentales-antenas/parametros-fundamentales-antenas.shtml>

A. Cardama, "Notas de antenas", ETSETB, Universidad Politécnica de Cataluña, [online] (1992), Disponible en: <http://www.qsl.net/ea3du/2004/01/Antenas.html>.

Alien Technology, [online], Disponible en: <http://www.alientechnology.com/>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de datos adquiridos en el proceso de “Adquirir datos de las antenas”

Etiqueta	Antena	RSSI	X	Y	Altura
E2002849491301351090A91F	0	92.0	0.0	0.0	0.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	0.0
No tag	0	0.0	0.0	0.0	0.5
No tag	1	0.0	0.0	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	68.0	0.0	0.0	1.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	1.0
No tag	0	0.0	0.0	0.0	1.5
No tag	1	0.0	0.0	0.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	0.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	0.0	0.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	0.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	0.5	0.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	0.5	0.0	0.5
No tag	1	0.0	0.5	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	76.0	0.5	0.0	1.0
No tag	1	0.0	0.5	0.0	1.0
No tag	0	0.0	0.5	0.0	1.5
No tag	1	0.0	0.5	0.0	1.5
No tag	0	0.0	0.5	0.0	2.0
No tag	1	0.0	0.5	0.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	1.0	0.0	0.0
No tag	1	0.0	1.0	0.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.0	0.0	0.5
No tag	1	0.0	1.0	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	1.0	0.0	1.0

No tag	1	0.0	1.0	0.0	1.0
No tag	0	0.0	1.0	0.0	1.5
No tag	1	0.0	1.0	0.0	1.5
No tag	0	0.0	1.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	1.0	0.0	2.0
No tag	0	0.0	1.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	1.5	0.0	0.0
No tag	0	0.0	1.5	0.0	0.5
No tag	1	0.0	1.5	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	75.0	1.5	0.0	1.0
No tag	1	0.0	1.5	0.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	1.5	0.0	1.5
No tag	1	0.0	1.5	0.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	75.0	1.5	0.0	2.0
No tag	1	0.0	1.5	0.0	2.0
No tag	0	0.0	2.0	0.0	0.0
No tag	1	0.0	2.0	0.0	0.0
No tag	0	0.0	2.0	0.0	0.5
No tag	1	0.0	2.0	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.0	0.0	1.0
No tag	1	0.0	2.0	0.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	75.0	2.0	0.0	1.5
No tag	1	0.0	2.0	0.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	79.0	2.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	2.0	0.0	2.0
No tag	0	0.0	2.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	2.5	0.0	0.0
No tag	0	0.0	2.5	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	77.0	2.5	0.0	0.5
No tag	0	0.0	2.5	0.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	76.0	2.5	0.0	1.0

No tag	0	0.0	2.5	0.0	1.5
No tag	1	0.0	2.5	0.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	2.5	0.0	2.0
No tag	1	0.0	2.5	0.0	2.0
No tag	0	0.0	3.0	0.0	0.0
No tag	1	0.0	3.0	0.0	0.0
No tag	0	0.0	3.0	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	79.0	3.0	0.0	0.5
No tag	0	0.0	3.0	0.0	1.0
No tag	1	0.0	3.0	0.0	1.0
No tag	0	0.0	3.0	0.0	1.5
No tag	1	0.0	3.0	0.0	1.5
No tag	0	0.0	3.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	3.0	0.0	2.0
No tag	0	0.0	3.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	3.5	0.0	0.0
No tag	0	0.0	3.5	0.0	0.5
No tag	1	0.0	3.5	0.0	0.5
No tag	0	0.0	3.5	0.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	73.0	3.5	0.0	1.0
No tag	0	0.0	3.5	0.0	1.5
No tag	1	0.0	3.5	0.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	79.0	3.5	0.0	2.0
No tag	1	0.0	3.5	0.0	2.0
No tag	0	0.0	4.0	0.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	79.0	4.0	0.0	0.0
No tag	0	0.0	4.0	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	75.0	4.0	0.0	0.5
No tag	0	0.0	4.0	0.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	4.0	0.0	1.0
No tag	0	0.0	4.0	0.0	1.5

No tag	1	0.0	4.0	0.0	1.5
No tag	0	0.0	4.0	0.0	2.0
No tag	1	0.0	4.0	0.0	2.0
No tag	0	0.0	4.5	0.0	0.0
No tag	1	0.0	4.5	0.0	0.0
No tag	0	0.0	4.5	0.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	69.0	4.5	0.0	0.5
No tag	0	0.0	4.5	0.0	1.0
No tag	1	0.0	4.5	0.0	1.0
No tag	0	0.0	4.5	0.0	1.5
No tag	1	0.0	4.5	0.0	1.5
No tag	0	0.0	4.5	0.0	2.0
No tag	1	0.0	4.5	0.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	0.0	0.5	0.0
No tag	1	0.0	0.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	0.0	0.5	0.5
No tag	1	0.0	0.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	76.0	0.0	0.5	1.0
No tag	1	0.0	0.0	0.5	1.0
No tag	0	0.0	0.0	0.5	1.5
No tag	1	0.0	0.0	0.5	1.5
No tag	0	0.0	0.0	0.5	2.0
No tag	1	0.0	0.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	98.0	0.5	0.5	0.0
No tag	1	0.0	0.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	96.0	0.5	0.5	0.5
No tag	1	0.0	0.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	85.0	0.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	0.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	78.0	0.5	0.5	1.5
No tag	1	0.0	0.5	0.5	1.5

E2002849491301351090A91F	0	74.0	0.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	0.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	1.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	1.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	97.0	1.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	73.0	1.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	89.0	1.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	85.0	1.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	76.0	1.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	1.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	91.0	1.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	75.0	1.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	89.0	1.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	1.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	2.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	2.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	90.0	2.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	86.0	2.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	93.0	2.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	2.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	85.0	2.0	0.5	2.0

E2002849491301351090A91F	1	76.0	2.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	2.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	83.0	2.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	89.0	2.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	89.0	2.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	85.0	2.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	85.0	2.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	2.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	2.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	2.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	3.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	75.0	3.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	89.0	3.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	84.0	3.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	89.0	3.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	3.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	3.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	3.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	3.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	3.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	87.0	3.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	96.0	3.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	84.0	3.5	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	3.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	74.0	3.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	3.5	0.5	2.0

No tag	1	0.0	3.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.0	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	94.0	4.0	0.5	0.0
No tag	0	0.0	4.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	96.0	4.0	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	75.0	4.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	4.0	0.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	4.0	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	74.0	4.0	0.5	1.5
No tag	0	0.0	4.0	0.5	2.0
No tag	1	0.0	4.0	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	77.0	4.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	101.0	4.5	0.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	78.0	4.5	0.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	92.0	4.5	0.5	0.5
No tag	0	0.0	4.5	0.5	1.0
No tag	1	0.0	4.5	0.5	1.0
No tag	0	0.0	4.5	0.5	1.5
No tag	1	0.0	4.5	0.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	76.0	4.5	0.5	2.0
No tag	1	0.0	4.5	0.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	0.0	1.0	0.0
No tag	1	0.0	0.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	75.0	0.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	72.0	0.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	78.0	0.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	72.0	0.0	1.0	1.0
No tag	0	0.0	0.0	1.0	1.5
No tag	1	0.0	0.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	0.0	1.0	2.0
No tag	0	0.0	0.0	1.0	2.0

E2002849491301351090A91F	1	80.0	0.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	0.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	0.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	96.0	0.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	76.0	0.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	84.0	0.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	0.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	86.0	0.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	75.0	0.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	0.5	1.0	2.0
No tag	1	0.0	0.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	96.0	1.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	96.0	1.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	77.0	1.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	89.0	1.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	1.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	1.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	1.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	1.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	1.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	92.0	1.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	90.0	1.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	82.0	1.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	1.5	1.0	2.0

E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	86.0	2.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	2.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	2.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	2.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	2.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	2.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	79.0	2.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	2.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	86.0	2.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	83.0	2.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	2.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	82.0	2.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	86.0	2.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	76.0	2.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	3.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	87.0	3.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	3.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	3.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	82.0	3.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	86.0	3.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	3.0	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	75.0	3.5	1.0	0.0

E2002849491301351090A91F	1	95.0	3.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	94.0	3.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	3.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	84.0	3.5	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	3.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	3.5	1.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	74.0	4.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	91.0	4.0	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	95.0	4.0	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	4.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	89.0	4.0	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	77.0	4.0	1.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	84.0	4.0	1.0	1.5
No tag	0	0.0	4.0	1.0	2.0
No tag	1	0.0	4.0	1.0	2.0
No tag	0	0.0	4.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	4.5	1.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	87.0	4.5	1.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	4.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	4.5	1.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.5	1.0	1.5
No tag	1	0.0	4.5	1.0	1.5
No tag	0	0.0	4.5	1.0	2.0
No tag	1	0.0	4.5	1.0	2.0
No tag	0	0.0	0.0	1.5	0.0
No tag	1	0.0	0.0	1.5	0.0

E2002849491301351090A91F	0	76.0	0.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	74.0	0.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	0.0	1.5	1.0
No tag	1	0.0	0.0	1.5	1.0
No tag	0	0.0	0.0	1.5	1.5
No tag	1	0.0	0.0	1.5	1.5
No tag	0	0.0	0.0	1.5	2.0
No tag	1	0.0	0.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	86.0	0.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	0.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	72.0	0.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	91.0	0.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	0.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	94.0	0.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	0.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	0.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	0.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	0.5	1.5	2.0
No tag	1	0.0	0.5	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	1.0	1.5	0.0
No tag	1	0.0	1.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	89.0	1.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	75.0	1.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	91.0	1.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	79.0	1.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	77.0	1.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	85.0	1.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	1.5	1.5	0.0

E2002849491301351090A91F	0	89.0	1.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	92.0	1.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	1.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	1.5	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	73.0	1.5	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	2.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	2.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	2.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	83.0	2.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	2.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	89.0	2.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	2.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	86.0	2.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	2.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	2.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	77.0	2.5	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	78.0	2.5	1.5	2.0
No tag	0	0.0	3.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	3.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	78.0	3.0	1.5	0.5

E2002849491301351090A91F	1	85.0	3.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	84.0	3.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	86.0	3.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	3.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	3.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	3.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	3.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	86.0	3.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	84.0	3.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	75.0	3.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	3.5	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	79.0	3.5	1.5	2.0
No tag	1	0.0	3.5	1.5	2.0
No tag	0	0.0	4.0	1.5	0.0
No tag	0	0.0	4.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	89.0	4.0	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	1	88.0	4.0	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	83.0	4.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	84.0	4.0	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	4.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	1	76.0	4.0	1.5	1.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	4.0	1.5	2.0
No tag	1	0.0	4.0	1.5	2.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	4.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	4.5	1.5	0.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	4.5	1.5	0.5

E2002849491301351090A91F	1	81.0	4.5	1.5	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	4.5	1.5	1.0
E2002849491301351090A91F	1	86.0	4.5	1.5	1.0
No tag	0	0.0	4.5	1.5	1.5
No tag	1	0.0	4.5	1.5	1.5
No tag	0	0.0	4.5	1.5	2.0
No tag	1	0.0	4.5	1.5	2.0
No tag	0	0.0	0.0	2.0	0.0
No tag	1	0.0	0.0	2.0	0.0
No tag	0	0.0	0.0	2.0	0.5
No tag	1	0.0	0.0	2.0	0.5
No tag	0	0.0	0.0	2.0	1.0
No tag	0	0.0	0.0	2.0	1.0
No tag	1	0.0	0.0	2.0	1.0
No tag	0	0.0	0.0	2.0	1.5
No tag	1	0.0	0.0	2.0	1.5
No tag	0	0.0	0.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	0.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	0.5	2.0	0.0
No tag	1	0.0	0.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	87.0	0.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	74.0	0.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	91.0	0.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	78.0	0.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	0.5	2.0	1.5
No tag	1	0.0	0.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	84.0	0.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	74.0	0.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	84.0	1.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.0	2.0	0.0

E2002849491301351090A91F	0	88.0	1.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	77.0	1.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	88.0	1.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	91.0	1.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	83.0	1.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	1.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	83.0	1.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	1.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	1.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	88.0	1.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	1.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	1.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	1.5	2.0	1.5
No tag	0	0.0	1.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	70.0	1.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	2.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	73.0	2.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	2.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	87.0	2.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	85.0	2.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	2.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	77.0	2.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	75.0	2.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	2.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	77.0	2.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	2.5	2.0	0.5

E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	2.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	80.0	2.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	2.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	84.0	2.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	2.5	2.0	2.0
No tag	1	0.0	2.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	75.0	3.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	79.0	3.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	3.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	82.0	3.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	3.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	88.0	3.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	75.0	3.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	3.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	77.0	3.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	82.0	3.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	3.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	84.0	3.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	3.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	85.0	3.5	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	76.0	3.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	88.0	3.5	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	81.0	3.5	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	75.0	3.5	2.0	2.0
No tag	0	0.0	4.0	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	85.0	4.0	2.0	0.0
No tag	0	0.0	4.0	2.0	0.5

E2002849491301351090A91F	1	84.0	4.0	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	0	81.0	4.0	2.0	1.0
E2002849491301351090A91F	1	90.0	4.0	2.0	1.0
No tag	0	0.0	4.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	1	81.0	4.0	2.0	1.5
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	1	79.0	4.0	2.0	2.0
E2002849491301351090A91F	0	79.0	4.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	1	81.0	4.5	2.0	0.0
E2002849491301351090A91F	0	80.0	4.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	1	80.0	4.5	2.0	0.5
E2002849491301351090A91F	0	82.0	4.5	2.0	1.0

Anexo 2: Tabla de análisis de resultados

Calibración				Virtualización				
Antena	X	Y	Z	Antena	X	Y	Z	Error
0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.00
no	0.0	0.0	0.5					
no	0.0	0.0	1.0					
no	0.0	0.0	1.5					
no	0.0	0.0	2.0					
0	0.5	0.0	0.0	0	0.0	1.0	0.0	1.12
0	0.5	0.0	0.5	0	0.5	0.0	0.5	0.00
no	0.5	0.0	1.0					
no	0.5	0.0	1.5					
no	0.5	0.0	2.0					
no	1.0	0.0	0.0					
0	1.0	0.0	0.5	0	0.5	1.0	1.5	1.50
0	1.0	0.0	1.0	0	0.5	1.5	2.0	1.87
0	1.0	0.0	1.5	no				1.80
no	1.0	0.0	2.0					
no	1.5	0.0	0.0					1.50
no	1.5	0.0	0.5					1.58
0	1.5	0.0	1.0	0	1.0	0.0	0.5	0.71
no	1.5	0.0	1.5					
0	1.5	0.0	2.0	no				2.50
no	2.0	0.0	0.0					
no	2.0	0.0	0.5					
no	2.0	0.0	1.0					
0	2.0	0.0	1.5	2	0.5	1.0	1.0	1.87
2	2.0	0.0	2.0	0	1.0	0.0	0.5	1.80
no	2.5	0.0	0.0					
1	2.5	0.0	0.5	2	3.0	2.0	1.5	2.29

no	2.5	0.0	1.0					
no	2.5	0.0	1.5					
0	2.5	0.0	2.0	no				3.20
no	3.0	0.0	0.0					
1	3.0	0.0	0.5	1	4.5	2.0	0.5	2.50
1	3.0	0.0	1.0	1	2.5	0.0	0.5	0.71
1	3.0	0.0	1.5	1	3.5	0.0	1.0	0.71
no	3.0	0.0	2.0					
no	3.5	0.0	0.0					
1	3.5	0.0	0.5	1	3.0	1.5	0.0	1.66
1	3.5	0.0	1.0	no				3.64
2	3.5	0.0	1.5	1	3.0	1.5	0.0	2.18
no	3.5	0.0	2.0					
no	4.0	0.0	0.0					
1	4.0	0.0	0.5	1	4.0	2.0	1.5	2.24
1	4.0	0.0	1.0	1	4.5	2.0	0.5	2.12
no	4.0	0.0	1.5					
no	4.0	0.0	2.0					
no	4.5	0.0	0.0					
no	4.5	0.0	0.5					
no	4.5	0.0	1.0					
no	4.5	0.0	1.5					
no	4.5	0.0	2.0					
0	0.0	0.5	0.0	0	1.0	0.0	0.5	1.22
0	0.0	0.5	0.5	0	0.5	1.5	0.0	1.22
0	0.0	0.5	1.0	no				1.12
no	0.0	0.5	1.5					
no	0.0	0.5	2.0					
0	0.5	0.5	0.0	2	0.0	0.0	0.0	0.71
2	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.0	0.50
2	0.5	0.5	1.0	2	2.0	2.0	0.5	2.18

2	0.5	0.5	1.5	0	1.0	0.0	0.5	1.22
2	0.5	0.5	2.0	2	1.0	1.5	2.0	1.12
0	1.0	0.5	0.0	2	1.0	1.0	0.0	0.50
2	1.0	0.5	0.5	2	1.0	0.5	0.5	0.00
2	1.0	0.5	1.0	2	0.5	1.5	1.0	1.12
2	1.0	0.5	1.5	2	2.0	2.0	0.5	2.06
2	1.0	0.5	2.0	2	1.5	0.5	2.0	0.50
2	1.5	0.5	0.0	1	0.5	1.0	1.5	1.87
2	1.5	0.5	0.5	2	1.5	1.5	0.5	1.00
2	1.5	0.5	1.0	2	2.5	0.5	1.0	1.00
2	1.5	0.5	1.5	2	1.5	1.0	1.5	0.50
2	1.5	0.5	2.0	2	3.5	0.5	1.5	2.06
2	2.0	0.5	0.0	2	2.0	0.5	1.5	1.50
2	2.0	0.5	0.5	2	2.5	0.5	1.0	0.71
2	2.0	0.5	1.0	2	1.5	1.5	0.5	1.22
2	2.0	0.5	1.5	2	0.5	1.5	1.0	1.87
2	2.0	0.5	2.0	2	3.0	1.5	2.0	1.41
2	2.5	0.5	0.0	2	1.0	1.0	1.5	2.18
2	2.5	0.5	0.5	2	2.5	1.0	1.0	0.71
2	2.5	0.5	1.0	2	2.5	1.0	0.5	0.71
2	2.5	0.5	1.5	2	3.0	1.0	0.0	1.66
2	2.5	0.5	2.0	2	0.0	1.0	1.0	2.74
2	3.0	0.5	0.0	2	1.5	1.0	2.0	2.55
2	3.0	0.5	0.5	2	4.5	1.5	1.0	1.87
2	3.0	0.5	1.0	2	3.0	1.0	0.0	1.12
2	3.0	0.5	1.5	2	3.0	1.0	1.0	0.71
2	3.0	0.5	2.0	2	2.0	1.5	2.0	1.41
2	3.5	0.5	0.0	2	2.5	1.5	0.5	1.50
2	3.5	0.5	0.5	1	no			
2	3.5	0.5	1.0	2	2.5	1.5	1.5	1.50
2	3.5	0.5	1.5	2	2.0	0.5	2.0	1.58

2	3.5	0.5	2.0	2	0.5	2.0	2.0	3.35
2	4.0	0.5	0.0	2	4.0	0.5	0.0	0.00
2	4.0	0.5	0.5	2	3.5	1.0	0.0	0.87
2	4.0	0.5	1.0	2	2.5	1.5	1.5	1.87
0	4.0	0.5	1.5	0	1.5	0.0	2.0	2.60
2	4.0	0.5	2.0	2	2.0	1.5	2.0	2.24
2	4.5	0.5	0.0	2	4.5	0.5	0.0	0.00
2	4.5	0.5	0.5	2	3.0	1.0	0.5	1.58
no	4.5	0.5	1.0					
no	4.5	0.5	1.5					
0	4.5	0.5	2.0	1	1.5	0.0	1.0	3.20
0	0.0	1.0	0.0	no				
0	0.0	1.0	0.5	0	1.0	0.0	0.5	1.41
2	0.0	1.0	1.0	0	0.0	1.0	0.0	1.00
no	0.0	1.0	1.5					
2	0.0	1.0	2.0	1	4.0	2.0	0.5	4.39
2	0.5	1.0	0.0	0	0.5	1.5	0.0	0.50
2	0.5	1.0	0.5	2	1.0	0.5	0.5	0.71
2	0.5	1.0	1.0	2	3.5	0.5	1.5	3.08
0	0.5	1.0	1.5	2	1.0	1.0	0.0	1.58
2	0.5	1.0	2.0	0	1.5	0.0	1.0	1.73
2	1.0	1.0	0.0	2	0.5	1.0	0.0	0.50
2	1.0	1.0	0.5	2	1.0	0.5	0.5	0.50
2	1.0	1.0	1.0	2	1.0	1.5	0.5	0.71
2	1.0	1.0	1.5	2	2.5	0.5	0.0	2.18
2	1.0	1.0	2.0	2	2.5	1.5	1.0	1.87
2	1.5	1.0	0.0	2	0.5	1.0	1.0	1.41
2	1.5	1.0	0.5	2	2.0	0.5	0.5	0.71
2	1.5	1.0	1.0	2	1.0	1.5	0.5	0.87
2	1.5	1.0	1.5	2	2.5	1.5	1.5	1.12
2	1.5	1.0	2.0	2	2.5	1.0	1.0	1.41

2	2.0	1.0	0.0	2	3.0	2.0	0.0	1.41
2	2.0	1.0	0.5	2	2.0	1.0	0.5	0.00
2	2.0	1.0	1.0	2	1.5	1.5	1.5	0.87
2	2.0	1.0	1.5	2	1.0	1.0	0.0	1.80
2	2.0	1.0	2.0	2	2.0	0.0	2.0	1.00
2	2.5	1.0	0.0	2	2.0	0.5	0.0	0.71
2	2.5	1.0	0.5	2	3.5	1.5	1.5	1.50
2	2.5	1.0	1.0	2	2.0	1.0	1.5	0.71
2	2.5	1.0	1.5	2	3.0	1.0	0.0	1.58
2	2.5	1.0	2.0	2	3.0	1.0	1.5	0.71
2	3.0	1.0	0.0	2	3.0	1.0	0.5	0.50
2	3.0	1.0	0.5	2	3.5	0.5	0.0	0.87
2	3.0	1.0	1.0	2	3.5	0.5	0.0	1.22
2	3.0	1.0	1.5	2	2.0	1.0	1.5	1.00
2	3.0	1.0	2.0	2	2.0	1.0	0.5	1.80
2	3.5	1.0	0.0	2	3.5	1.0	0.5	0.50
2	3.5	1.0	0.5	2	4.0	1.0	1.0	0.71
2	3.5	1.0	1.0	2	3.5	1.5	0.5	0.71
2	3.5	1.0	1.5	2	2.0	0.5	1.5	1.58
2	3.5	1.0	2.0	2	2.5	2.0	0.5	2.06
2	4.0	1.0	0.0	2	4.0	0.5	0.0	0.50
2	4.0	1.0	0.5	2	4.0	1.0	0.5	0.00
2	4.0	1.0	1.0	2	4.0	1.5	0.5	0.71
1	4.0	1.0	1.5	2	1.5	0.5	1.5	2.55
2	4.0	1.0	2.0	no				
1	4.5	1.0	0.0	1	3.5	1.5	1.0	1.50
2	4.5	1.0	0.5	2	3.0	0.5	0.5	1.58
2	4.5	1.0	1.0	2	2.5	0.5	0.0	2.29
0	4.5	1.0	1.5	0	0.0	1.0	0.0	4.74
0	4.5	1.0	2.0	no				
no	0.0	1.5	0.0					

2	0.0	1.5	0.5	2	2.0	1.0	2.0	2.55
0	0.0	1.5	1.0	2	1.0	0.0	0.5	1.87
no	0.0	1.5	1.5	1	3.0	0.0	1.5	
1	0.0	1.5	2.0	no				
0	0.5	1.5	0.0	0	0.5	0.0	0.5	1.58
2	0.5	1.5	0.5	2	1.0	0.5	1.5	1.50
2	0.5	1.5	1.0	2	1.0	0.5	0.5	1.22
2	0.5	1.5	1.5	2	1.5	0.5	0.0	2.06
0	0.5	1.5	2.0	0	1.0	0.0	0.5	2.18
2	1.0	1.5	0.0	2	2.0	0.0	2.0	2.69
2	1.0	1.5	0.5	2	1.5	1.5	0.5	0.50
2	1.0	1.5	1.0	2	2.0	0.5	1.5	1.50
2	1.0	1.5	1.5	2	0.5	1.5	2.0	0.71
2	1.0	1.5	2.0	2	2.0	0.5	0.0	2.45
2	1.5	1.5	0.0	2	4.0	2.0	2.0	3.24
2	1.5	1.5	0.5	2	1.0	0.5	1.0	1.22
2	1.5	1.5	1.0	2	2.0	1.0	1.5	0.87
2	1.5	1.5	1.5	2	3.0	1.0	1.5	1.58
2	1.5	1.5	2.0	2	1.0	1.5	2.0	0.50
2	2.0	1.5	0.0	2	2.5	2.0	2.0	2.12
2	2.0	1.5	0.5	2	2.0	1.0	1.5	1.12
2	2.0	1.5	1.0	2	4.5	1.5	0.5	2.55
2	2.0	1.5	1.5	2	2.5	2.0	1.0	0.87
2	2.0	1.5	2.0	2	0.5	0.0	0.0	2.92
2	2.5	1.5	0.0	2	1.0	1.5	1.5	2.12
2	2.5	1.5	0.5	2	2.5	1.0	1.0	0.71
2	2.5	1.5	1.0	2	3.5	1.5	0.0	1.41
2	2.5	1.5	1.5	2	1.5	0.5	1.5	1.41
2	2.5	1.5	2.0	2	2.0	2.0	0.5	1.66
1	3.0	1.5	0.0	2	4.0	2.0	1.5	1.87
2	3.0	1.5	0.5	2	0.5	1.5	2.0	2.92

2	3.0	1.5	1.0	2	3.5	1.5	0.0	1.12
2	3.0	1.5	1.5	2	1.0	1.0	1.5	2.06
2	3.0	1.5	2.0	2	1.5	1.0	0.0	2.55
2	3.5	1.5	0.0	2	3.0	0.5	0.0	1.12
2	3.5	1.5	0.5	2	3.0	2.0	1.0	0.87
1	3.5	1.5	1.0	2	4.0	1.0	1.0	0.71
2	3.5	1.5	1.5	2	1.5	1.0	1.5	2.06
0	3.5	1.5	2.0	0	1.0	0.0	0.5	3.28
1	4.0	1.5	0.0	1	4.5	1.0	0.0	0.71
2	4.0	1.5	0.5	2	4.0	1.0	1.0	0.71
2	4.0	1.5	1.0	2	1.5	2.0	0.5	2.60
2	4.0	1.5	1.5	2	1.5	1.0	1.5	2.55
2	4.0	1.5	2.0	2	2.5	2.0	0.0	2.55
2	4.5	1.5	0.0	2	3.0	1.5	0.5	1.58
2	4.5	1.5	0.5	2	2.0	0.5	0.0	2.74
2	4.5	1.5	1.0	2	3.5	0.5	1.0	1.41
no	4.5	1.5	1.5					
no	4.5	1.5	2.0					
no	0.0	2.0	0.0					
no	0.0	2.0	0.5					
1	0.0	2.0	1.0	1	3.5	0.0	1.0	4.03
no	0.0	2.0	1.5					
no	0.0	2.0	2.0					
0	0.5	2.0	0.0	0	0.5	1.5	2.0	2.06
0	0.5	2.0	0.5	2	1.0	0.5	1.5	1.87
2	0.5	2.0	1.0	2	2.0	0.5	1.0	2.12
0	0.5	2.0	1.5	2	1.5	0.5	2.0	1.87
2	0.5	2.0	2.0	0	0.0	1.0	0.0	2.29
2	1.0	2.0	0.0	2	1.0	1.5	0.0	0.50
2	1.0	2.0	0.5	2	2.0	0.5	1.5	2.06
2	1.0	2.0	1.0	2	1.5	1.5	0.5	0.87

2	1.0	2.0	1.5	2	2.0	0.5	1.5	1.80
2	1.0	2.0	2.0	2	1.0	2.0	2.0	0.00
2	1.5	2.0	0.0	2	1.5	1.0	0.0	1.00
2	1.5	2.0	0.5	2	2.0	0.5	0.0	1.66
2	1.5	2.0	1.0	2	2.5	0.5	1.0	1.80
2	1.5	2.0	1.5	2	1.5	1.5	1.5	0.50
2	1.5	2.0	2.0	2	4.0	1.5	2.0	2.55
2	2.0	2.0	0.0	2	0.5	1.0	2.0	2.69
2	2.0	2.0	0.5	2	2.0	1.5	1.5	1.12
2	2.0	2.0	1.0	2	3.0	1.0	0.0	1.73
2	2.0	2.0	1.5	2	2.0	0.5	0.0	2.12
2	2.0	2.0	2.0	2	2.0	1.0	2.0	1.00
2	2.5	2.0	0.0	2	2.0	2.0	2.0	2.06
2	2.5	2.0	0.5	2	0.5	0.5	1.5	2.69
2	2.5	2.0	1.0	2	2.0	0.5	1.5	1.66
2	2.5	2.0	1.5	2	2.5	1.5	1.0	0.71
2	2.5	2.0	2.0	2	0.5	2.0	2.0	2.00
2	3.0	2.0	0.0	2	2.0	1.0	2.0	2.45
2	3.0	2.0	0.5	2	1.5	1.0	1.5	2.06
2	3.0	2.0	1.0	2	1.0	1.0	1.5	2.29
2	3.0	2.0	1.5	2	2.0	0.5	1.5	1.80
2	3.0	2.0	2.0	2	4.0	2.0	0.5	1.80
2	3.5	2.0	0.0	2	1.0	1.0	1.5	3.08
2	3.5	2.0	0.5	2	2.5	0.5	0.0	1.87
2	3.5	2.0	1.0	2	3.5	0.0	0.5	2.06
2	3.5	2.0	1.5	2	4.0	0.5	1.0	1.66
2	3.5	2.0	2.0	2	3.0	1.5	2.0	0.71
1	4.0	2.0	0.0	2	4.0	2.0	0.0	0.00
1	4.0	2.0	0.5	2	4.5	1.5	0.0	0.87
2	4.0	2.0	1.0	2	1.5	1.0	2.0	2.87
1	4.0	2.0	1.5	2	4.0	2.0	0.0	1.50

2	4.0	2.0	2.0	2	3.0	1.5	2.0	1.12
2	4.5	2.0	0.0	2	2.0	0.5	0.0	2.92
1	4.5	2.0	0.5	2	2.5	2.0	0.5	2.00
2	4.5	2.0	1.0	2	3.5	2.0	1.5	1.12
no	4.5	2.0	1.5					
0	4.5	2.0	2.0	0	1.0	0.0	0.5	4.30