UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero de Sistemas

PROYECTO TÉCNICO:

"DISEÑO, LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE 4 MÓDULOS DE SOPORTE TECNOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA EL INSTITUTO DE PARÁLISIS CEREBRAL DEL AZUAY (IPCA)."

AUTORES:

JONNATHAN FERNANDO GUAICHA SOLÓRZANO

FABIAN EDUARDO SUCONOTA CHIMBO

TUTOR:

ING. VLADIMIR ESPARTACO ROBLES BYKBAEV

CUENCA - ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano con documento de identificación N° 0104047873 y Fabian Eduardo Suconota Chimbo con documento de identificación N° 0105195259, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de titulación: **"DISEÑO, LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE 4 MÓDULOS DE SOPORTE TECNOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA EL INSTITUTO DE PARÁLISIS CEREBRAL DEL AZUAY (IPCA).",** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero de Sistemas*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores, nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio del 2019

Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano.
C.I. 0104047873

Fabian Eduardo Suconota Chimbo.
C.I. 0105195259

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **"DISEÑO, LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE 4 MÓDULOS DE SOPORTE TECNOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA EL INSTITUTO DE PARÁLISIS CEREBRAL DEL AZUAY (IPCA).",** realizado por Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano y Eduardo Fabian Suconota Chimbo, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio del 2019

Ing. Vladimir Espartaco Robles Bykbaev.

C.I. 030099181-7

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano con documento de identificación N° 0104047873 y Eduardo Fabian Suconota Chimbo con documento de identificación N° 0105195259, autores del trabajo de titulación: **"DISEÑO, LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE 4 MÓDULOS DE SOPORTE TECNOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SALA DE ESTIMULACIÓN DE SENSOPERCEPCIONES PARA EL INSTITUTO DE PARÁLISIS CEREBRAL DEL AZUAY (IPCA).",** certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, junio del 2019

Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano.
C.I. 0104047873

Fabian Eduardo Suconota Chimbo.
C.I. 0105195259

AGRADECIMIENTOS.

Queremos hacer extensivo nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, gestores del presente proyecto técnico, a los docentes de la carrera de Ingeniería de sistemas que de una u otra forma aportaron con nuestra formación académica universitaria, también al Dr. Hernán Tenorio que nos abrió las puertas del IPCA para que el proyecto se lleve a cabo.

A nuestros compañeros y amigos de vida universitaria, por haber compartido las experiencias y aprendizajes vividos, en especial a nuestro compañero Carlos Contreras, quien nos brindó su apoyo en distintas fases del desarrollo del proyecto.

A los integrantes del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia (GIIATA) de la Universidad Politécnica Salesiana, a la catedra de la Unesco y al Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), por brindarnos todo el respaldo solicitado.

Finalmente expresamos nuestros sinceros agradecimientos a nuestro tutor el Ing. Vladimir Robles, quien ha sido el pilar fundamental en todo el proceso de aprendizaje y desarrollo del proyecto, es importante destacar que desde el día en el que nos presentó la propuesta tratada en este documento, su apoyo fue incondicional.

Jonnathan Guaicha – Fabian Suconota.

DEDICATORIA.

Quiero comenzar dedicando el presente triunfo alcanzado a Dios, quien colocó todas las piezas necesarias en mi vida para poder alcanzar este objetivo, le agradezco por la familia y por todas las bendiciones que día a día me ha regalado.

Al ingeniero Vladimir Robles, quien desde el inicio de este objetivo nos prestó su apoyo incondicional, a mi compañero y amigo de los últimos años Fabian, con quien alcanzamos este logro después de altos y bajos, la amistad siempre perdurara.

A mi madre Lucia, a quien le dedico y agradezco infinitamente por su perseverancia, tolerancia, paciencia y amor me he convertido en la persona que soy, sin su apoyo personal, económico, emocional y buenos consejos este logro no podría haber sido culminado. A mi padre Germán, a mis hermanas Priscila y María Augusta a mis sobrinos y todos los integrantes de mi familia quienes han sido parte importante de este proceso y de mi vida.

A mi amada esposa Elizabeth con quien hemos formado un hogar increíble e incomparable, le dedico este trabajo como muestra de aprecio y gratitud, quien con su paciencia y buenos consejos hemos podido crecer juntos en todo sentido, por último, quiero dedicar muy especialmente este logro a mi Alejito quien en un par de meses llega a nuestras vidas a complementar nuestro hogar.

Jonnathan Fernando Guaicha Solórzano.

Este presente trabajo de titulación lo dedico:

A mi padre Eduardo Suconota, que con su esfuerzo y sacrificio ha sacado la familia adelante, por enseñarme que con fuerza, constancia y paciencia se pueden alcanzar las metas, por brindarme su apoyo incondicional en los momentos difíciles, al no haberme abandonado cuando defraude su confianza apoyándome moralmente, aconsejándome y enseñarme a tomar mis responsabilidades. Gracias por darme la dicha de poder jugar a tu lado todavía, con la misma emoción y alegría cuando era niño y compartir mis logros de vida.

A mi madre Margarita Chimbo, que es el pilar fundamental de la familia, que con su amor, ternura, comprensión y ocurrencias nos llena los días de dicha, te lo dedico a ti mami que después de todo sigues aquí a mi lado, eres mi gran apoyo. Tú que con tus consejos y paciencia me diste la mano y me levantaste cuando tropecé y no permitiste que abandonara mi meta que hoy estoy finalizando.

A mis hermanos Boris y Juan, por estar a mi lado, por darme su apoyo y estar al pendiente de mí, por soportar mis malos ratos, espero estar cumpliendo sus expectativas, espero verlos a ustedes muy pronto por el mismo camino.

A mi esposa Paola Pintado, que ha estado en este camino universitario como compañera, amiga y hoy como compañera de vida, gracias por tu paciencia por compartir tus alegrías, tristezas y conocimientos. Por estar ahí brindándome tu amor, apoyo y soportando mis ocurrencias.

A mis hijos Fernando y Francisco, gracias por su paciencia y comprensión al haber estado varias horas ausente, pero cuando miro su cara de alegría y felicidad sé que el esfuerzo y sacrificio vale la pena, son el motor de vida, la razón por la que cada mañana me despierto, dándole sentido a mi vida.

A toda mi familia que de una u otra manera han estado siempre a mi lado brindándome su apoyo.

Y como olvidar a mis compañeros que han compartido aula y malas noches, en especial a mis amigos Tatiana, Freddy, Carlos que se han llegado a formar parte de mi familia y a mi amigo Jonnathan con el cual nos propusimos realizar este trabajo, siempre estaré agradecido con ustedes.

Fabian Eduardo Suconota Chimbo.

INDICE DE CONTENIDO.

1 RESUMEN. 1
2 ABSTRACT. 2
3 INTRODUCCIÓN. 3
4 ALCANCE. 5
5 OBJETIVOS. 6
5.1. GENERAL. 6
5.2. ESPECIFICOS. 6
6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y TRABAJO RELACIONADO. 7
6.1. PARÁLISIS CEREBRAL. 7
6.2. INTEGRACIÓN SENSORIAL (IS). 8
6.3. SALA SENSOPERCEPCIONES. 8
6.4. TIPOS DE SALAS SENSOPERCEPCIONES. 9
6.5. CARACTERÍSTICAS DE UNA SALA DE SENSOPERCEPCIONES [7] 9
6.6. BENEFICIOS DEL PACIENTE CON LA SALA DE SENSOPERCEPCIONES [7] 9
6.7. JSON 10
6.8. ESTÁNDAR INALÁMBRICO ZIGBEE 10
6.9. DJANGO 11
7 ARQUITECTURA GENERAL DE LA PROPUESTA. 11
7.1. SISTEMA DE GESTIÓN CENTRALIZADO. 11
7.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN. 13
7.3. MÓDULOS DE SALA DE ESTIMULACIÓN. 13
7.4. ESQUEMA APLICATIVO MÓVIL NODO CENTRAL. 14
8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. 15
8.1. RED INALÁMBRICA DE ÁREA PERSONAL WPAN. 15
8.2. COMPONENTES DE LOS MÓDULOS. 17
8.2.1 MÓDULO CENTRAL. 17
8.2.2 MÓDULO DADO DE COLORES. 19
8.2.3 MODULO TUBO DE COLORES. 20
9 MARCO METODOLÓGICO. 21
9.1. RED DE DISPOSITIVOS XBEE. 22
9.1.1 TOPOLOGÍA DE RED. 22
9.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE 23

9.1.3 COORDINADOR. 24
9.1.4 END DEVICE. 25
9.2. MÓDULOS. 26
9.2.1 DADO DE COLORES. 26
9.2.2 TUBO DE COLORES. 28
9.2.3 ILUMINACION LED. 31
9.3. WEB SERVICE. 33
9.3.1 DISEÑO DEL MÓDULO CENTRAL. 33
9.4. BASE DE DATOS. 38
9.5. APLICACIÓN MÓVIL. 40
9.5.1 CONVERSIÓN DE DATOS. 40
9.5.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS RECIBIDOS DESDE EL SERVIDOR. 40
9.5.3 MÉTODOS GET. 41
9.5.4 MÉTODOS POST. 42
10 PRESENTACIÓN. 43
10.1. INTERFAZ WEB. 43
10.2. INTERFAZ MÓVIL. 51
11 PRUEBAS. 55
12 RESULTADOS. 56
13 CONCLUSIONES. 60
14 RECOMENDACIONES. 61
15 TRABAJOS FUTUROS. 62
16 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. 63
17 ANEXOS. 65
17.1. ACTA DE ENTREGA DEL SISTEMA DEL AULA DE SENSOPERSEPCIONES. 65

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Porcentaje de los tipos de discapacidad en el Ecuador [2]. 3
Figura 2: Porcentaje de discapacidad según la edad. [2] 4
Figura 3: Arquitectura del Sistema de gestión centralizado del sistema. 12
Figura 4: Protocolo de Comunicación. 13
Figura 5: Diseño 3D del módulo dado de colores. 14
Figura 6: Diseño 3D caja base del módulo tubo de colores. 14
Figura 7: Arquitectura del esquema aplicativo móvil nodo central MVC. 15
Figura 8: XBee S2C. 15
Figura 9: Interfaz de software XCTU gestor de módulos XBee. 17
Figura 10: Raspberry pi 3 b+. 17
Figura 11: Adaptador USB para módulo XBee. 18
Figura 12: Arduino Mega. 19
Figura 13: Sensor Giroscopio MPU 6050. 20
Figura 14: Arduino Nano. 21
Figura 15: Etapas del sistema integrado en el aula multisensorial. 22
Figura 16: Topología de comunicación de módulos. 23
Figura 17: Configuración del módulo principal como coordinador en XCTU. 24
Figura 18: Conexión XBee y Raspberry. 24
Figura 19: Configuración de XBee end device mediante XCTU. 25
Figura 20: Conexión XBee a Arduino Mega. 25
Figura 21: Conexión XBee a Arduino Nano. 26
Figura 22: Conexión del MPU 6050 con Arduino Mega. 26
Figura 23: Código Arduino del estado encendido del lado 1. 27
Figura 24: Código Arduino del estado demostración. 27
Figura 25: Código Arduino del estado apagado. 28
Figura 26: Esquema del circuito para conexión de Arduino Mega con led RGB. 28
Figura 27: Esquema de ubicación de led RGB. 29
Figura 28: Código Arduino del estado encendido. 29
Figura 29: Código Arduino del estado demostración. 30
Figura 30: Código Arduino del estado apagado. 30
Figura 31: Esquema del circuito para conexión de Arduino Nano con led RGB. 30
Figura 32: Código Arduino del estado encendido. 31
Figura 33: Código Arduino del estado demostración. 32
Figura 34: Código Arduino del estado apagado. 32
Figura 35: Esquema del circuito para conexión de Arduino Nano con led RGB. 33
Figura 36: Esquema del diseño del módulo central. 34
Figura 37: Modelos de Docentes. 34
Figura 38: Serialización de datos en Django. 35
Figura 39: Vistas del sistema en Django. 36
Figura 40: Templates utilizados en la aplicación. 37
Figura 41: URLs definidas en Django. 37
Figura 42: Código para comunicación entre la aplicación y módulos en Django. 38

Figura 43: Configuración de conexión entre Django y PostgreSQL. 38
Figura 44: Esquema entidad relación de la Base de Datos. 39
Figura 45: Inicialización de variables provenientes del servidor. 40
Figura 46: Inicialización de variables recibidas desde el servidor..... 41
Figura 47: Encabezado del método get. 41
Figura 48: Cuerpo del método get. 42
Figura 49: Método Post para el control del módulo dado..... 43
Figura 50: Página inicio de sesión. 43
Figura 51: Página principal del sistema..... 44
Figura 52: Página registro de docentes..... 44
Figura 53: Página eliminación de docentes. 45
Figura 54: Página para listar docentes..... 45
Figura 55: Página de registro de nuevos estudiantes. 46
Figura 56: Página para listar los estudiantes registrados. 46
Figura 57: Página para registrar nuevos módulos. 47
Figura 58: Página para registrar una nueva actividad..... 47
Figura 59: Página para el registro de un nuevo nivel escolar. 48
Figura 60: Página para registro de una nueva matricula. 48
Figura 61: Página donde se lista las matrículas del sistema. 49
Figura 62: Página donde se lista los estudiantes según el nivel. 49
Figura 63: Página de registro de intentos realizados con los módulos..... 50
Figura 64: Página donde se lista los intentos registrados..... 50
Figura 65: Pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil. 51
Figura 66: Pantalla principal de navegación de la aplicación..... 51
Figura 67: Pantalla de búsqueda y selección de estudiantes. 52
Figura 68: Pantalla de selección de módulos..... 52
Figura 69: Pantalla de funcionamiento dado de colores. 53
Figura 70: Pantalla de funcionamiento tubo de colores..... 53
Figura 71: Pantalla de funcionamiento de iluminación led. 54
Figura 72: Pantalla de registro de interactuación con uso de módulos. 54
Figura 73: Interacción en pruebas realizadas con el módulo dado de colores..... 55
Figura 74: Interacción en pruebas realizadas con el módulo tubo de colores. 55
Figura 75: Gráfica de dispersión, obtenida de los resultados de las pruebas. 57
Figura 76: Gráfico demográfico, obtenido de las pruebas realizadas. 58
Figura 77: Gráfico de resumen de aciertos y errores de los estudiantes 59
Figura 78: Gráfico de radar, resultado de las pruebas realizadas..... 60

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Especificaciones técnicas XBee S2C [17] [18]. 16
Tabla 2: Características Raspberry pi 3 b +. 18
Tabla 3: Especificaciones técnicas Arduino Mega [21]. 19
Tabla 4: Especificaciones Técnicas del Sensor MPU 6050 [23]. 20
Tabla 5: Especificaciones técnicas Arduino Nano [25]. 21
Tabla 6: Configuraciones de dispositivos XBee. 23
Tabla 7: Atributos de un encabezado para método get. 41
Tabla 8: Atributos de un encabezado para método post. 42
Tabla 9: Atributos de un cuerpo para método post. 42
Tabla 10: Datos recopilados en Pruebas del sistema. 56

1 RESUMEN.

El presente proyecto plasma la experiencia de un sistema tecnológico de inclusión educativa, el cual fue diseñado, desarrollado e implementado en el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), orientado a una población estudiantil altamente vulnerable comprendida entre 5 a 18 años, debido a sus capacidades motrices e intelectuales diferentes. La institución se encuentra establecida en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay.

El levantamiento de requerimientos según la proyección de las necesidades indicadas y establecidas por el personal administrativo y docente del IPCA, permitieron identificar la importancia del uso de las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC) para transmitir el conocimiento de forma adecuada a los estudiantes/pacientes con parálisis cerebral ya sea leve o severa. Según el personal de la institución, la población infantil preescolar y escolar son los que mayor efecto positivo adquieren al interactuar con las TIC inclusivas.

En el proyecto en mención se implementó un entorno de pruebas multisensorial dentro de un aula del IPCA, el mismo que permitirá el monitoreo de la evolución cognitiva progresiva de los estudiantes/pacientes que interactúan con el aula de sensopercepciones en un periodo establecido de pruebas que se llevarán a cabo en un periodo de quince a treinta minutos semanales, para no disminuir el interés del participante, generando así sesiones de estimulación productivas.

Palabras Clave.

Parálisis Cerebral, terapia física, inclusión educativa, calidad de vida.

2 ABSTRACT.

The present project captures the experience of a technological system of educational inclusion, which was designed, developed and implemented in the Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), oriented to a highly vulnerable student population between 5 and 18 years, due to its different motor skills and intellectuals. The institution is established in the city of Cuenca province of Azuay.

The raising of requirements according to the projection of the indicated needs and established by the administrative and teaching staff of the IPCA, allowed to identify the importance of the use of Information and Communication Technologies (TIC) to transmit the knowledge feasibly to student-patients with cerebral palsy, whether mild or severe. According to the institution's staff, preschool and school children are the ones that have the greatest positive effect when interacting with inclusive TIC.

In the project mentioned, we implemented a multisensory testing environment within an IPCA classroom, which will allow the monitoring of the progressive cognitive evolution of students-patients who interact with the sensoperceptions classroom in a set period of tests that will be carried out carried out in a period of fifteen to thirty minutes per week, so as not to diminish the interest of the participant, thus generating productive stimulation sessions.

Keywords Symbolic.

Cerebral Palsy, physical therapy, educational inclusion, quality of life.

3 INTRODUCCIÓN.

Desde un punto de vista general, la discapacidad afecta en mayor medida a las poblaciones vulnerables, los resultados de las encuestas mundiales de la salud [1] indican que el mayor porcentaje de las discapacidades se da en los países de bajos ingresos, es decir, en las personas con estrato social más bajo, una de los motivos se debe a que durante el embarazo se pueden presentar complicaciones que generan sufrimiento fetal, generando problemas a nivel cerebral, los cuales se pueden evitar con evaluaciones y tratamientos de costos elevados. Estudios realizados por Organización Mundial de la Salud (OMS), mencionan que alrededor del 15% de la población mundial presenta algún tipo de discapacidad [1].

En el Ecuador según informes del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidad (CONADIS) [2], en su última actualización realizada el 02 de Enero 2018, registra un total de 433169 personas con discapacidad, las cuales están clasificadas en: 46.68% física, 22.54% intelectual, 12.88% auditiva, 11.89% visual, 4.7% psicológico y 1.30% lenguaje como se muestra en la figura 1; por lo tanto se puede apreciar que la discapacidad física en el Ecuador tiene la tasa más elevada, debido a mal formaciones congénitas y a accidentes de tránsito .

En la figura 2 se aprecia, que la discapacidad intelectual de los niños y jóvenes de 0 a 17 años se encuentra en un 29.26%, debido a diversos factores, entre ellos, el ambiental, pobreza, violencia y malas condiciones de salud, siendo esta última la de mayor relevancia durante el embarazo, debido a la falta de atención y las condiciones graves de desnutrición materna. Estos factores también afectan a la población infantil, considerada dentro los 5 años [2].

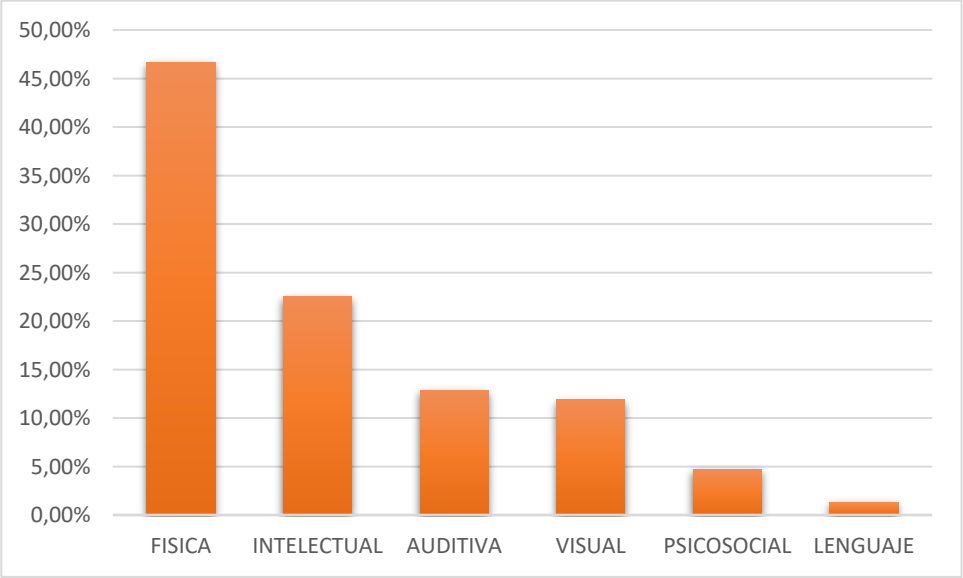


***Figura 1**: Porcentaje de los tipos de discapacidad en el Ecuador [2].*

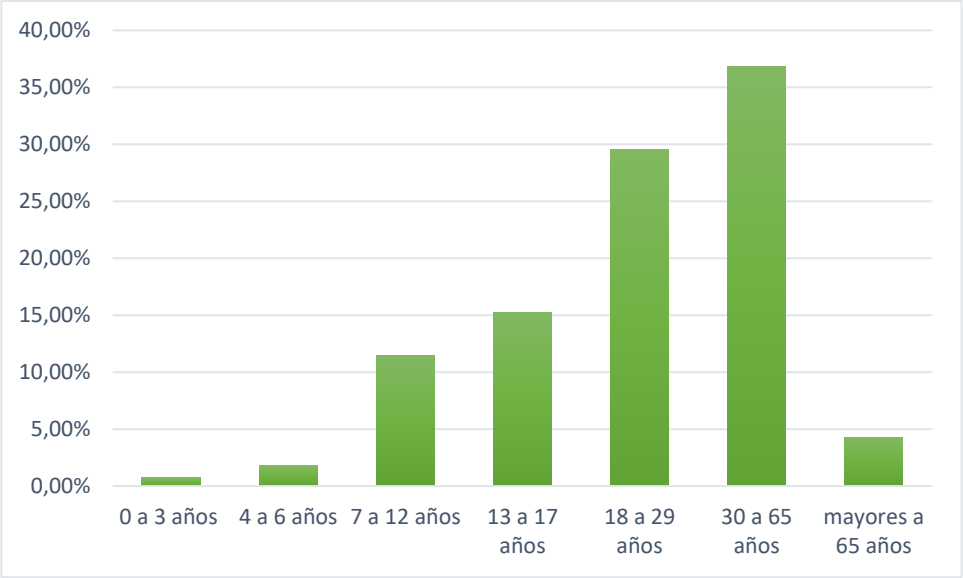


Figura 2: *Porcentaje de discapacidad según la edad. [2]*

De la totalidad de la población en el Azuay, el 20.21% presenta discapacidad intelectual, la cual contiene un 28.7% en niños y jóvenes que están entre las edades de 0 a 17 años [2].

La Misión Manuela Espejo realizó un censo de las condiciones de vida de las personas con discapacidad, concluyendo que 294.803 personas se encuentran en condiciones deplorables, quienes no poseen los recursos suficientes para asistir a terapia, mejorando su calidad de vida. Determinaron también que un alto nivel de personas con discapacidad tiene sólo instrucción primaria [3].

En la actualidad las personas con discapacidad tienen el mismo derecho que el resto de la población; por tal motivo, la República del Ecuador en la administración del economista Rafael Correa, se fortaleció un plan de inclusión laboral plasmado en la constitución para personas con discapacidad. Es así que según el artículo 47 de la ley orgánica de discapacidades establecida por la Asamblea Nacional Constituyente, las empresas deben tener entre sus empleados el 4% de personal laboral u obreros con carnet de discapacidad, dicho carnet permite que tengan preferencia en atención médica y otros beneficios.

Desde hace aproximadamente tres años se estableció en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) la Cátedra UNESCO Tecnologías de apoyo para la Inclusión Educativa [4], que centra sus esfuerzos en el desarrollo de un espacio que brinde acceso, participación y aprendizaje a personas que por diversas circunstancias se han visto excluidas de los diferentes ámbitos de la educación. Entre ellos, se encuentran niños, jóvenes y adultos que presentan discapacidades, poblaciones originarias y personas en situación de vulnerabilidad.

Esta iniciativa fue impulsada por los grupos de investigación de la UPS en Inteligencia Artificial y Tecnología de Asistencia (GIIATA), Tecnologías de Información y Comunicación asociadas a Discapacidad (TICAD) y Educación Inclusiva (GEI), quienes buscaron respuestas eficaces a través del uso de la tecnología e inclusión para ciertos grupos de atención prioritaria [4].

En el Ecuador existen ochenta y siete centros de educación especial [5]. En la ciudad de Cuenca se encuentra el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA), que ofrece atención diurna en rehabilitación médico-terapéutica y educación especial para niños y jóvenes con Parálisis Cerebral y multi-discapacidad. El IPCA trabaja en conjunto con la Universidad Politécnica Salesiana para desarrollar proyectos de investigación sin fines de lucro, con el fin de mejorar la calidad de vida de parte de la población con discapacidad cerebral del Azuay.

El IPCA nació y empezó a funcionar en 1982 bajo el amparo de la Asociación Pro superación de las personas con Parálisis Cerebral del Azuay (APPCA); la cual recogió investigaciones y experiencias de trabajo de personas y profesionales que se dedicaron por entero a perfeccionar la idea de su fundación. El IPCA en sus 37 años de vida institucional se ha convertido en modelo de gestión a nivel nacional, siendo impulsor de la creación de los centros de atención a personas con discapacidad en Sígsig y Girón en la Provincia del Azuay, así como también en el Cantón Quero de la Provincia de Tungurahua [5].

Según el Dr. Hernán Tenorio, director del IPCA, una de las mayores necesidades del instituto es contar con una sala de sensopercepciones que permita a los niños y jóvenes estimular sus sentidos motrices y razonamiento con herramientas didácticas y tecnológicas. Por tal motivo, con el apoyo del Ing. Vladimir Robles, la Cátedra de la UNESCO y la Universidad Politécnica Salesiana se implementó la primera etapa de la sala de estimulación de sensopercepciones en el IPCA.

En los apartados siete, ocho y nueve se darán a conocer los detalles técnicos y las partes involucradas del sistema implementado en el IPCA con la finalidad de que el lector pueda comprender de una manera efectiva el funcionamiento de la sala de sensopercepciones.

4 ALCANCE.

Tomando en cuenta las necesidades prioritarias del IPCA, se determinó, que la sala de estimulación de sensopercepciones brindará beneficios en el desarrollo psicomotor de niños con parálisis cerebral, favoreciendo al proceso de rehabilitación y recuperación, siendo esta indispensable para mejorar las habilidades en cada etapa de crecimiento del paciente con parálisis cerebral.

El diseño, desarrollo e implementación de estas salas es de alto impacto, debido a que mejora de manera significativa a favorecer la calidad de vida de los niños con parálisis cerebral, mediante estímulos sensoriales en la cual los órganos de los sentidos de los pacientes van evolucionando de forma progresiva. Los beneficiarios directos son los niños, niñas y padres de familia, que asisten a IPCA con la finalidad de contribuir en el desarrollo integral de sus hijos.

La primera sala de estimulación de sensopercepciones fue diseñada e implementada en Holanda con el propósito de mejorar el estilo de vida de los niños con diferentes tipos de discapacidades, obteniendo muy buenos resultados, extendiéndose así por todo el mundo [3]. Cuenca no está apartada de esta realidad, ya que la UPS en conjunto con el GIIATA y la Cátedra UNESCO implementaron una sala de estimulación de sensopercepciones, en la Fundación Centro de Intervención Multidisciplinario para el Autismo [4].

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se pretende ayudar a los niños con discapacidad en el Azuay por medio de la fundación IPCA, conociendo que un aula de estimulación de sensopercepciones es de vital importancia para favorecer las habilidades motoras de los pacientes que asisten a la misma. Se propone implementar una sala que proveerá de mayores ventajas y beneficios al aprendizaje terapista-paciente.

5 OBJETIVOS.

5.1. GENERAL.

Diseñar, realizar el levantamiento de requerimientos, desarrollar e implementar 4 módulos de soporte tecnológico para la construcción de una sala de estimulación de sensopercepciones para el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA).

5.2. ESPECIFICOS.

- Realizar el levantamiento de requerimientos técnicos y funcionales de la sala de estimulación de sensopercepciones para el trabajo con niños con discapacidad en el Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA)
- Diseñar y desarrollar un módulo basado en un dado que permita el cambio de color según el lado seleccionado.
- Diseñar y desarrollar un módulo de tubos de colores con gestión de secuencias rítmicas para estimulación visual y de memoria.

- Diseñar y desarrollar un módulo de iluminación RGB para la sala, para sincronización y ambientación de colores de la sala de estimulación de sensopercepciones.
- Diseñar y desarrollar un módulo de administración central basado en dispositivos embebidos para gestionar la información de los módulos educativos y datos de los niños y los terapistas/educadores que emplearán la sala.
- Diseñar y desarrollar una aplicación móvil para controlar las luces y los módulos integrados en la sala de sensopercepciones.
- Diseñar y desarrollar un módulo de minería de datos que permita realizar el análisis de la información recolectada en sala.
- Implementar los módulos desarrollados para el IPCA y llevar a cabo un plan de experimentación para validar la propuesta planteada.
- Ejecutar un plan de capacitación de manejo de la sala para el personal del IPCA.

6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y TRABAJO RELACIONADO.

6.1. PARÁLISIS CEREBRAL.

Según [6], se denomina como Parálisis Cerebral (PC) a los trastornos cerebrales motores no progresivos, concebidos antes, durante o después del nacimiento debido a la falta de oxígeno en el feto, por ahorcamiento con cordón umbilical o exceso de tiempo dentro del útero, además de lesiones en la cabeza [7]. Esto genera posturas y movimientos involuntarios de por vida del cuerpo del paciente con total o parcial descoordinación muscular, dependiendo del grado de PC que lo afecte.

Lamentablemente este trastorno no tiene cura, sin embargo, las salas de sensopercepciones, la terapia física y psicológica ayudan para que la persona con PC pueda mejorar su modo de vida aumentando su función muscular.

En [8], se menciona que existen cuatro tipos de PC:

- **PARÁLISIS CEREBRAL ESPÁSTICA.**

  La lesión se aloja en la corteza cerebral o en las vías subcorticales afectando los movimientos voluntarios musculares y al habla.

- **PARÁLISIS CEREBRAL ATETOIDE.**

  Se producen movimientos lentos, involuntarios y descoordinados, sus extremidades se mueven de forma descontrolada, controlan poco su lengua,

cuerdas vocales y respiración lo que dificulta su atención, afecta 10% o 20% de los pacientes.

- **PARÁLISIS CEREBRAL ATÁXICA.**

  Conocida también como el síndrome del desequilibrio, la mayoría de los casos son congénitos, poseen poca coordinación del movimiento muscular y poco equilibrio, también afectación a sistema nervioso.

- **PARÁLISIS CEREBRAL MIXTA.**

  Este tipo de PC es muy raro, pero se produce cuando en el individuo aparece más de un tipo de PC de la clasificación ya mencionadas.

6.2. INTEGRACIÓN SENSORIAL (IS).

El proyecto de tesis [9], define como Integración Sensorial a la organización que tiene un niño espontáneamente al planear y ejecutar una respuesta adaptativa positiva, convirtiéndola en una experiencia sensorial. Además, argumenta sobre la teoría de la Integración Sensorial, estableciendo una relación entre el proceso neurofisiológico y el comportamiento de una persona frente a diversos estímulos del diario vivir, siendo de gran ayuda estimular un proceso sensorial con terapia física y psicológica a los pacientes dentro de las salas de sensopercepciones capaces de desarrollar sus sentidos.

6.3. SALA SENSOPERCEPCIONES.

En [10], se indica que “una sala de estimulación de sensopercepciones es un espacio en donde se genera un entorno interactivo, diseñado para estimular los sentidos del niño, como son: tacto, oído, vista, olfato y gusto”. Es decir, una sala de sensopercepciones debe ser capaz de transmitir una sensación de paz, tranquilidad y confianza a la metodología de aprendizaje terapista-paciente ayudando a fortalecer la relación entre ellos. Dentro de la sala se puede utilizar como método de interacción, elementos con textura, sonidos, olores, iluminación, etc., que permitan al paciente la estimulación de sus sentidos, contribuyendo a su salud corporal y mental.

Las salas de sensopercepciones son espacios que permiten a los pacientes exponerse a estímulos controlados, recibiendo así nuevas sensaciones, adquiriendo conocimientos por medio del descubrimiento, además potencian el desarrollo intelectual y físico de quienes lo utilicen periódicamente [11].

6.4. TIPOS DE SALAS SENSOPERCEPCIONES.

Las salas de sensopercepciones deben transmitir al paciente un ambiente de confianza, seguridad y relajación, por lo que el entorno debe mostrar armonía con la terapia tutor-paciente [12]. Existen tres tipos de salas:

- **SALA BLANCA.**

  El entorno debe ser blanco con el objetivo de permitir la relajación y estimulación sensorial del paciente.

- **SALA NEGRA.**

  El entorno debe ser negro con el objetivo de permitir el aprendizaje y curiosidad del paciente.

- **SALA AVENTURA.**

  El entorno debe reflejar colores claros y activos con el objetivo de permitir la actividad perceptiva motora y sensorial del paciente.

6.5. CARACTERÍSTICAS DE UNA SALA DE SENSOPERCEPCIONES [7]

- Controlado por el paciente y supervisado por el terapista.
- Ambiente de seguridad y comodidad.
- Sin metas, ni presiones.
- Ambiente de tranquilidad.
- Mejora calidad de vida.

6.6. BENEFICIOS DEL PACIENTE CON LA SALA DE SENSOPERCEPCIONES [7]

- Mayor socialización.
- Mejor relación paciente-familia.
- Genera cambios de actitud.
- Aumento de sensación de tranquilidad.
- Mayor grado de independencia.

- Mejora la capacidad y tiempo de atención.
- Mejora tono y postura.

6.7. JSON

Las aplicaciones móviles han ido tornándose en la manera más efectiva de ofrecer un servicio tecnológico a la población en general, un claro ejemplo es la versión móvil de Facebook, la cual está disponible para dispositivos Apple y Android entre otros. Para hacer posible que una aplicación móvil tenga las mismas funcionalidades que una aplicación de escritorio, es necesario que un middleware permita que el servidor y el cliente se puedan comunicar, por tal motivo se desarrolló un formato de lenguaje independiente conocido como (JSON) JavaScript Object Notation [13].

JSON es un lenguaje que permite un intercambio ligero de información entre un servidor web y una aplicación móvil, por tal motivo en el presente proyecto JSON se utiliza como lenguaje de comunicación, para interpretar datos entre el servidor Django y la aplicación Android.

6.8. ESTÁNDAR INALÁMBRICO ZIGBEE

Zigbee [14] es una alianza compuesta por más de 400 empresas, dedicadas a la estandarización de interconexión y comunicación de dispositivos inalámbricos a nivel global con bajos consumos de energía y alta disponibilidad de conexión, esto gracias al uso de topologías en estrella para mayor redundancia en cualquier sistema implementado.

Zigbee utiliza un estándar de comunicación conocido como IEEE 802.15.4 [14], el cual puede ser utilizado en redes inalámbricas de área personal (WPAN), las mismas que realizan tasas de transmisión altas y de poco consumo energético, es por esto que, el medio de comunicación ideal entre los módulos del presente proyecto es el estándar de Zigbee.

En una red inalámbrica en estrella que utiliza el estándar Zigbee para comunicarse [14], pueden existir tres tipos de modos en los que se puede convertir un dispositivo coordinador, router y dispositivo final.

- **Coordinador.**

  El modo coordinador [14] permite monitorear, administrar, gestionar y direccionar lógicamente la red, además en versiones especiales permite el enrutamiento para la conexión con redes externas.

- **Router.**

  El modo Router [14] permite la comunicación entre un dispositivo final y un coordinador sin importar que varios dispositivos se encuentren en diferentes segmentos de red.

- **Dispositivo Final.**

  Los Dispositivos finales [14] únicamente cumplen la función de enviar información al nodo coordinador o router, por lo general para el ahorro de consumo de energía se mantienen en modo sleep hasta que se indique una nueva transmisión.

6.9. DJANGO

Django es un framework para la elaboración de aplicaciones web open source [15]. Está desarrollado en el lenguaje de programación Python, permite la creación de entornos web de una manera rápida, segura y escalable. Django posee un conjunto de herramientas reutilizables y fáciles de implementar, tales como autenticación de usuarios, formularios, registro de objetos, panel de administración, vistas y modelos necesarios para la comunicación con diferentes tipos de lenguajes, entre otros.

De esta forma, Django se establece como el gestor del servidor web, generando ahorros en recursos de tiempo, económicos y tecnológicos.

7 ARQUITECTURA GENERAL DE LA PROPUESTA.

7.1. SISTEMA DE GESTIÓN CENTRALIZADO.

El presente proyecto se encuentra desarrollado sobre una arquitectura servidor-cliente, la sala en la fase inicial cuenta con un módulo central que permite el control de los siguientes módulos:

- Dado de colores.
- Tubos de colores.

- Iluminación led RGB.

El módulo central brinda las siguientes funcionalidades:

- Recepción y registro de información enviada por otros módulos en base al protocolo de radiofrecuencia Zigbee (XBee).
- Gestión de datos de perfiles de niños, terapistas/educadores y los resultados de las sesiones de terapia realizadas con cada módulo.
- Control de los demás módulos de la sala empleando radio frecuencia.
- Control de la iluminación de la sala.

La comunicación entre la aplicación móvil y el servidor se encuentra desarrollado en Django, nativo de Python, donde se interpretarán los datos necesarios para el funcionamiento correcto de la sala, la información se transmite en datos por medio del estándar Zigbee usando los dispositivos de comunicación inalámbrica XBee. Cuando se recibe la información proveniente de cada uno de los módulos, se verifica el dato para realizar los procesos establecidos independientemente, como se indica en la figura 3.

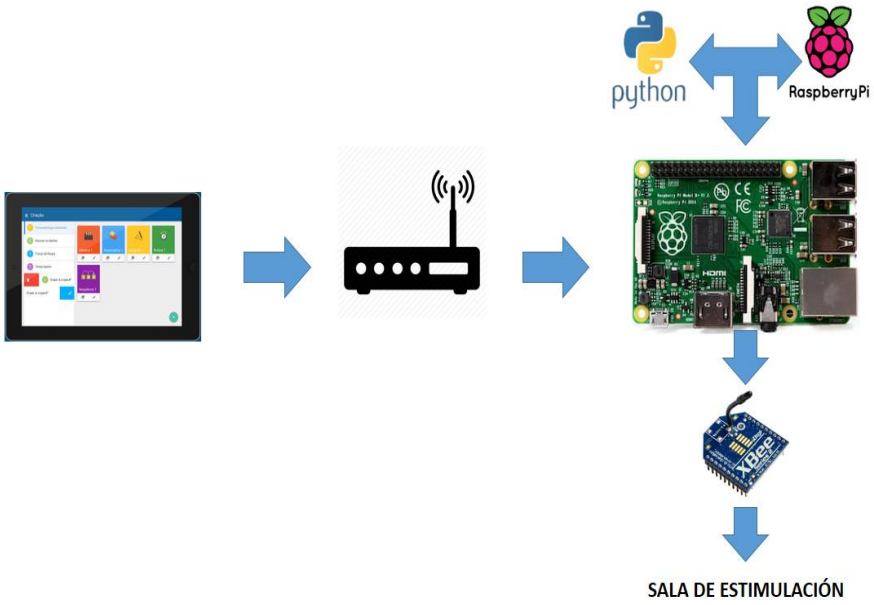


***Figura 3**: Arquitectura del Sistema de gestión centralizado del sistema.*

7.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN.

Para la comunicación entre la aplicación móvil y el nodo central, se utiliza el protocolo 802.11a y 802.11g "WIFI", que nos permite configurar tres de sus once canales para no tener problemas de solapamiento entre las frecuencias de las redes inalámbricas que existen en IPCA.

En lo que respecta a la comunicación entre el nodo central y los módulos (dado, tubo, iluminación) de la sala, se utiliza el protocolo de comunicación inalámbrica Zigbee mediante el uso de dispositivos XBee. Con ello se logra una interconexión automática inalámbrica entre los módulos y el nodo central, con la finalidad de tener envío/recepción de datos. En la figura 4 se presenta un diagrama general del esquema de comunicación.

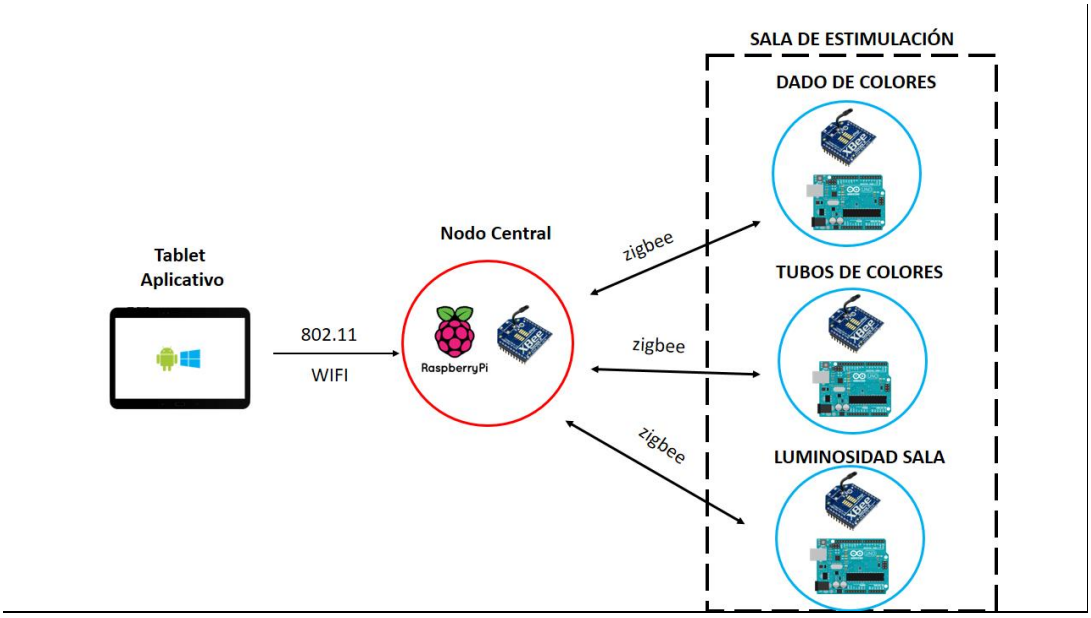


Figura 4: *Protocolo de Comunicación.*

7.3. MÓDULOS DE SALA DE ESTIMULACIÓN.

- **Dado de colores.** El dado de colores nos permite configurar cada uno de sus lados con un color diferente según el lado que se ubique en la parte superior al lanzar el dicho dado. En la figura 5 se evidencia un diseño en 3D del módulo planteado.

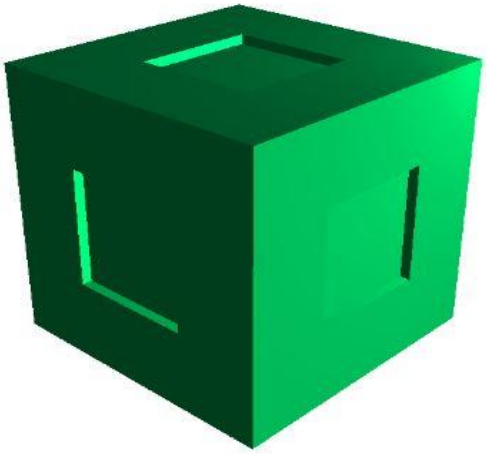


Figura 5: Diseño 3D del módulo dado de colores.

- **Tubo de colores.** Este módulo consta de tres tubos que se iluminan mediante led RGB, en el interior de estos tubos se puede colocar papel picadillo o cualquier elemento liviano de papel o similar para que puedan ser levantados por el aire. Se integran dos pulsantes para pie, los cuales activan el funcionamiento del sistema.

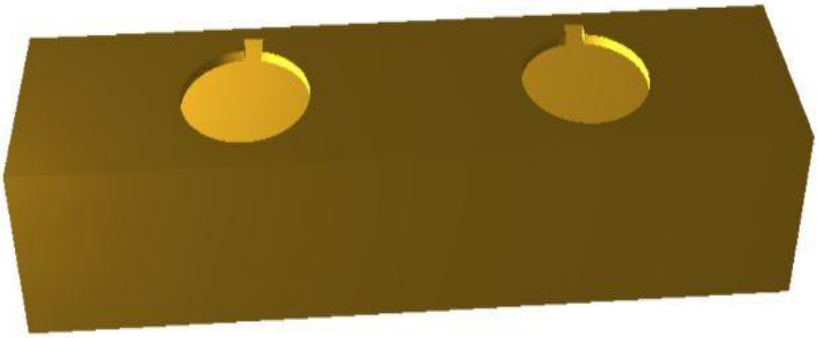


Figura 6: Diseño 3D caja base del módulo tubo de colores.

- **Iluminación RGB.** En este módulo se encuentra la configuración de las luces de toda la sala, el terapeuta puede seleccionar el color deseado para la sesión, a su vez se combinar con el módulo del dado de colores y el tubo de colores.

7.4. ESQUEMA APLICATIVO MÓVIL NODO CENTRAL.

Se implementó un aplicativo móvil desarrollado en Android, con una interfaz amigable que le permite al terapeuta tener una administración fácil de los módulos y llevar un registro de los pacientes. Dicho aplicativo se conecta al servidor (nodo central) mediante la comunicación inalámbrica wifi, como se aprecia en la figura 7.

Para el desarrollo de los métodos CRUD "Crear, Leer, Actualizar y Borrar" (del original en inglés: Create, Read, Update and Delete), se utiliza el framework de código abierto Django que emplea como base al lenguaje de programación Python.

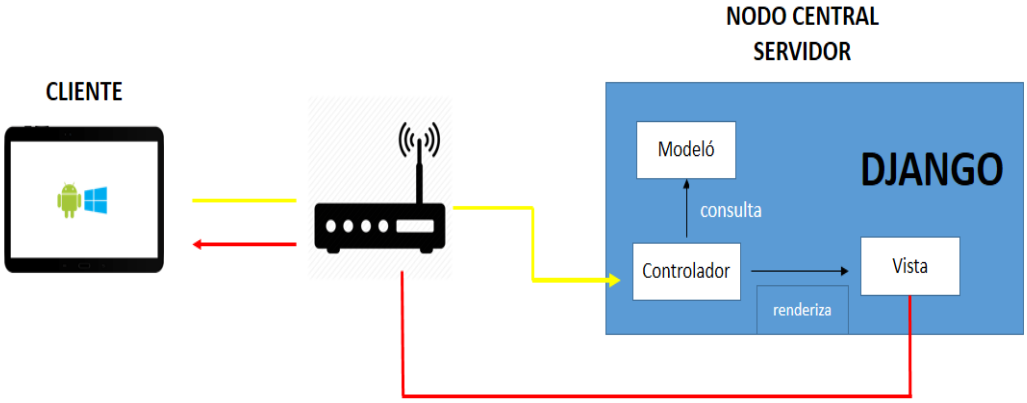


Figura 7: *Arquitectura del esquema aplicativo móvil nodo central MVC.*

8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

En la presente sección, se dará a conocer detalles técnicos de los distintos componentes electrónicos, protocolos, dispositivos, entre otros utilizados en la implementación del aula de sensopercepciones.

8.1. RED INALÁMBRICA DE ÁREA PERSONAL WPAN.

- **XBEE S2C.**

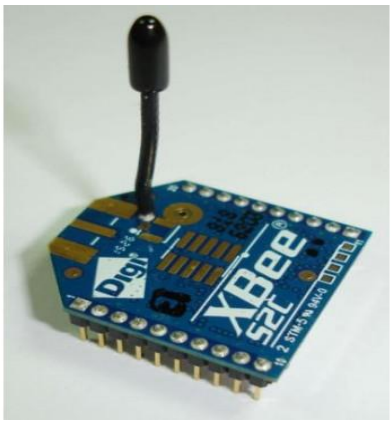


Figura 8: *XBee S2C.*

Los dispositivos XBee S2C (figura 8), permiten la comunicación inalámbrica en redes punto a punto y punto a multipunto a altas tasas de transmisión, consumen una baja cantidad de energía y son ideales para entornos cerrados, según lo que señala el fabricante [16]. Existen varios modelos de módulos XBee que permiten transmitir datos a distintos rangos de distancia según las necesidades, en cuanto a costos en EEUU se adquiere en alrededor de $25,00. En la tabla 1 se puede visualizar las características del dispositivo.

DESCRIPCION.	DETALLE
Estándar.	802.15.4
Protocolo.	Zigbee
Frecuencia.	2.4 GHz.
Velocidad de Transmisión.	1 Mbps
Voltaje de alimentación.	2.1 – 3.6 V.
Rango de temperatura de trabajo.	-40° C – 85°C.
Sensibilidad de Recepción.	-102dBm.
Alcance Indoor.	60 m.

Tabla 1: *Especificaciones técnicas XBee S2C [17] [18].*

- **XCTU SOFTWARE GESTOR DE MODULOS XBEE.**

El software gestor de configuración de módulos XBee es XCTU [19], es de acceso libre y puede ser instalado en sistemas operativos GNU/Linux, Windows o Mac OS. XCTU posee una interfaz amigable para configuración y actualización de Firmware de dispositivos XBee como se indica en la figura 9, gracias a esta herramienta se puede establecer el modo en el que los dispositivos se comunicarán, ya sean coordinador, router o end device, además permite la visualización gráfica de la topología en estrella de la red de módulos.

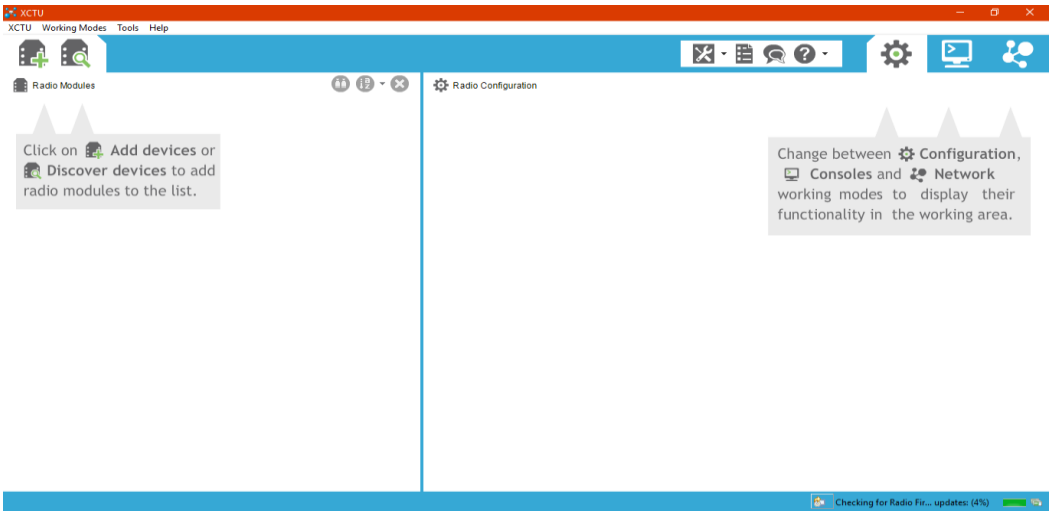


Figura 9: *Interfaz de software XCTU gestor de módulos XBee.*

8.2. COMPONENTES DE LOS MÓDULOS.

8.2.1 MÓDULO CENTRAL.

- **RASPBERRY PI 3 b+.**

El Raspberry PI [20] es una placa integrada de tamaño reducido desarrollado en el Reino Unido por un grupo de investigación de la universidad de Cambridge. Posee todas las características de una computadora básica con posibilidad de incrementar y mejorar sus funcionalidades, ya que se le pueden conectar todo tipo de dispositivos y periféricos USB. Es ideal para proyectos que no requieren de una gran capacidad de procesamiento, el costo aproximado en EEUU es de $45.00. En la figura 10 se puede observar el dispositivo gráficamente. En la tabla 2 se detallan las especificaciones técnicas del dispositivo.

Figura 10: *Raspberry pi 3 b+.*

DESCRIPCION.	DETALLE
Procesador.	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC
Frecuencia de reloj.	1,4 GHz
Memoria.	1GB LPDDR2 SDRAM
Conectividad Inalámbrica.	• 2.4GHz / 5GHz • IEEE 802.11.b/g/n/ac • Bluetooth 4.2, BLE
Red.	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300 Mbps de máximo teórico)
Puertos.	• GPIO 40 pines • HDMI • 4 x USB 2.0 • CSI (cámara Raspberry Pi) • DSI (pantalla táctil) • Toma auriculares / vídeo compuesto • Micro SD • Micro USB (alimentación) • Power-over-Ethernet (PoE)

Tabla 2: *Características Raspberry pi 3 b +.*

- **ADAPTADOR PARA XBEE USB.**

El adaptador USB para XBee permite conectar el módulo en un puerto USB para realizar las respectivas configuraciones, además realiza la comunicación serial con el servidor. En la figura 11 se puede observar el dispositivo gráficamente.

Figura 11: *Adaptador USB para módulo XBee.*

8.2.2 MÓDULO DADO DE COLORES.

- **ARDUINO MEGA.**

Arduino Mega [21] es considerado el microcontrolador con más funcionalidades en la familia de Arduino, es de código abierto, está compuesto de 54 pines, se conecta al ordenador mediante una interfaz serial, requiere de una fuente de alimentación externa y permite realizar la comunicación entre un software dedicado y desarrollado en el lenguaje propio de Arduino y la circuitería. Es ideal para proyectos de robótica. En la figura 12 se puede observar el dispositivo gráficamente.

DESCRIPCION.	DETALLE
Microcontrolador.	ATmega 2560
Voltaje Operativo.	5V.
Voltaje de Entrada.	7-12V.
Pines digitales de Entrada/Salida.	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).
Pines análogos de entrada.	16.
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida.	40 mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V.	50 mA
Memoria Flash.	256 KB (8KB usados por el bootloader).
SRAM.	8KB.
EEPROM.	4KB.
Clock Speed	16 MHz.

Tabla 3: *Especificaciones técnicas Arduino Mega [21].*

Figura 12: *Arduino Mega.*

- **GIROSCOPIO MPU 6050.**

El MPU 6050 [22] es un acelerómetro y giroscopio desarrollado para Arduino, permite calcular 6 coordenadas, uno por lado como lo indica en la tabla 4, es un sensor ideal para proyectos en donde se requiere de precisión y posicionamiento. En la figura 13 se puede observar el dispositivo gráficamente.

DESCRIPCION.	DETALLE
Pines Digitales de Salida.	6.
Giroscopio con Sensibilidad.	±250, ±500, ±1000, y ±2000dps
Acelerómetro con Sensibilidad.	±2g, ±4g, ±8g y ±16g
Calibración.	Algoritmos embebidos para calibración.
Voltaje de Alimentación.	2.37 a 3.46V
Voltaje lógico	1.8V±5% o VDD.

Tabla 4: *Especificaciones Técnicas del Sensor MPU 6050 [23].*

Figura 13: *Sensor Giroscopio MPU 6050.*

8.2.3 MODULO TUBO DE COLORES.

- **ARDUINO NANO.**

El Arduino Nano [24] es el microcontrolador open source, considerado como el más compacto de la familia Arduino, es ideal para proyectos de pequeña escala que no poseen un gran espacio físico. Se conecta al ordenador mediante una interfaz serial, lógicamente posee las mismas características que un Arduino Uno con la diferencia del procesador, lo cual se puede evidenciar en la tabla 5. En la figura 14 se puede observar el dispositivo gráficamente.

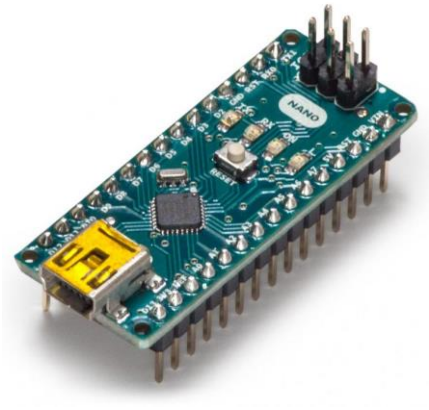


Figura 14: Arduino Nano.

DESCRIPCION.	DETALLE
Microcontrolador.	Atmel ATmega328.
Voltaje Operativo.	5V.
Voltaje de Entrada.	7-12V.
Pines digitales de Entrada/Salida.	14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).
Pines análogos de entrada.	8.
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida.	40 mA
Memoria Flash.	32 KB (2KB usados por el bootloader).
SRAM.	2KB.
EEPROM.	1KB.
Clock Speed	16 MHz.

Tabla 5: Especificaciones técnicas Arduino Nano [25].

9 MARCO METODOLÓGICO.

En la presente sección, se detalla las tareas realizadas (figura 15) en el desarrollo general del aula multisensorial, las mismas que fueron divididas en distintas fases secuencialmente, para desarrollar el sistema de una manera ordenada y efectiva.

El proyecto se realizó en base al trabajo previo implementado en el Centro de Intervención Multidisciplinario para el Autismo (CIMA) por Diego Lima, el cual sirvió como lineamiento para ajustar el sistema a las necesidades del IPCA para la creación del aula de sensopercepciones.

En la primera fase se encuentra la fabricación de los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led, los cuales se comunican por medio de los dispositivos XBee conectados con una topología en estrella, en la segunda fase se encuentra el desarrollo en conjunto de la base de datos PostgreSQL, el servicio web Django y la capa de presentación mediante el uso de templates, la tercera y última fase es la aplicación móvil desarrollada en Android, la cual consume el servicio web.

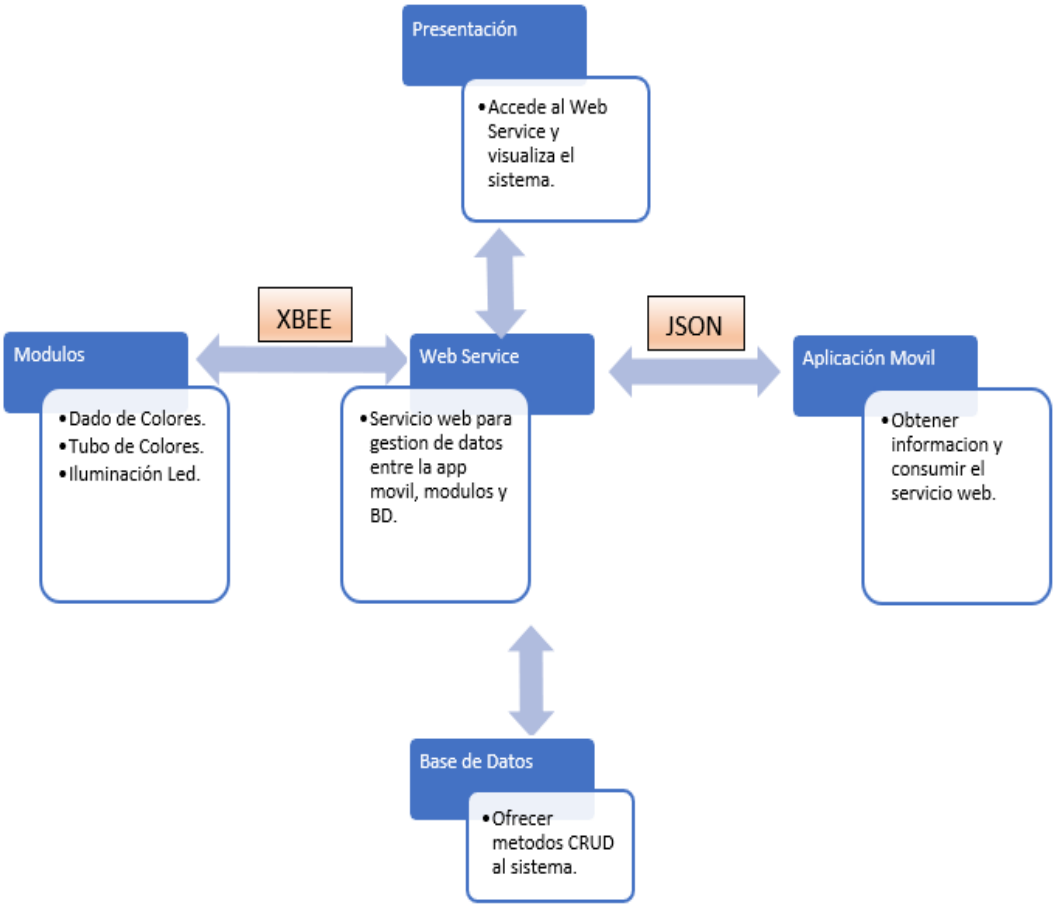


Figura 15: *Etapas del sistema integrado en el aula multisensorial.*

9.1. RED DE DISPOSITIVOS XBEE.

9.1.1 TOPOLOGÍA DE RED.

Los módulos del sistema se encuentran interconectados con dispositivos XBee (figura 16), los cuales utilizan el estándar de comunicación Zigbee. El aula de sensopercepciones está compuesta de cuatro módulos, el módulo principal contiene al Raspberry y al XBee que actúa como coordinador, esto quiere decir que enviara mensajes a los otros tres dispositivos configurados como end device, los cuales se encuentran conectados en los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led respectivamente.

Los módulos serán los encargados de interactuar con los pacientes-estudiantes, permitiendo que el docente evalúe los intentos y registre los resultados en el servidor.

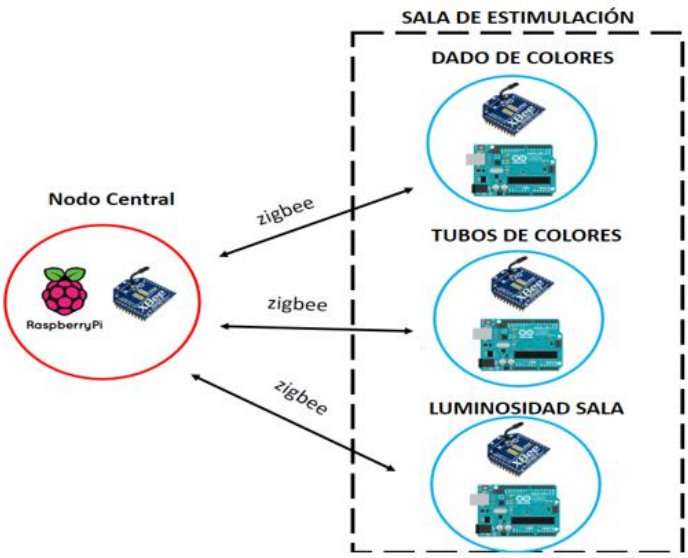


Figura 16: *Topología de comunicación de módulos.*

9.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE

La comunicación de los módulos con el nodo principal se realiza mediante los dispositivos XBee, con el protocolo Zigbee, para lo cual se deben llevar a cabo las configuraciones indicadas en la tabla 6. Los parámetros de los dispositivos se configuran mediante el software XCTU, garantizando que la comunicación dentro del aula de sensopercepciones sea confiable y de alta disponibilidad, permitiendo que el sistema funcione sin interrupciones.

MODULO.	PAN ID	BROADCAST	IDENTIFICADOR.	MODO.
Principal.	FF	FFFF	Coordinador.	Coordinator.
Dado de Colores.	FF	0	Dado.	End Device.
Tubo de Colores.	FF	0	Tubo.	End Device.
Iluminación Led.	FF	0	Iluminación.	End Device.

Tabla 6: *Configuraciones de dispositivos XBee.*

- **PAN ID.**
  El parámetro PAN ID [16] permite configurar el identificador de red, es decir, todos los dispositivos XBee que van a comunicarse entre sí deben coincidir con el parámetro indicado con valores hexadecimales, en el presente proyecto el PAN ID es FF.

- **BROADCAST.**
  El parámetro Broadcast [16] permite configurar con valores hexadecimales en el nodo coordinador él envió de mensajes Broadcast a todos los nodos conectados como end device o router, en el

presente proyecto se realizó la configuración del parámetro broadcast al coordinador como FFFF y a los end device como 0.

- **IDENTIFICADOR.**
  El parámetro Identificador [16] permite configurar a los dispositivos XBee con el nombre que se asignará mediante el software XCTU.

- **MODO.**
  El parámetro Modo [16] permite configurar el modelo con el que el dispositivo XBee va a trabajar para que pueda comunicarse dentro de la misma red, las opciones que permite el parámetro son coordinado habilitado y coordinador deshabilitado.

9.1.3 COORDINADOR.

El nodo principal es el de mayor importancia dentro del esquema de comunicación, debido a que permite coordinar la interconexión con uno o más dispositivos end device, en el presente proyecto se implementó un dispositivo como coordinador y 3 como end device.

La configuración se debe realizar en el dispositivo XBee mediante el software XCTU como lo indica la figura 17.

Figura 17: *Configuración del módulo principal como coordinador en XCTU.*

La conexión del XBee coordinador con el servidor Raspberry se realiza de forma directa mediante un adaptador de XBee a USB, como se indica en la figura 18.

Figura 18: *Conexión XBee y Raspberry.*

9.1.4 END DEVICE.

Los dispositivos XBee ubicados en los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led, se encuentra configurados como end device, reciben datos desde el dispositivo coordinador, la comunicación es bidireccional cliente-servidor. Al igual que el nodo coordinador, la configuración se debe realizar mediante el software XCTU como se indica en la figura 19.

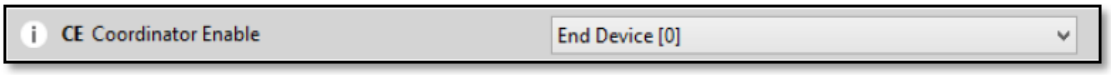


Figura 19: *Configuración de XBee end device mediante XCTU.*

Para el funcionamiento de los dispositivos XBee integrados en los módulos, necesariamente se debe conectar con cables flexibles en el caso del dado de colores al Arduino Mega como lo indica la figura 20, y en el caso del tubo de colores y la iluminación led al Arduino Nano como lo indica la figura 21.

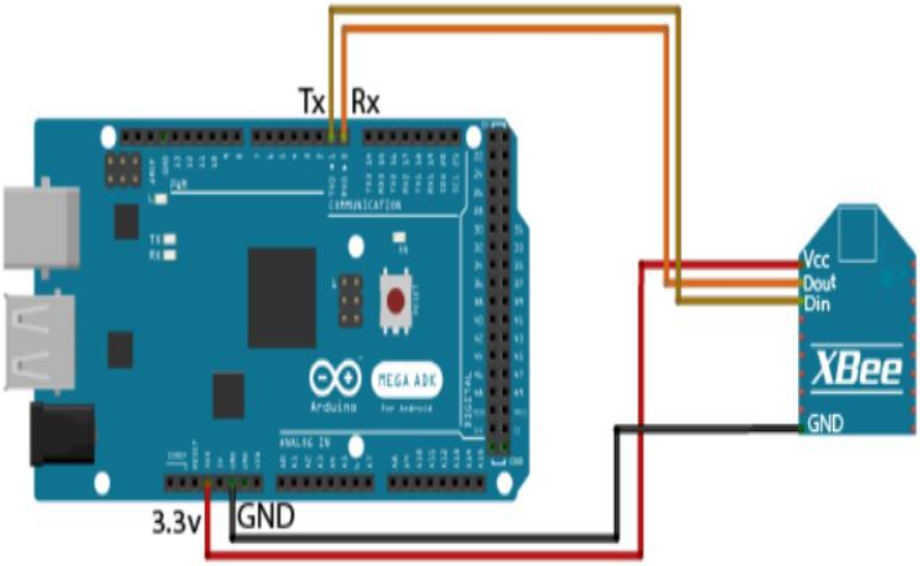


Figura 20: *Conexión XBee a Arduino Mega.*

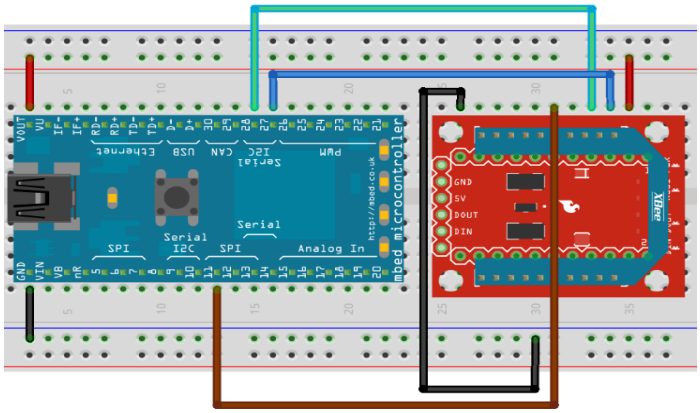


Figura 21: Conexión XBee a Arduino Nano.

9.2. MÓDULOS.

Los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led, son las herramientas con las cuales los estudiantes/pacientes y los docentes interactúan con el sistema del aula de sensopercepciones, en los siguientes subapartados se indica el funcionamiento de los mismos.

9.2.1 DADO DE COLORES.

El dado de colores es un módulo inalámbrico que se comunica con el servidor por medio del estándar Zigbee y los dispositivos XBee, su funcionamiento depende de las coordenadas que el sensor giroscopio y acelerómetro MPU 6050 indiquen según su posicionamiento. Cuando el sensor establece las coordenadas, el sketch cargado en el Arduino Mega procesa una solicitud encendiendo las 6 caras del dado de un color distinto para identificar qué lado es el que se encuentra como valor de referencia. En la figura 22 se puede observar la conexión física entre el sensor MPU6050 y el Mega

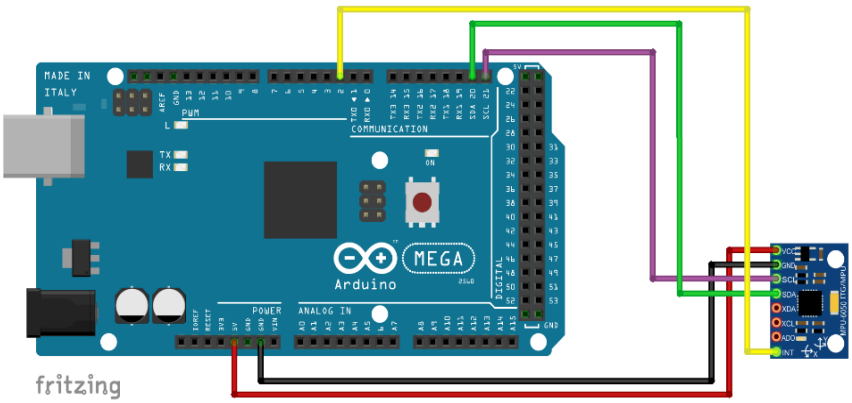


Figura 22: Conexión del MPU 6050 con Arduino Mega.

Este módulo posee 3 estados, el encendido que permite realizar la terapia con los pacientes, consiste en encender los 6 lados del dado con un color diferente según indique las coordenadas, el código del método se puede apreciar en la figura 23. La demostración que enciende todos los lados del dado con colores diferentes a la vez, el código del método se puede apreciar en la figura 24, y el apagado para cuando el dado no se encuentra en funcionamiento, el código del método se puede apreciar en la figura 25.

```
void dado_encendido(){
  sensor.getAcceleration(&ax, &ay, &az);    //Lectura de Aceleraciones.
  sensor.getRotation(&gx, &gy, &gz);        //Lectura de Giros.

  // Aceleraciones y velocidades angulares calculadas.
  float axc = ax * (9.81/16384.0);
  float ayc = ay * (9.81/16384.0);
  float azc = az * (9.81/16384.0);
  float gxc = gx * (250.0/32768.0);
  float gyc = gy * (250.0/32768.0);
  float gzc = gz * (250.0/32768.0);

  //Lado 1, pines 28(rojo), 30(verde), 32(azul).
  //Dado Rojo
  dado_apagado();
  while ((axc>=(-4.50) && axc<=(4.00)) && (ayc>=(-3.50) && ayc<=(3.50))
  && (azc>=(5.00) && azc<=(13.00)) && (gxc>=(-3.50) && gxc<=(3.50)) &&
  (gyc>=(-3.50) && gyc<=(3.50)) && (gzc>=(-3.50) && gzc<=(3.50)))    {
    digitalWrite(28, HIGH), digitalWrite(22, HIGH), digitalWrite(49, HIGH),
    digitalWrite(46, HIGH), digitalWrite(52, HIGH), digitalWrite(43, HIGH);
    Serial.print("\t");
    Serial.print("lado 1 funcionando");
    delay(3000);
    break;
  }
```

Figura 23: *Código Arduino del estado encendido del lado 1.*

```
void dado_demo(){
  digitalWrite(28, HIGH); //Lado 1, rojo
  digitalWrite(24, HIGH); //Lado 2, verde
  digitalWrite(53, HIGH); //Lado 3, azul
  digitalWrite(46, HIGH); //Lado 4, rojo+verde
  digitalWrite(44, HIGH); //Lado 4, rojo+verde
  digitalWrite(52, HIGH); //Lado 5, rojo+azul
  digitalWrite(48, HIGH); //Lado 5, rojo+azul
  digitalWrite(45, HIGH); //Lado 6, verde+azul
  digitalWrite(47, HIGH); //Lado 6, verde+azul
}
```

Figura 24: *Código Arduino del estado demostración.*

```
void dado_apagado(){
  pinMode (28, LOW), pinMode (30, LOW), pinMode (32, LOW);    //Lado 1 28(rojo), 30(verde), 32(azul).
  pinMode (22, LOW), pinMode (24, LOW), pinMode (26, LOW);    //Lado 2 22(rojo), 24(verde), 26(azul).
  pinMode (49, LOW), pinMode (51, LOW), pinMode (53, LOW);    //Lado 3 49(rojo), 51(verde), 53(azul).
  pinMode (46, LOW), pinMode (44, LOW), pinMode (42, LOW);    //Lado 4 46(rojo), 44(verde), 42(azul).
  pinMode (52, LOW), pinMode (50, LOW), pinMode (48, LOW);    //Lado 5 52(rojo), 50(verde), 48(azul).
  pinMode (43, LOW), pinMode (45, LOW), pinMode (47, LOW);    //Lado 6 43(rojo), 45(verde), 47(azul).
}
```

***Figura 25**: Código Arduino del estado apagado.*

Para la conexión de los 6 led RGB se utilizó el esquema del circuito indicado en la figura 26, en el cual se utilizaron 3 integrados ULN2003an para el control electrónico del encendido de los leds RGB según la programación en lenguaje Arduino acuerdo a las necesidades.

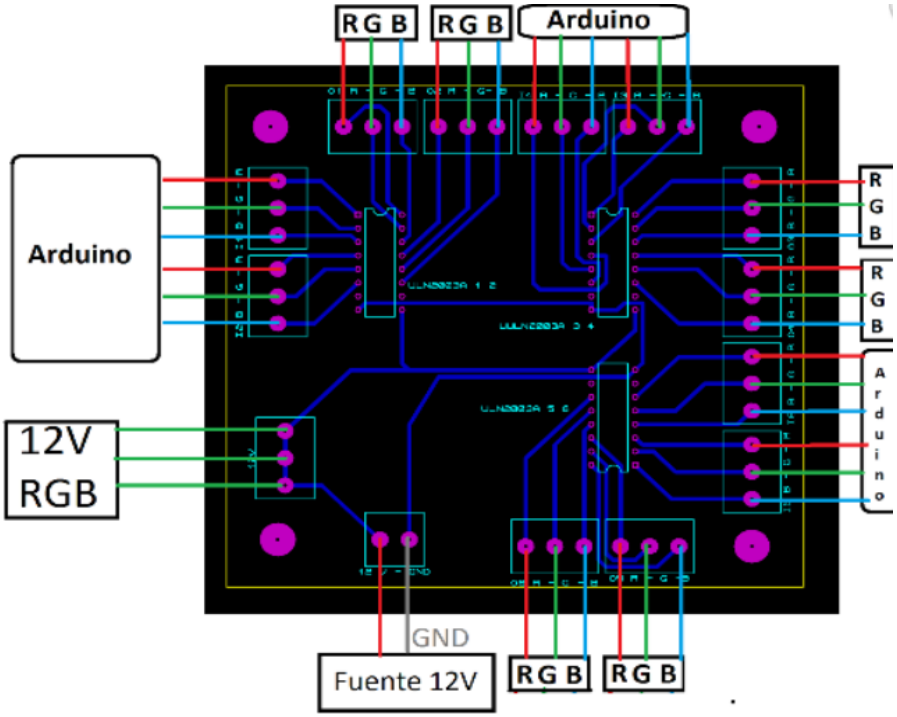


***Figura 26:** Esquema del circuito para conexión de Arduino Mega con led RGB.*

9.2.2 TUBO DE COLORES.

El tubo de colores es un módulo alámbrico conectado a la corriente eléctrica con un alimentador de 12 V., se comunica con el servidor por medio del estándar Zigbee y los dispositivos XBee, contiene 2 tubos de acrílico de un metro de alto, iluminados con led RGB como se aprecia en la figura 27.

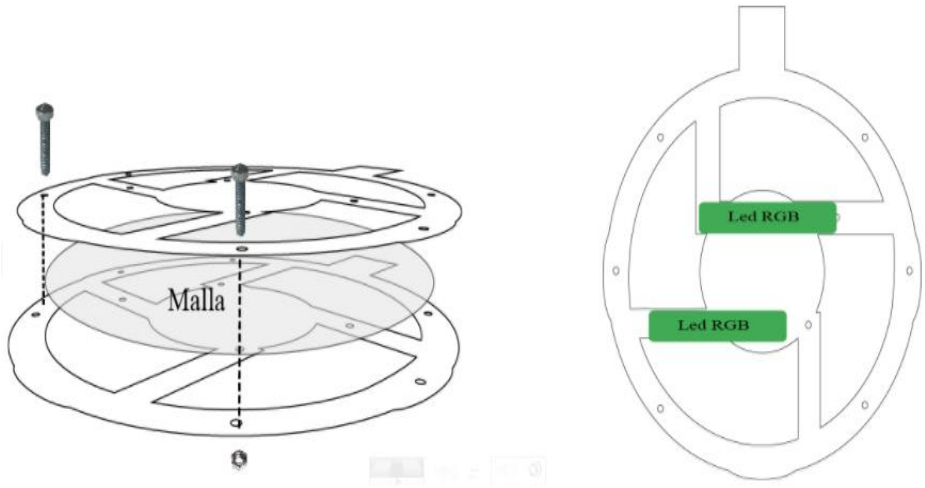


Figura 27: *Esquema de ubicación de led RGB.*

Mediante 2 ventiladores que se encuentran en la base del módulo y papel picado que se inserta en el interior de los tubos, ópticamente da la impresión de ser un tubo con agua en el interior y burbujas, esto estimula los sentidos de los pacientes, junto a la base del módulo se encuentran 2 pulsantes de pie, los cuales permitirán que el módulo cambie de colores y de frecuencia de encendido.

Este módulo posee 3 estados, el encendido que permite realizar la terapia con los pacientes, consiste en encender los 2 tubos con un color diferente según se presione los pulsantes de pie, el código del método se puede apreciar en la figura 28, la demostración que enciende los 2 tubos de acrílico con colores diferentes a la vez, el código del método se puede apreciar en la figura 29, y el apagado para cuando el tubo no se encuentra en funcionamiento, el código del método se puede apreciar en la figura 30.

```
void motor1(){
      estado = digitalRead(pinPulsante); //con esta podemos leer el estado del pin digital

    if ((estado == HIGH) && (estadoAnterior ==LOW)){
      salida = 1 - salida;
      delay(50);                  //para eliminar el efecto rebote del pulsante
    }
    estadoAnterior = estado;      // Guardamos el valor actual
    if(salida == 1){
        digitalWrite(pinMotor,HIGH);
    }
    else {                       // si no esta en alto o no fue pulsado se apaga
      digitalWrite(pinMotor,LOW);
      }
      Serial.println(salida);
}
```

Figura 28: *Código Arduino del estado encendido.*

```
void demostracion1(){
  analogWrite(pinrojo, 255);
  digitalWrite(pinMotor,255);
  analogWrite(pinverde2, 255);
  delay(1500);
  analogWrite(pinrojo, random(127, 255)); analogWrite(pinverde, random(0, 255));
  analogWrite(pinazul2, 255);
  delay(1500);
  analogWrite(pinrojo,255); analogWrite(pinverde, 255); analogWrite(pinazul, 0);
  analogWrite(pinrojo, 255);
  delay(1500);
 }
```

Figura 29: *Código Arduino del estado demostración.*

```
void apagar(){
  analogWrite(pinrojo, LOW);
  analogWrite(pinverde, LOW);
  analogWrite(pinazul, LOW);
  analogWrite(pinrojo2, LOW);
  analogWrite(pinverde2, LOW);
  analogWrite(pinazul2, LOW);
  digitalWrite(pinMotor,LOW);
   digitalWrite(pinMotor2,LOW);

  delay(10000);
}
```

Figura 30: *Código Arduino del estado apagado.*

Para la conexión de los 4 led RGB al Arduino y a la alimentación se utilizó el siguiente esquema de circuito electrónico indicado en la figura 31.

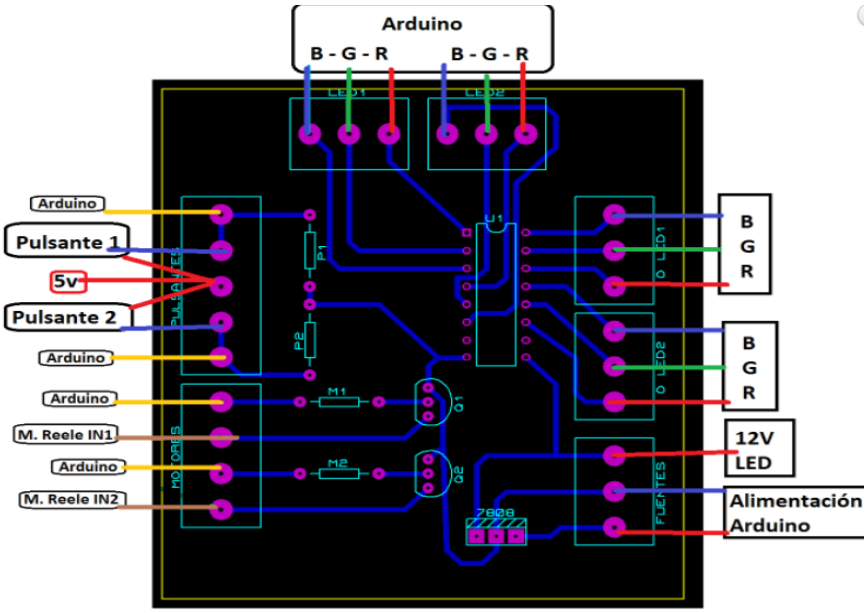


Figura 31: *Esquema del circuito para conexión de Arduino Nano con led RGB.*

9.2.3 ILUMINACION LED.

La iluminación led es un módulo alámbrico conectado a la corriente eléctrica con un alimentador de 12 V., se comunica con el servidor por medio del estándar Zigbee y los dispositivos XBee, contiene tiras de led RGB de cuatro metros de largo y amplificadores de señal para que la intensidad de la iluminación no se pierda ni se atenúe, las tiras se encontraran ubicadas en la parte superior del aula de sensopercepciones en contorno al techo y la pared.

Con la aplicación móvil y web se puede controlar el módulo de iluminación, se utiliza los colores básicos RGB y permite la sincronización con los módulos dado de colores y tubo de colores, permitiendo que el aula sea ambientada a un solo color configurable.

Este módulo posee 3 estados, el encendido que permite realizar la terapia con los pacientes, consiste cambiar el color de la sala y los módulos tubo y dado de colores mediante la aplicación web y móvil, el código del método se puede apreciar en la figura 32, la demostración que enciende las tiras led de manera aleatoria cambiando armónicamente los colores del aula, el código del método se puede apreciar en la figura 33, y el apagado para cuando la iluminación led no se encuentra en funcionamiento, el código del método se puede apreciar en la figura 34.

```
void rojo(){
  analogWrite(pinrojo, HIGH);
}
void verde(){
  analogWrite(pinverde, HIGH);
}
void azul(){
  analogWrite(pinazul, HIGH);
}
void blanca(){
  analogWrite(pinrojo, HIGH);
  analogWrite(pinverde, HIGH);
  analogWrite(pinazul, HIGH);
}
```

Figura 32: *Código Arduino del estado encendido.*

```
void iluminacion(){
  for(r = 0; r < 256; r++){
      analogWrite(pinrojo, r);
      delay(fadetime);
    }Serial.println("fin azul a violeta");
    delay(1500);
    //fade de violeta a rojo
    for(a = 255; a > 0; a--){
      analogWrite(pinazul, a);
      delay(fadetime);
    }Serial.println("fin violeta a rojo");
    delay(1500);
    //fade de rojo a amarillo
    for(v = 0; v < 256; v++){
      analogWrite(pinverde, v);
      delay(fadetime);
    }Serial.println("fin rojo a amarillo ");
    delay(1500);
    //fade de amarillo a verde
    for(r = 255; r > 0; r--){
      analogWrite(pinrojo, r);
      delay(fadetime);
    }Serial.println("fin amarillo a verde");
    delay(1500);
    //fade de verde a azul verdoso
    for(a = 0; a < 256; a++){
      analogWrite(pinazul, a);
```

Figura 33: *Código Arduino del estado demostración.*

```
void apagar(){
  analogWrite(pinrojo, LOW);
  analogWrite(pinverde, LOW);
  analogWrite(pinazul, LOW);
  analogWrite(pinrojo2, LOW);
  analogWrite(pinverde2, LOW);
  analogWrite(pinazul2, LOW);
  digitalWrite(pinMotor,LOW);
   digitalWrite(pinMotor2,LOW);

  delay(10000);
}
```

Figura 34*: Código Arduino del estado apagado.*

Para la conexión de las tiras led RGB al Arduino y a la alimentación se utilizó el siguiente esquema de circuito electrónico indicado en la figura 35.

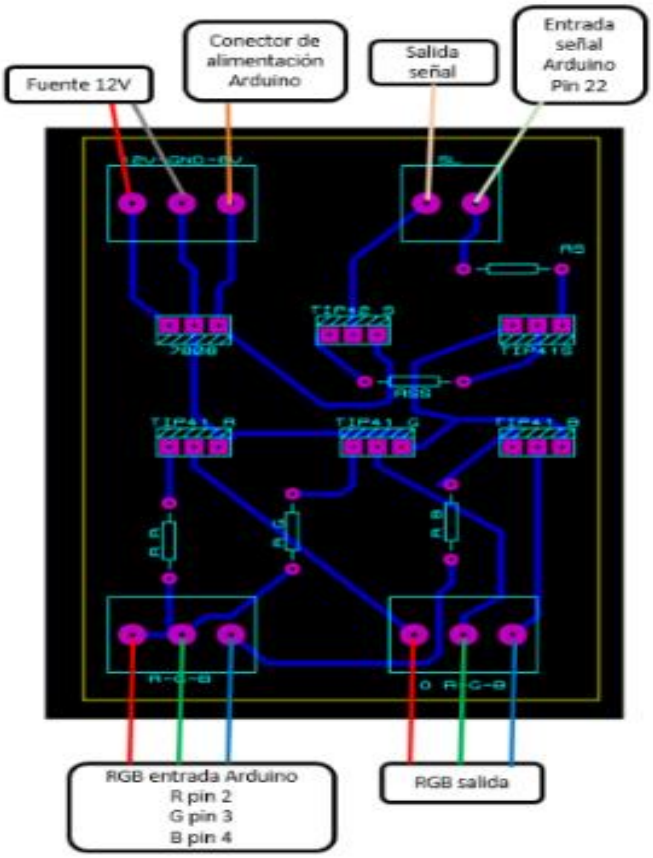


Figura 35: *Esquema del circuito para conexión de Arduino Nano con led RGB.*

9.3. WEB SERVICE.

En el web service se encuentra toda la parte lógica del sistema, provee de servicios a la aplicación web, módulo dado de colores, modulo tubo de colores e iluminación led, además permite la comunicación con la base de datos en donde se realizan los métodos CRUD. El registro de los usuarios, los inicios de sesión, las bitácoras de uso del sistema entre otros son las funciones que fueron otorgadas al sistema mediante el servidor web durante su desarrollo.

9.3.1 DISEÑO DEL MÓDULO CENTRAL.

El web service contiene toda la parte lógica del sistema, provee de servicios tanto a la aplicación web, como a los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led, además permite la comunicación con la base de datos en donde se realizan los métodos CRUD. El registro de los usuarios, los inicios de sesión, las bitácoras de uso del sistema entre otros son las funciones que fueron otorgadas al sistema mediante el servidor web durante su desarrollo. En la figura 36 se encuentra representado gráficamente el diseño del módulo central.

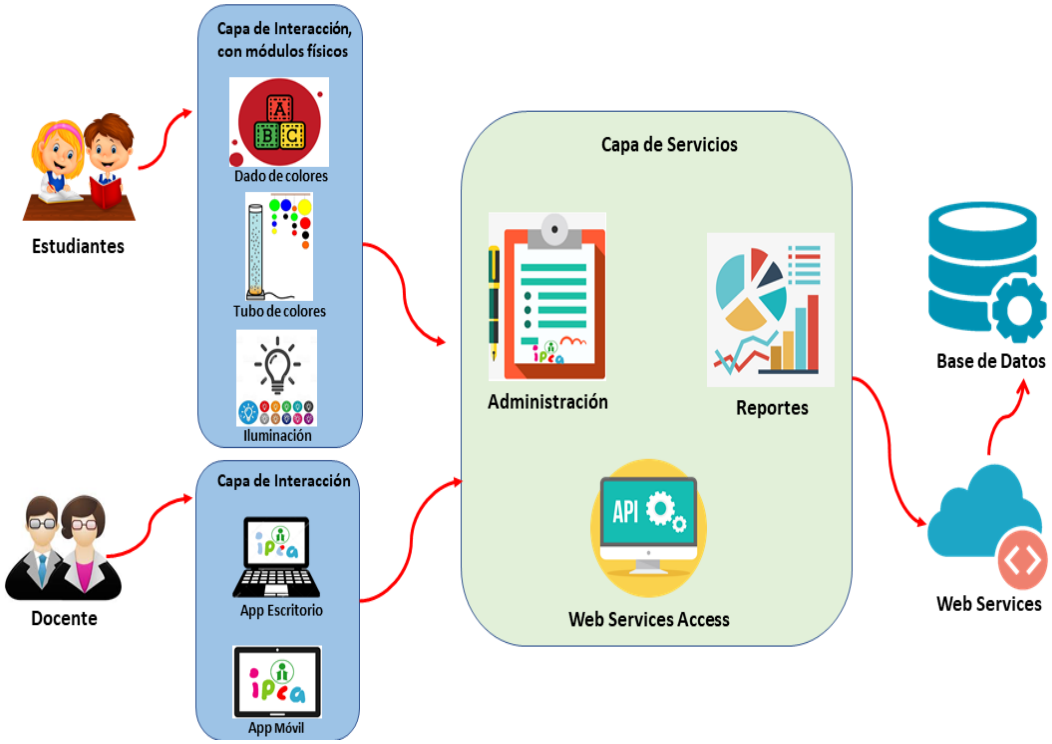


Figura 36: *Esquema del diseño del módulo central.*

- **MODELOS.**

Los modelos son utilizados en Django para definir las estructuras de los datos que van a ser almacenados en la base de datos, según los requerimientos del sistema se podrán establecer los atributos de los campos a insertar, tales como el tamaño máximo, tipo de dato, valores predeterminados, entre otros. En la figura 37 se podrá visualizar parte de los modelos utilizados en el presente proyecto.

```
# Create your models here.
class Docente(models.Model):
    dniDocente = models.IntegerField()
    nombreDocente = models.CharField(max_length=200, blank=True, null=True)
    apellidoDocente = models.CharField(max_length=200, blank=True, null=True)
    direccionDocente = models.TextField(max_length=200, blank=True, null=True)
    telefonoDocente = models.CharField(max_length=15, blank=True, null=True)
    celularDocente = models.CharField(max_length=15, blank=True, null=True)
    correoDocente = models.EmailField(blank=True, null=True)
    nacimientoDocente = models.CharField(max_length=15, blank=True, null=True)
    tituloDocente = models.CharField(max_length=200, blank=True, null=True)
    sostenimiento = models.CharField(max_length=200, blank=True, null=True)
    passwordDocente = models.CharField(max_length=200, blank=True, null=True)

    def __str__(self):
        return '{} {}'.format(self.nombreDocente, self.apellidoDocente)
```

Figura 37: *Modelos de Docentes.*

- **SERIALIZABLES.**

La serialización en Django se utiliza para serializar y deserializar los modelos generados en la aplicación a otros formatos como XML o JSON, es decir, permite convertir los datos creados como modelos en Django en formato JSON para el parseo desde el servidor hacia la aplicación. En la figura 38 se puede apreciar parte del código desarrollado en el presente proyecto para la serialización de datos.

```
serializers.py

class docSerializer(serializers.ModelSerializer):
    class Meta:
        model = Docente
        fields = ('nombreDocente', 'apellidoDocente')

class estSerializer(serializers.ModelSerializer):
    class Meta:
        model = Estudiante
        fields = ('nombreEstudiante', 'apellidoEstudiante')


class matriculaSerializer(serializers.ModelSerializer):

    estudiante = estSerializer()
    docente = docSerializer()

    class Meta:
        model = Matricula
        fields = ('id','estudiante','docente','nivel')

        def create(self, validated_data):
            datos_obj = Matricula(**validated_data)
            datos_obj.save()
            return datos_obj


        def update(self, instance, validated_data):
            instance.fechaMatricula = validated_data['fechaMatricula']
            instance.anioLectivo = validated_data['anioLectivo']
            instance.estudiante = validated_data['estudiante']
            instance.docente = validated_data['docente']
            instance.nivel = validated_data['nivel']
            instance.save()
            return instance
```

Figura 38: *Serialización de datos en Django.*

- **VISTAS.**

Las vistas se desarrollan en el archivo views.py, es una de las partes más importantes del servicio web, debido a que lleva toda la parte lógica de la aplicación para devolver una respuesta, es decir, realiza una solicitud web y

devuelve una respuesta web, además solicita la información de los modelos para presentarla a los templates. En la figura 39 se muestra parte de las vistas desarrolladas en el sistema.

```
views.py
@api_view(['POST'])
def auth(request):
    if request.method == 'POST':
        valor = False
        dni = request.data['dniDocente']
        password = request.data['passwordDocente']

        if Docente.objects.filter(dniDocente=dni, passwordDocente=password).exists():
            valor = True
        return Response({'existe':valor})
    else:
        return Response({'error':'peticion incorrecta'})

def index(request):
    return render(request, 'docente/index.html')

def docente_view(request):
    if request.method == 'POST':
        form = DocenteForm(request.POST)
        if form.is_valid():
            form.save()
        return redirect('docente:docente_list')
    else:
        form = DocenteForm()
    return render(request, 'docente/form_docente.html', {'form':form})

def docente_list(request):              #este es el modelo de una vista basa en funciones
    docente = Docente.objects.all().order_by('id')      #traer todos los objetos de docente
    contexto = {'docentes':docente}     #contexto es el id para las consutas en este caso se llama docentes
    return render(request, 'docente/docente_list.html', contexto)

def docente_edit(request, id_docente):
    docente = Docente.objects.get(id=id_docente)
    if request.method == 'GET':             #enviamos los datos a nuestro formulario
        form = DocenteForm(instance=docente) # rellena el formulario conla instancia denominada docente
    else:
        form = DocenteForm(request.POST, instance=docente) #guardamos la informacion en caso de haber
        if form.is_valid(): #evaluamos si el formulario es valido
            form.save()
        return redirect('docente:docente_list') #se redirige a la url docente listar
    return render(request,'docente/form_docente.html', {'form':form})

def docente_delete(request, id_docente):
    docente = Docente.objects.get(id=id_docente)
    if request.method  == 'POST':
        docente.delete()
        return redirect('docente:docente_list')
    return render(request,'docente/docente_delete.html', {'docente':docente})
```

Figura 39: *Vistas del sistema en Django.*

- **TEMPLATES.**

Los templates en Django permiten fusionar el código desarrollado en las vistas con plantillas, con la finalidad de generar una interfaz que sea amigable con el usuario, de tal manera resultara atractiva y fácil de usar, de los templates depende que la aplicación tenga éxito con el usuario final. En la figura 40 se representa parte de código utilizado en la implementación de los templates del sistema.

```
form_docente.html
{% extends 'base/base.html' %}

  {% block title1 %} NUEVO DOCENTE {% endblock %}
{% block content %}
<form method="post">
  {% csrf_token %}
  <div class="">
    <div class="container">
      <div class="row">
        <div class="col-md-12 order-md-1">
          <h4 class="mb-3"><b>Crear</b></h4>
          <form class="needs-validation" novalidate="">
            <div class="row">
              <div class="col-md-4 mb-3" style=""> <label for="firstName" id="id_nombreDocente">DNI</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_dniDocente" placeholder="" value="" required="" name="dniDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
            </div>
            <div class="row">
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="firstName" id="id_nombreDocente">NOMBRES</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_nombreDocente" placeholder="" value="" required="" name="nombreDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="lastName" id="id_apellidoDocente">APELLIDDOS</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_apellidoDocente" placeholder="" value="" required="" name="apellidoDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
            </div>
            <div class="row">
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="firstName" id="id_direccionDocente">DIRECCIÓN</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_direccionDocente" placeholder="" value="" required="" name="direccionDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="lastName" id="id_telefonoDocente">TELEFONO</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_telefonoDocente" placeholder="" value="" required="" name="telefonoDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
            </div>
            <div class="row">
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="firstName" id="id_celularDocente">CELULAR</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_celularDocente" placeholder="" value="" required="" name="celularDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
              </div>
            </div>
            <div class="row">
              <div class="col-md-6 mb-3"> <label for="firstName" id="id_correoDocente">CORREO</label>
                <input type="text" class="form-control" id="id_correoDocente" placeholder="" value="" required="" name="correoDocente">
                <div class="invalid-feedback" style=""> Este campo es requerido.. </div>
```

Figura 40: *Templates utilizados en la aplicación.*

- **URL.**

Las URLs en Django permiten dar un nombre a las distintas vistas creadas para la aplicación de manera que puedan ser alcanzadas como direcciones URL, son configuradas en el archivo urls.py. En la siguiente figura 41 se puede apreciar las URLs definidas para el presente proyecto.

```
urls.py
1  from django.conf.urls import include, url
2  from django.contrib.auth.decorators import login_required
3
4  from apps.docente.views import index, docente_view, docente_list, docente_edit, docente_delete
5  from apps.docente.views import auth
6
7  urlpatterns = [
8      url(r'^auth/$', auth, name='auth'),
9      url(r'^$', index, name='index'), #segundo parametro resive la vista en este caso def "index"
10     url(r'^nuevo$', login_required(docente_view), name='docente_crear'),
11     url(r'^listar$', login_required(docente_list), name='docente_list'),
12     url(r'^editar/(?P<id_docente>\d+)$', login_required(docente_edit), name='docente_editar'), #para listar se envia una expresion irregular "?"
13     url(r'^eliminar/(?P<id_docente>\d+)$', login_required(docente_delete), name='docente_eliminar'),
14 ]
15
```

Figura 41: *URLs definidas en Django.*

- **TRANSMISIÓN DATOS MEDIANTE XBEE.**

Para transmitir el mensaje que proviene desde la aplicación móvil hacia los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led, mediante el coordinador a los dispositivos end device es necesario desarrollar el código indicado en la figura 42 dentro del web service en Django.

```
def create(self, validated_data):
    ### Enviar dato Xbee
    ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0')
    ser.close()
    ser.open()
    prueba=validated_data['dado_estado']
    ser.write(str(prueba).encode())
    print("El valor que se envia al Xbee es: ",prueba)
    ser.close()
    dado = Dado(**validated_data)
```

Figura 42: *Código para comunicación entre la aplicación y módulos en Django.*

9.4. BASE DE DATOS.

- **CONEXIÓN CON LA BASE DE DATOS.**

Django posee una base de datos nativa llamada SQLite, en el presente proyecto se eligió a PostgreSQL como base de datos, debido al dominio de conocimiento que se mantiene sobre dicha plataforma. En la figura 43 se representa la configuración necesaria para establecer la conexión entre Django y PostgreSQL. El archivo correspondiente para la configuración es Settings.py.

```
DATABASES = {
    'default': {
        'ENGINE': 'django.db.backends.postgresql_psycopg2',
        'NAME': 'prueba',
        'USER': 'postgres',
        'PASSWORD': 'ipca.2018',
        'HOST': '127.0.0.1',
        'PORT': '5432',
    }
}
```

Figura 43: *Configuración de conexión entre Django y PostgreSQL.*

- **DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.**

La Base de Datos fue realizada según las necesidades de los docentes del IPCA, una vez llevado a cabo el levantamiento de requerimientos, se elaboró el esquema entidad relación del sistema, representado en la figura 44.

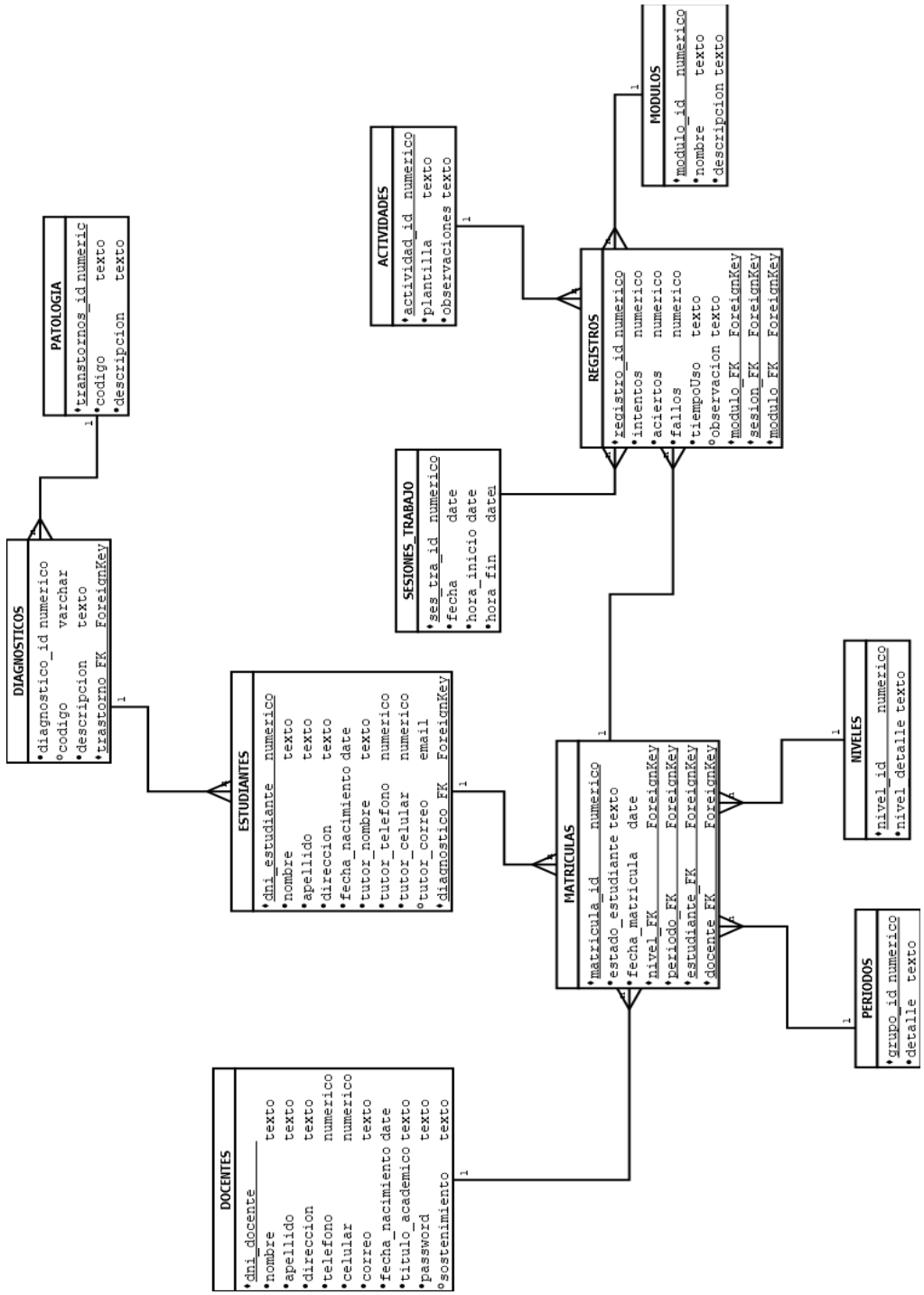


Figura 44: *Esquema entidad relación de la Base de Datos.*

9.5. APLICACIÓN MÓVIL.

9.5.1 CONVERSIÓN DE DATOS.

Para que la comunicación entre el servidor desarrollado en Python plataforma Raspberry y la aplicación creada en Android se realice, es necesario que exista un lenguaje de comunicación entre ellos para la interpretación de datos, de tal manera en el presente proyecto se utilizó JSON como intérprete de información entre las 2 plataformas.

JSON es un lenguaje universal desarrollado sobre JavaScript, conocida como una herramienta potente a la hora de convertir datos, es decir; permite enviar datos desde el servidor en formato JSON hacia un cliente Android o cualquier otra plataforma que lo requiera. Para el desarrollo de aplicaciones móviles, una vez la aplicación recibe los datos desde el servidor, es capaz de interpretar la información y la convierte en data maleable.

En la figura 45 se interpreta gráficamente la conversión de datos de la clase principal de la aplicación, para lo cual primero se debe realizar los getters y setters de las variables en Android con los mismos identificadores que se crearon en el servidor por temas de homogeneidad.

```
public class dado {
    String dado_id;
    String dado_estado;

    public String getDado_id() { return dado_id; }

    public void setDado_id(String dado_id) { this.dado_id = dado_id; }

    public String getDado_estado() { return dado_estado; }

    public void setDado_estado(String dado_estado) { this.dado_estado = dado_estado; }
}
```

Figura 45: *Inicialización de variables provenientes del servidor.*

9.5.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS RECIBIDOS DESDE EL SERVIDOR.

Cuando ya se han realizado los getters y setters de las variables provenientes del servidor, se puede proceder con la inicialización de las variables para posteriormente utilizarlos en métodos get o post, en este punto Android ya transforma los datos en un lenguaje maleable para la aplicación, en la figura 46 indica el código para lo indicado.

```
@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {...}

public void inicializar(){
    this.registrar_view = (TextView) findViewById(R.id.registrar_view);
    Calendar calendar = Calendar.getInstance();
    String fechaActual = DateFormat.getDateInstance(DateFormat.DATE_FIELD).format(calendar.getTime());
    this.modulo = (Spinner) findViewById(R.id.reg_mod_txt);
    modulo.setAdapter(new ArrayAdapter<>( context: this, android.R.layout.simple_spinner_item, letra));
    this.actividad = (Spinner) findViewById(R.id.actividad_txt);
    this.num_intentos = (EditText) findViewById(R.id.intentos_txt);
    this.aciertos = (EditText) findViewById(R.id.aciertos_txt);
    this.fallos = (EditText) findViewById(R.id.errores_txt);
    this.tiempo = (EditText) findViewById(R.id.tiempo_uso_txt);
    this.observacion = (EditText) findViewById(R.id.observacion_txt);
    this.matricula = (EditText) findViewById(R.id.matricula_txt);
```

Figura 46: *Inicialización de variables recibidas desde el servidor.*

9.5.3 MÉTODOS GET.

Una vez los datos han sido interpretados, se procede a realizar el método get al servidor, es decir, se realizará una petición de datos al servidor en formato JSON, como lo indica la figura 47, para lo cual es necesario crear el encabezado según la tabla 7.

ATRIBUTO.	DESCRIPCIÓN.
Httpclient.	Indica al servidor que es un cliente el que hace el get.
URL.	Establece la dirección URL del servidor al cual va a apuntar el cliente para realizar el get.
Header.	Indica el contenido del get y el formato en el que la información será enviada.

Tabla 7: *Atributos de un encabezado para método get.*

```
private class getActividades extends AsyncTask<String, Void, String>{   //Metodo AsyncTask nativo de java para la comunica
    public String doInBackground(String... params){
        try {
            System.out.println("actividades del servidor"+ HttpRequest.get(params[0]).accept("application/json").body());
            return HttpRequest.get(params[0]).accept("application/json").body();
        }catch (Exception e){
            return "";
        }
    }
```

Figura 47: *Encabezado del método get.*

En la figura 48 se puede apreciar el cuerpo del método get de la clase buscar.

```
public void onPostExecute(String result){
    if(result.isEmpty()){ //Si la busqueda no devuelve informacion.
        Toast.makeText( context: registrar_intento.this,  text: "Debe llenar las categorias antes de registrar un intento", Toast.LENGTH_LONG).show();
    }else {
        try {
            actividades = ipca.tesis.clases.matricula.obtenerActividades(result);
            System.out.println("imprimiendo actividades "+result);
            if(actividades.size() != 0){
                for (int i = 0; i < actividades.size(); i++) {
                    act_spinner[i] = actividades.get(i)[1];
                }
                actividad.setAdapter(new ArrayAdapter<String>( context: registrar_intento.this, android.R.layout.simple_spinner_item, act_spinner));
```

Figura 48: *Cuerpo del método get.*

9.5.4 MÉTODOS POST.

Una vez los datos han sido interpretados, se procede a realizar el Post al servidor, es decir, se realizará una inserción de datos en el servidor en formato JSON, como lo indica la figura 49, para lo cual es necesario crear el encabezado según la tabla 8.

ATRIBUTO.	DESCRIPCIÓN.
Httpclient.	Indica al servidor que es un cliente el que hace el post.
URL.	Establece la dirección URL del servidor al cual va a apuntar el cliente para realizar el post.
Header.	Indica el contenido del post y el formato en el que la información será enviada.

Tabla 8: *Atributos de un encabezado para método post.*

Como último paso se deberá enviar junto con el encabezado el cuerpo del método Post (figura 49) que debe estar compuesto según la tabla 9.

ATRIBUTO.	DESCRIPCIÓN.
JSONObject().	Inicializa el método para convertir un objeto en JSON.
jsonObject.put.	recopila los datos obtenidos por parte del atributo ingresado desde la aplicación para enviar al servidor.
httpCliente.execute(httPost).	Envía los datos al servidor en formato JSON.

Tabla 9: *Atributos de un cuerpo para método post.*

```
//Llamado al servidor JSON.
public Boolean doInBackground(Void... params){
    try{
    HttpClient httpClient = new DefaultHttpClient();
    HttpPost httpPost = new HttpPost( uri: "http://192.168.1.21:8000/servicios/modulos/dado/");
    httpPost.setHeader( name: "Content-Type" , value: "application/json");

    JSONObject jsonObject = new JSONObject();

        jsonObject.put( name: "dado_estado", estado);
        StringEntity stringEntity = new StringEntity(jsonObject.toString());
        httpPost.setEntity(stringEntity);
        httpClient.execute(httpPost);
        return true;
```

Figura 49: *Método Post para el control del módulo dado.*

10 PRESENTACIÓN.

10.1. INTERFAZ WEB.

- **PÁGINA DE INICIO DE SESIÓN.**

Django posee una ventana de inicio de sesión nativa, por tal motivo, se utilizará esta opción como el login del sistema para el IPCA, es necesario que el inicio de sesión se conecte directamente con el modelo docentes, para la autenticación de usuario y contraseña. En la figura 50 se aprecia la página en mención.

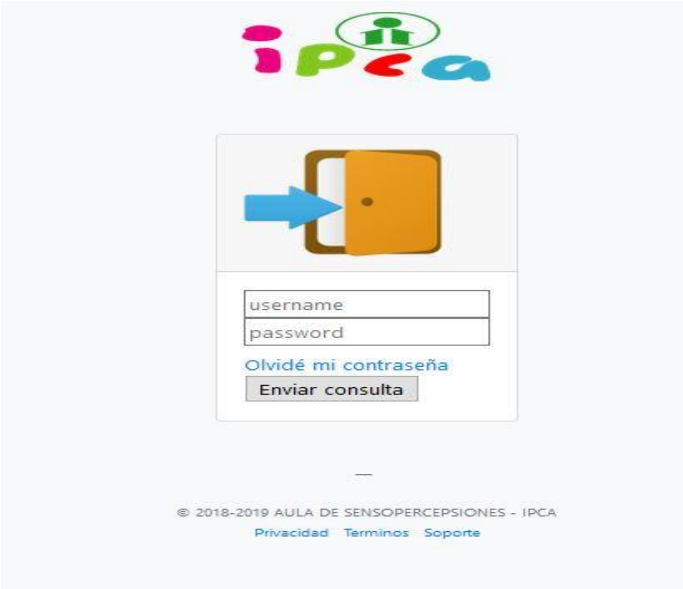


Figura 50: *Página inicio de sesión.*

- **PÁGINA PRINCIPAL DEL SISTEMA.**

En la figura 51 se evidencia la página principal de la aplicación web, es la continuación del inicio de sesión y permite la navegación por todo el entorno web. Desde la página principal se podrá registrar alumnos, registrar docentes, controlar el aula de sensopercepciones, registrar nuevas matrículas y registrar las terapias.

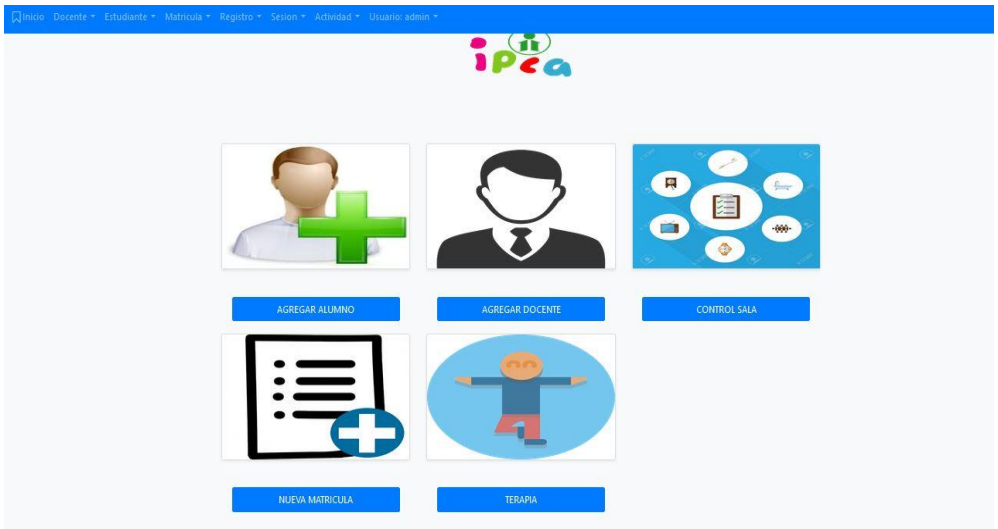


Figura 51: *Página principal del sistema.*

- **INSERCIÓN DE NUEVO DOCENTE.**

En la figura 52 se presenta la página con la cual se puede crear un registro de un nuevo docente.

Figura 52: *Página registro de docentes.*

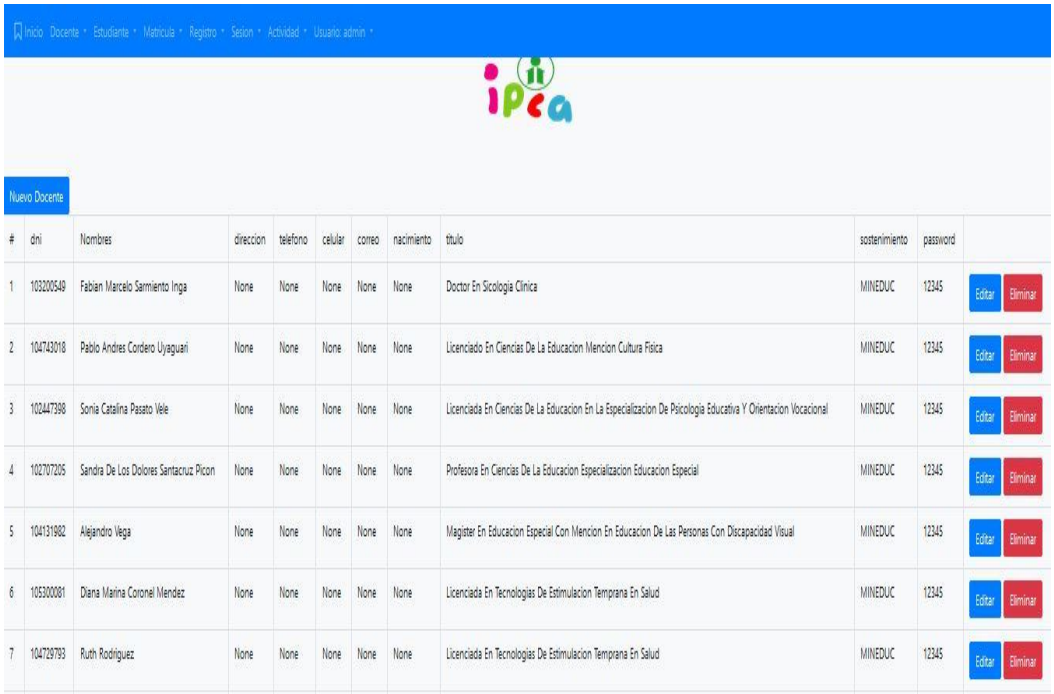
- **ELIMINACIÓN DE UN DOCENTE.**

En la figura 53 se presenta la página con la cual se puede eliminar un registro de un docente creado.

Figura 53: *Página eliminación de docentes.*

- **LISTAR DOCENTES REGISTRADOS.**

En la figura 54 se presenta la página con la cual se puede listar todos los docentes registrados en el sistema de la sala.



#	dni	Nombres	direccion	telefono	celular	correo	nacimiento	titulo	sostenimiento	password	
1	103200549	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	None	None	None	None	None	Doctor En Sicologia Clinica	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
2	104743018	Pablo Andres Cordero Uyaguari	None	None	None	None	None	Licenciado En Ciencias De La Educacion Mencion Cultura Fisica	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
3	102447398	Sonia Catalina Pasato Vele	None	None	None	None	None	Licenciada En Ciencias De La Educacion En La Especializacion De Psicologia Educativa Y Orientacion Vocacional	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
4	102707205	Sandra De Los Dolores Santacruz Picon	None	None	None	None	None	Profesora En Ciencias De La Educacion Especializacion Educacion Especial	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
5	104131982	Alejandro Vega	None	None	None	None	None	Magister En Educacion Especial Con Mencion En Educacion De Las Personas Con Discapacidad Visual	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
6	105300081	Diana Marina Coronel Mendez	None	None	None	None	None	Licenciada En Tecnologias De Estimulacion Temprana En Salud	MINEDUC	12345	Editar Eliminar
7	104729793	Ruth Rodriguez	None	None	None	None	None	Licenciada En Tecnologias De Estimulacion Temprana En Salud	MINEDUC	12345	Editar Eliminar

Figura 54: *Página para listar docentes.*

- **INSERCIÓN DE NUEVO ESTUDIANTE.**

En la figura 55 se puede apreciar la página con la cual se puede registrar un nuevo estudiante.

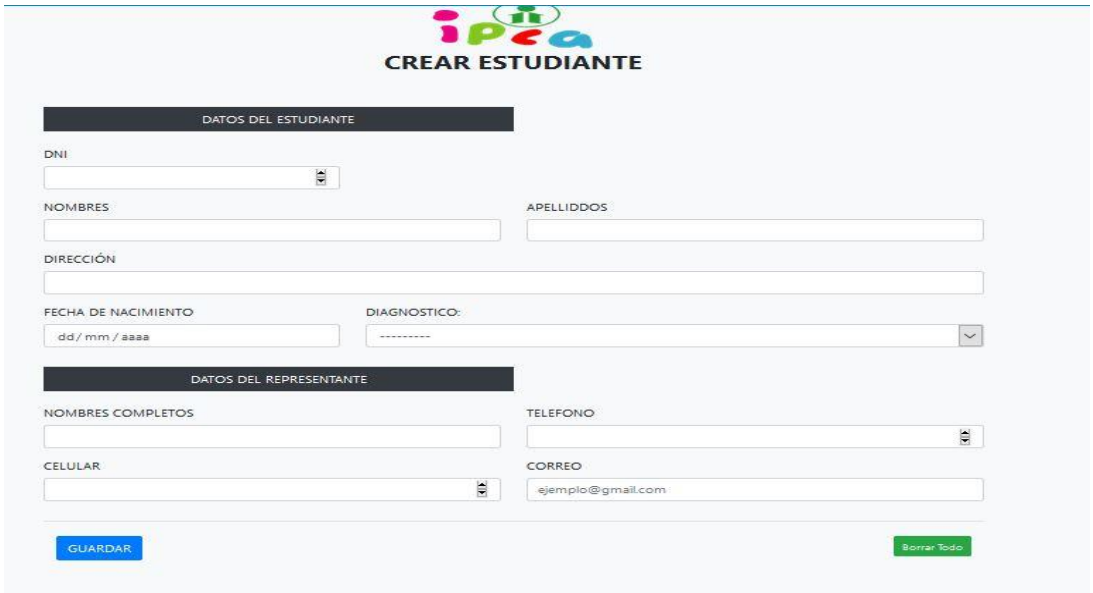


Figura 55: *Página de registro de nuevos estudiantes.*

- **LISTAR ESTUDIANTES REGISTRADOS.**

En la figura 56 se observa la página con la cual se puede realizar un listado de todos los estudiantes registrados en los distintos niveles del IPCA.

Nuevo Estudiante

#	dni	Nombres	Diagnostico	Dirección	Fecha Nacimineto	Representante	Telefono Repre	celular Repre	Correo Repre	
1	150622884	JORGE ADRIAN AGURTO CAJAS	None	24 DE M,AYO Y UCUBAMBA	02/01/2013	Silvia Isabel Cajas Cajas	None	0999561692	None	Editar Eliminar
2	106122286	JESSICA MELISSA ALBARRACIN TACURI	None	BARRIO SAN JOSE DEL CARMEN DE SINICAY	19/02/2006	Luz Tacuri Naula	074033099	0999599301	None	Editar Eliminar
3	107080467	KASSANDRA ANAHI ALDAS GUERRERO	None	REMIGIO CRESPO Y JOSE LOZADA S/N	29/10/2002	GUERRERO GAVILANEZ CARMEN YOLANDA	None	0981352752	None	Editar Eliminar
4	107086183	JUAN ESTEBAN ALVAREZ QUINDE	None	GUAPONDELIG 2-08 Y QUILLAÑAN	03/04/2003	Juan Leoncio Alvarez Mendieta	074109636	0979954035	None	Editar Eliminar

Figura 56: *Página para listar los estudiantes registrados.*

- **INSERCIÓN DE NUEVO MÓDULO.**

En la figura 57 se aprecia la página del sistema con la cual se puede crear un nuevo módulo para que interactúe con el servidor en caso de ser necesario.

Figura 57: *Página para registrar nuevos módulos.*

- **INSERCIÓN DE NUEVA ACTIVIDAD.**

En la figura 58 se observa la página con la cual permite registrar nuevas actividades para realizar terapias físicas en los pacientes/estudiantes.

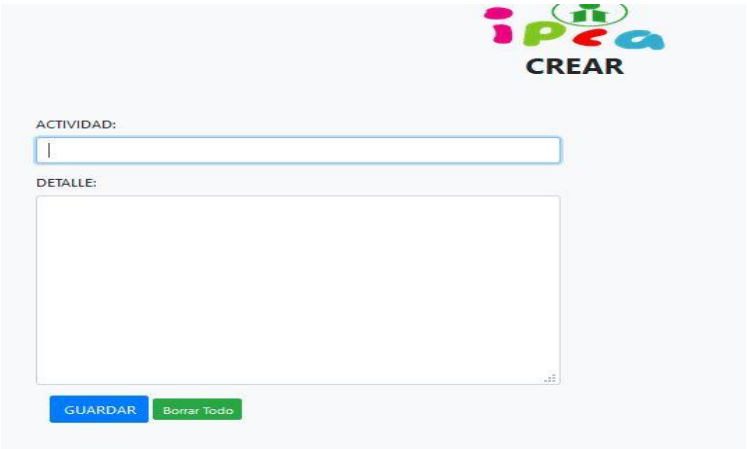


Figura 58: *Página para registrar una nueva actividad.*

- **INSERCIÓN DE NUEVO NIVEL.**

En la figura 59 se interpreta la página con la que se puede registrar un nuevo nivel escolar.

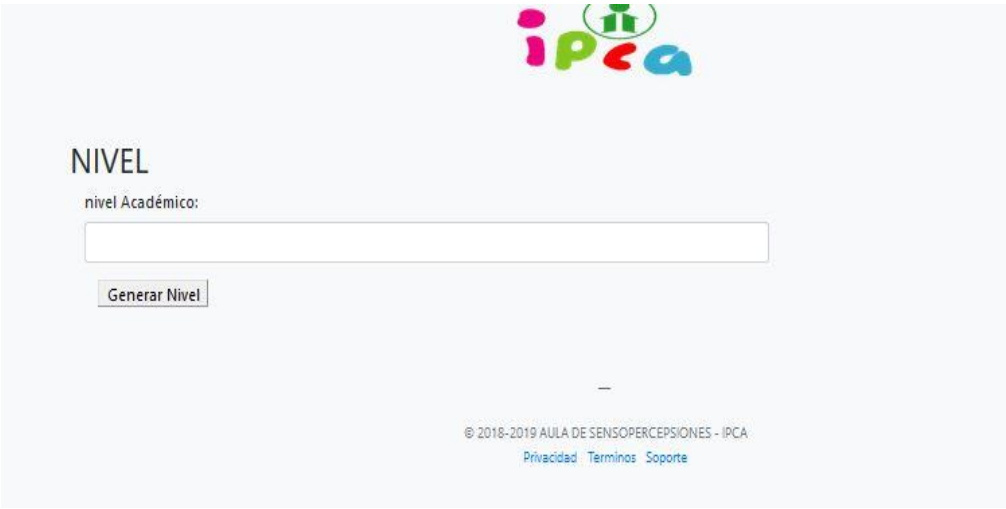


Figura 59: *Página para el registro de un nuevo nivel escolar.*

- **INSERCIÓN DE NUEVA MATRÍCULA.**

En la figura 60 se observa la página con la que se puede realizar un nuevo registro para nuevas matrículas para estudiantes recién ingresados al plantel.

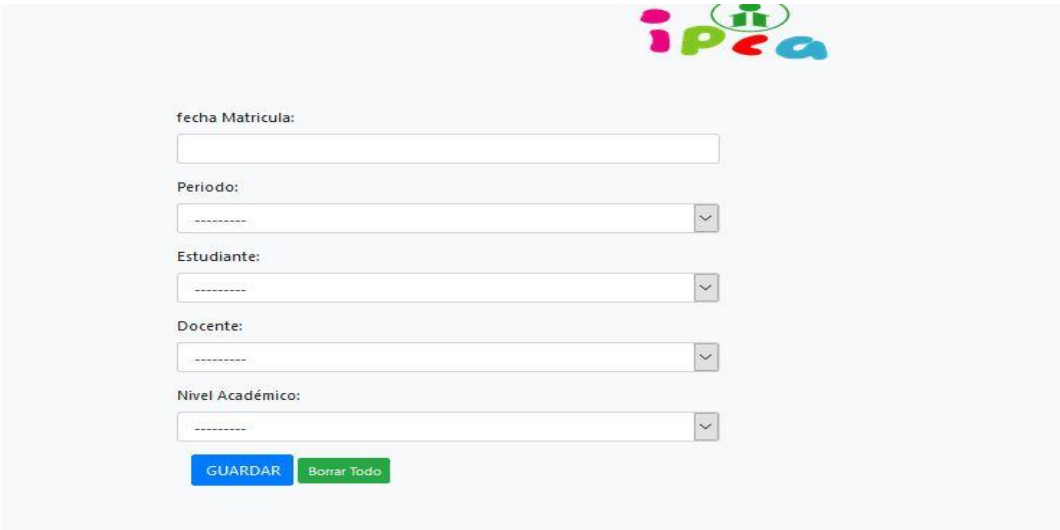


Figura 60: *Página para registro de una nueva matricula.*

- **LISTAR MATRÍCULAS REGISTRADAS.**

En la figura 61 vemos la página que permite listar todas las matrículas de los estudiantes registrados en el sistema.

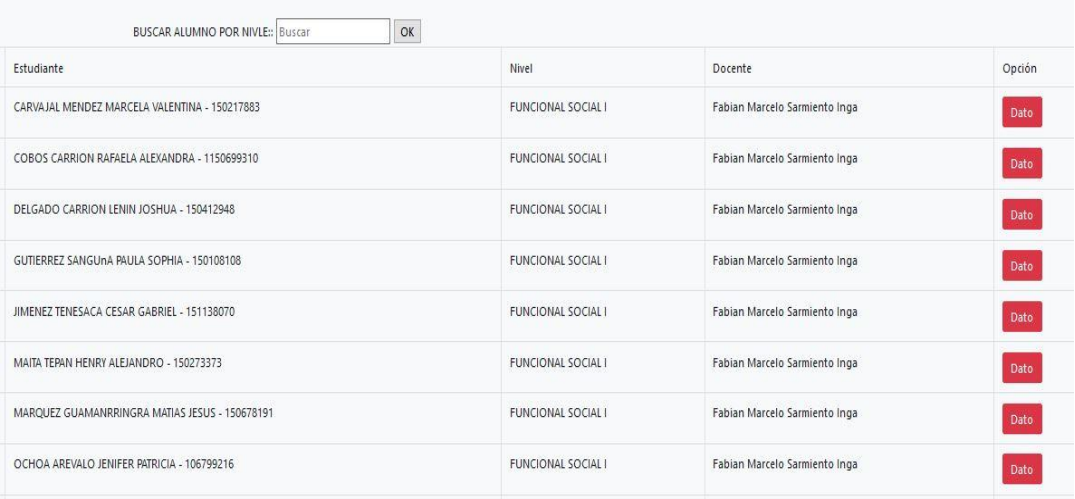
Nuevo Matricula

#	fecha Matricula	Estudiante	Año Lectivo	Docente	Nivel	Opción
1	31/8/2018	AGURTO CAJAS JORGE ADRIAN - 150622884	2018-2019	Diana Marina Coronel Mendez	FUNCIONAL SOCIAL I	Editar Eliminar
2	31/8/2018	ALBARRACIN TACURI JESSICA MELISSA - 106122286	2018-2019	Sonia Catalina Pasato Vele	FUNCIONAL SOCIAL II	Editar Eliminar
3	31/8/2018	ALDAS GUERRERO KASSANDRA ANAHI - 107080467	2018-2019	Sandra De Los Dolores Santacruz Picon	FUNCIONAL SOCIAL III	Editar Eliminar
4	31/8/2018	ALVAREZ QUINDE JUAN ESTEBAN - 107086183	2018-2019	Diana Marina Coronel Mendez	FUNCIONAL VOCACIONAL	Editar Eliminar
5	31/8/2018	ALVEAR CARRION JHONATAN FABRICIO - 150383859	2018-2019	Sonia Beatriz Tenesaca Guaman	FUNCIONAL ACADEMICO I	Editar Eliminar
6	31/8/2018	AMATIMA LEIMA ITRIAN JOSUE - 127902063	2018-2019	Jessica Johanna Orellana Peraalta	INICIAL I	Editar Eliminar
7	31/8/2018	ANGAMARCA ANGAMARCA LEONELA DE LOS ANGELES - 1105911919	2018-2019	Diana Marina Coronel Mendez	FUNCIONAL VOCACIONAL	Editar Eliminar

Figura 61: *Página donde se lista las matrículas del sistema.*

- **LISTAR ESTUDIANTES POR NIVEL.**

En la figura 62 se evidencia la página que permite listar los estudiantes por nivel de estudios.



BUSCAR ALUMNO POR NIVLE:: Buscar OK

Estudiante	Nivel	Docente	Opción
CARVAJAL MENDEZ MARCELA VALENTINA - 150217883	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
COBOS CARRION RAFAELA ALEXANDRA - 1150699310	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
DELGADO CARRION LENIN JOSHUA - 150412948	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
GUTIERREZ SANGUnA PAULA SOPHIA - 150108108	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
JIMENEZ TENESACA CESAR GABRIEL - 151138070	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
MAITA TEPAN HENRY ALEJANDRO - 150273373	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
MARQUEZ GUAMANRRINGRA MATIAS JESUS - 150678191	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato
OCHOA AREVALO JENIFER PATRICIA - 106799216	FUNCIONAL SOCIAL I	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Dato

Figura 62: *Página donde se lista los estudiantes según el nivel.*

- **INSERCIÓN DE REGISTRO POR ALUMNO.**

En la figura 63 se observar la página con la cual se puede registrar el resultado de los intentos que realizan los estudiantes con los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led.

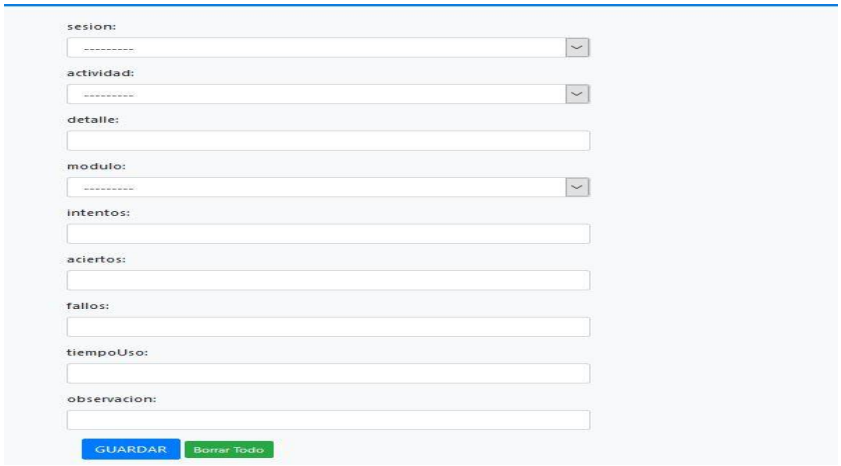


Figura 63: *Página de registro de intentos realizados con los módulos.*

- **LISTAR REGISTROS REALIZADOS.**

En la figura 64 se observa la página con la cual se puede listar los resultados de los intentos realizados con la interacción de los estudiantes con los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led.

Fecha Sesión	estudiante	nivel	actividad	detalle	modulo	intentos	fallos	aciertos	tiempoUso	observacion	docente	Opcion
13/03/19	GUTIERREZ SANGUnA PAULA SOPHIA - 150108108	FUNCIONAL SOCIAL I	Motricidad brazos	PIES	DADO	5	3	2	10	ALCANZADO	Fabian Marcelo Sarmiento Inga	Editar Eliminar
14/03/19	ALVAREZ QUINDE JUAN ESTEBAN - 107086183	FUNCIONAL VOCACIONAL	Motricidad brazos	None	DADO	3	2	1	15 minutos	Dado es pesado	Diana Marina Coronel Mendez	Editar Eliminar
14/03/19	DUMAGUALA BALAREZO ALISSON GABRIELA - 150404689	FUNCIONAL ACADEMICO II	Motricidad brazos	Intentos	DADO	3	2	1	15 minutos	Dado es pesado	Klever Paul Enriquez Padilla	Editar Eliminar
14/03/19	QUEZADA ZUnIGA CRISTOPHER SEBASTIAN - 107468811	FUNCIONAL ACADEMICO II	Motricidad brazos	Niño con PCI	DADO	10	6	4	15 minutos	Se le dificulta dar la vuelta al dado por su motricidad	Klever Paul Enriquez Padilla	Editar Eliminar

Figura 64: *Página donde se lista los intentos registrados.*

10.2. INTERFAZ MÓVIL.

- **PANTALLA DE LOGIN.**

En la figura 65 se aprecia la pantalla de inicio de sesión para el ingreso al sistema por parte de los docentes, así como para el control de la interacción de los estudiantes con los módulos.

Figura 65: *Pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil.*

- **PANTALLA PRINCIPAL.**

En la figura 66 se observa la pantalla principal de navegación del sistema, desde la cual se puede dirigir a las páginas de selección de estudiantes registro de intentos y módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación.

Figura 66: *Pantalla principal de navegación de la aplicación.*

- **PANTALLA DE SELECCIÓN DE ESTUDIANTES.**

En la figura 67 se aprecia la pantalla con la que se realiza la búsqueda y selección de estudiantes según el nivel que están cursando, una vez filtrado el nivel por medio del spinner se despliega una lista en donde se muestra todos los estudiantes asignados, finalmente se puede se puede elegir un paciente de la lista desplegada.

Figura 67: *Pantalla de búsqueda y selección de estudiantes.*

- **PANTALLA DE MÓDULOS.**

En la figura 68 se observa los módulos existentes en el sistema, en la primera etapa se implementaron el dado de colores, tubo de colores e iluminación led.

Figura 68: *Pantalla de selección de módulos.*

- **PANTALLA DADO DE COLORES.**

En la figura 69 se observa las funciones que ofrece el módulo dado de colores, las opciones consisten en demostración, encendido o terapia, detener, registrar intento y apagado.

Figura 69: *Pantalla de funcionamiento dado de colores.*

- **PANTALLA TUBO DE COLORES.**

En la figura 70 se observa las funciones que ofrece el módulo tubo de colores, las opciones consisten en demostración, encendido o terapia, registrar intento y apagado.

Figura 70: *Pantalla de funcionamiento tubo de colores.*

- **PANTALLA ILUMINACIÓN LED.**

En la figura 71 se evidencia las funciones que ofrece el módulo iluminación led, las opciones consisten en demostración, cambio de colores del aula, terapia, registrar intento y apagado.

Figura 71: *Pantalla de funcionamiento de iluminación led.*

- **PANTALLA REGISTRO DE USO DE MÓDULOS.**

En la figura 72 se visualiza la página en la que se registran los intentos realizados con los módulos tubo de colores, dado de colores e iluminación led.

Figura 72: *Pantalla de registro de interactuación con uso de módulos.*

11 PRUEBAS.

Previo a la entrega formal del sistema del aula multisensorial al IPCA Anexo 17.1, se inició con la fase de pruebas las cuales permitieron testear el funcionamiento del mismo, se realizaron pruebas en conjunto con los docentes, para la interacción de los módulos se eligieron al azar estudiantes con capacidades motrices medias y altas como se puede evidenciar en las figuras 73 y 74, la sesión de terapia dura un promedio de diez minutos y se realizan cuatro intentos. Los intentos pueden ser registrados en el sistema por medio de la aplicación web y/o móvil.

Figura 73: *Interacción en pruebas realizadas con el módulo dado de colores.*

Figura 74: *Interacción en pruebas realizadas con el módulo tubo de colores.*

Se recopiló un corpus de 80 resultados en los cuales se almacenó información con los siguientes parámetros:

Estudiante	Sexo	Edad	Modulo	Actividad	Intentos	Aciertos	Fallos
ALEX MATEO MOROCHO YUNGA	M	11	DADO	Motricidad brazos	4	1	3
MICHAEL FERNANDO CORDERO GUTAMA	M	7	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	0	4
DOMENICA LISETH MONTAnO CHILLOGALLI	F	10	Iluminacion	Motricidad brazos	4	2	2
JHONATAN FABRICIO ALVEAR CARRION	M	8	DADO	Motricidad brazos	10	8	2
JUAN DIEGO MENDIETA CARRION	M	10	DADO	Motricidad brazos	4	1	3
KEVIN ESTHIFER CAGUANA SAULA	M	6	DADO	Motricidad brazos	4	1	3
LESLI VALENTINA ASES VALDEZ	F	5	DADO	Motricidad brazos	10	7	3
LUZ MARIA ANGULO SANCHEZ	F	13	DADO	Motricidad brazos	10	5	5
MARIA DEL CISNE MEJIA CACERES	F	7	DADO	Motricidad brazos	4	0	4
MICHAEL FERNANDO MEJIA TOBAR	M	8	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
NICOLAS ELIAS LEON REMACHE	M	5	Iluminacion	Motricidad brazos	4	0	4
PEDRO JOSE MALDONADO ALVAREZ	M	12	DADO	Motricidad brazos	4	1	3
ALISSON GABRIELA DUMAGUALA BALAREZO	F	11	Iluminacion	Motricidad brazos	4	2	2
BERENISE TATIANA DUMAGUALA BALAREZO	F	15	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	1	3
BLANCA DEL CISNE GALARZA SUAREZ	F	14	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
BORIS PATRICIO NAULA MOROCHO	M	10	Tubo Brillo	Motricidad brazos	4	2	2
EMILIO SANTIAGO MOLINA ZHUNIO	M	13	DADO	Motricidad pies	4	1	3
GABRIEL ALEJANDRO MILLAN SALA	M	10	Tubo Brillo	Motricidad brazos	4	2	2
JONNATHAN SEBASTIAN COTACACHI JARAMA	M	13	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	0	4
JUAN DAVID AZA RIERA	M	13	DADO	Motricidad brazos	10	8	2
NIXON ALEXIS MOROCHO CORDOVA	M	14	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
ANTHONY ALEJANDRO ORTEGA LANDI	M	6	Iluminacion	Motricidad brazos	4	1	3
CESAR GABRIEL JIMENEZ TENESACA	M	9	Iluminacion	Motricidad brazos	4	1	3
HENRY ALEJANDRO MAITA TEPAN	M	8	DADO	Motricidad pies	4	2	2
JENIFER PATRICIA OCHOA AREVALO	F	9	Iluminacion	Motricidad pies	4	1	3
JORGE ADRIAN AGURTO CAJAS	M	6	DADO	Motricidad brazos	5	3	2
LENIN JOSHUA DELGADO CARRION	M	6	DADO	Motricidad brazos	4	2	2
MARCELA VALENTINA CARVAJAL MENDEZ	F	7	Iluminacion	Motricidad brazos	4	1	3
MATIAS JESUS MARQUEZ GUAMANRRINGRA	M	6	Iluminacion	Motricidad brazos	4	1	3
PAULA SOPHIA GUTIERREZ SANGUnA	F	7	DADO	Motricidad pies	4	3	1
RAFAELA ALEXANDRA COBOS CARRION	F	5	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
ADRIAN ALEXANDER AREVALO DURAN	M	12	DADO	Motricidad brazos	10	6	4
AMY SAMANTHA JARA SARMIENTO	F	11	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
CAMILO ANDRE MONTALVAN BACUILIMA	M	12	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	0	4
DAMIAN ALEXANDER CALLE BONILLA	M	13	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	1	3
DAYANA YOMAIRA CHAMBA PUGA	F	10	Iluminacion	Motricidad pies	4	0	4
JAIRO FERNANDO GAVILANES RAMoN	M	12	Iluminacion	Motricidad brazos	4	0	4
JESSICA MELISSA ALBARRACIN TACURI	F	13	DADO	Motricidad brazos	3	2	1
JUAN SEBASTIAN NAREA MOROCHO	M	10	Iluminacion	Motricidad pies	4	3	1
LUIS DAVID LOJA GODOS	M	10	Tubo Brillo	Motricidad brazos	4	1	3
ROSA MARIA ANGULO SANCHEZ	F	11	DADO	Motricidad brazos	10	7	3
SERVIO DAVID JARAMILLO CHALCO	M	11	Iluminacion	Motricidad brazos	4	0	4
ANDY STEVEN IZQUIERDO DUTAN	M	21	Tubo Brillo	Motricidad pies	4	1	3
ERIKA GRACIELA FAJARDO GUAMAN	F	21	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
GIORDY DAMIAN CARVAJAL MORENO	M	21	Iluminacion	Motricidad brazos	4	3	1
JAMIL BYRON HURTADO MALIZA	M	20	DADO	Motricidad brazos	4	3	1
KASSANDRA ANAHI ALDAS GUERRERO	F	16	DADO	Motricidad brazos	3	2	1
LUIS ALBERTO DELEG PUMA	M	27	DADO	Motricidad brazos	4	3	1
LUIS FRANCISCO MORALES CARPIO	M	15	DADO	Motricidad brazos	4	2	2

Tabla 10: *Datos recopilados en Pruebas del sistema.*

12 RESULTADOS.

En la figura 75 se observan varios gráficos de dispersión, los cuales se obtuvieron a partir del corpus recolectado (tabla 10). Los parámetros que intervienen permiten analizar los errores y los aciertos obtenidos por parte de los estudiantes según las distintas enfermedades que tienen. Mediante un análisis de los resultados se determinó que las enfermedades que predominan entre los involucrados en las pruebas son autismo, trastornos del desarrollo intelectual, parálisis cerebral espástica y retraso psicomotor.

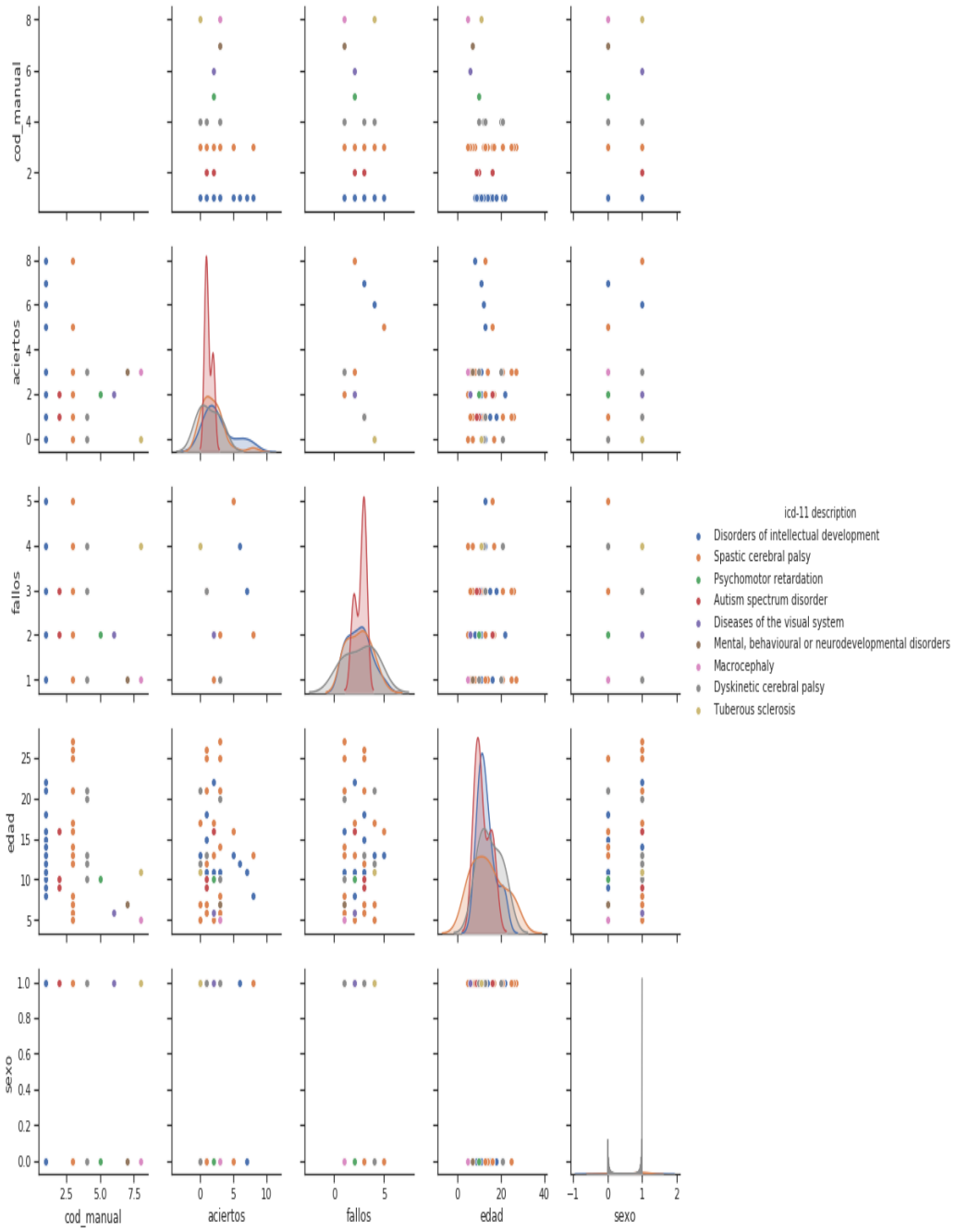


Figura 75: *Gráfica de dispersión, obtenida de los resultados de las pruebas.*

En la figura 76 se observa un gráfico demográfico obtenida a partir de las pruebas realizadas a un segmento de población escogida al azar de los estudiantes del IPCA, luego de un análisis se verificó que la población masculina comprendida entre los 8 y 15 años son los que tienden a equivocarse con mayor frecuencia al usar los módulos dado de colores, tubo de colores e iluminación led. Los datos mencionados se pueden verificar en los planos de la gráfica que interceptan con el eje horizontal sexo, edad y el eje vertical fallos. Cabe destacar que la mayor cantidad de estudiantes/pacientes que asisten a la institución, pertenecen al género masculino.

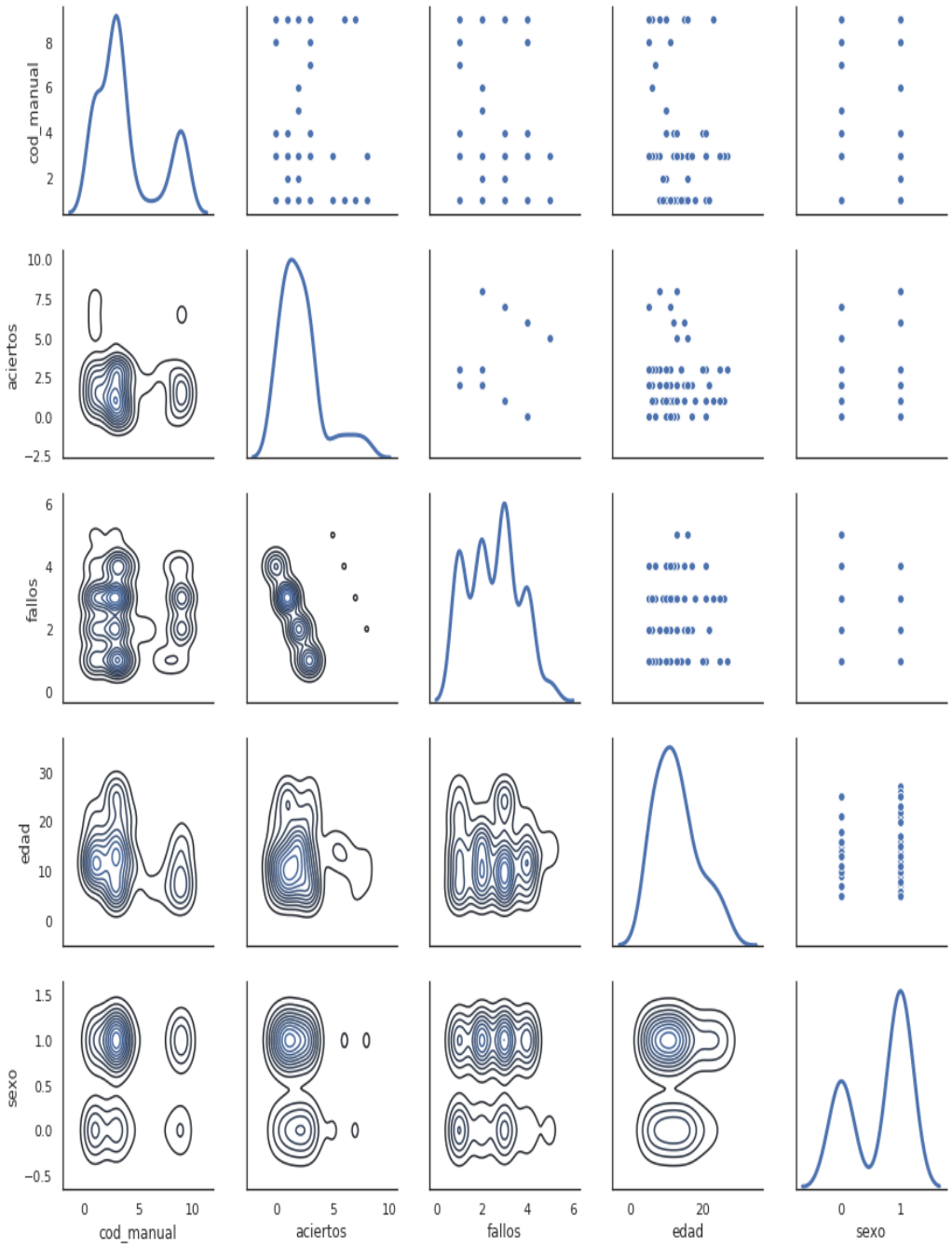


Figura 76: *Gráfico demográfico, obtenido de las pruebas realizadas.*

En la figura 77 se observa los efectos positivos que el aula de sensopercepciones ejerce sobre los pacientes/estudiantes que realizaron pruebas, se pudo notar que, según los datos estadísticos la terapia desarrollada durante 2 o 3 veces por semana ayuda a la evolución de los pacientes en sus habilidades cognitivas y motrices.

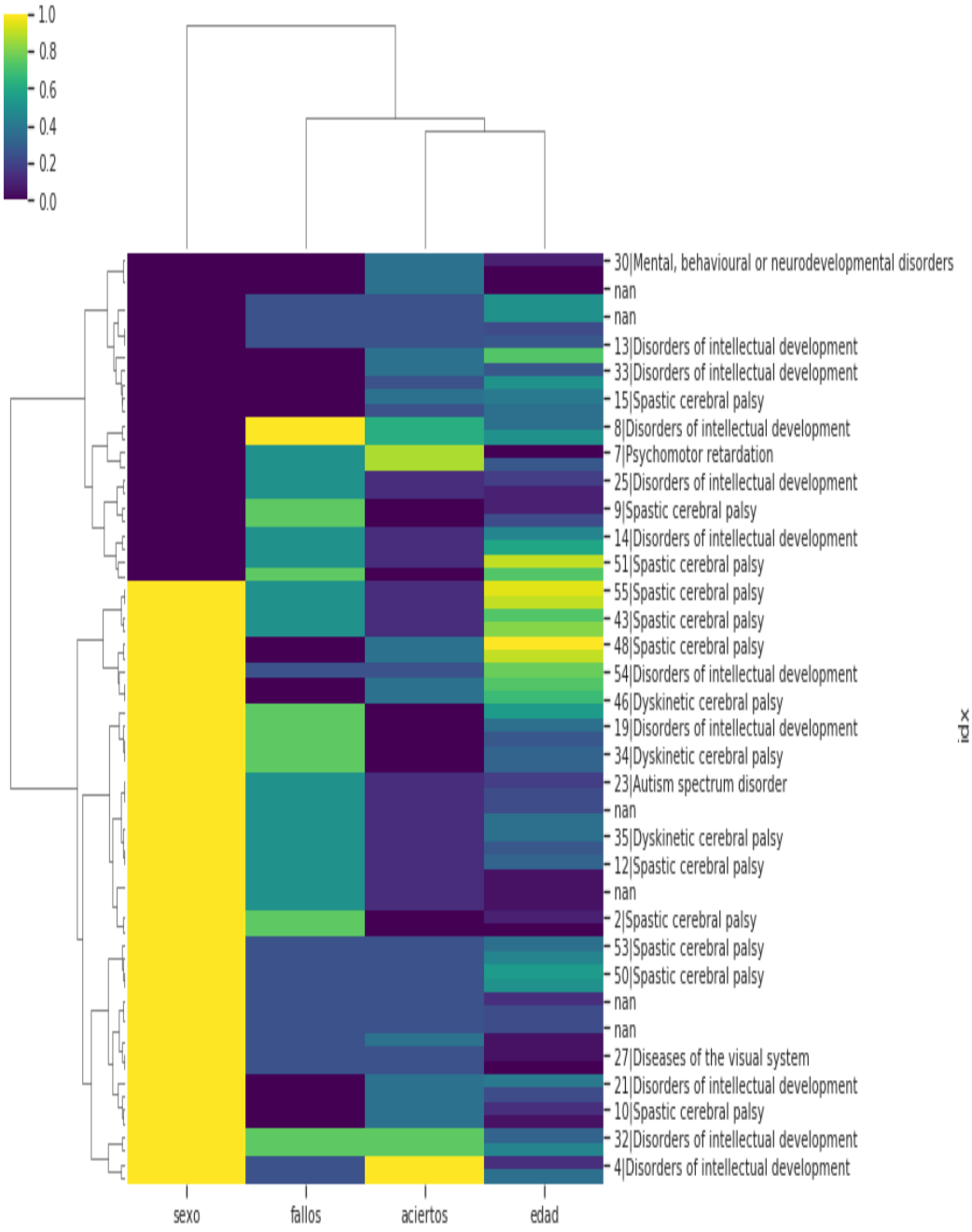


Figura 77: *Gráfico de resumen de aciertos y errores de los estudiantes*

En la figura 78 observamos un gráfico de radar, en el cual se presenta los resultados de aciertos en color azul y los errores en color rojo, obtenidos a partir de una búsqueda de los diagnósticos clínicos, realizada a la tabla 10, en ella se observa que la mayoría de los estudiantes/pacientes que utilizaron el aula presentan trastornos del desarrollo intelectual (6A00) y Retraso psicomotor (MB23).

Con los datos presentados los docentes no solo podrán observar los aciertos y errores, sino también tienen la posibilidad de realizar nuevamente las terapias e ir evaluando el avance de los estudiantes/pacientes según el diagnostico, y a su vez comparar los

distintos resultados para conocer si la terapia ha generado beneficios en la condición de vida del mismo.

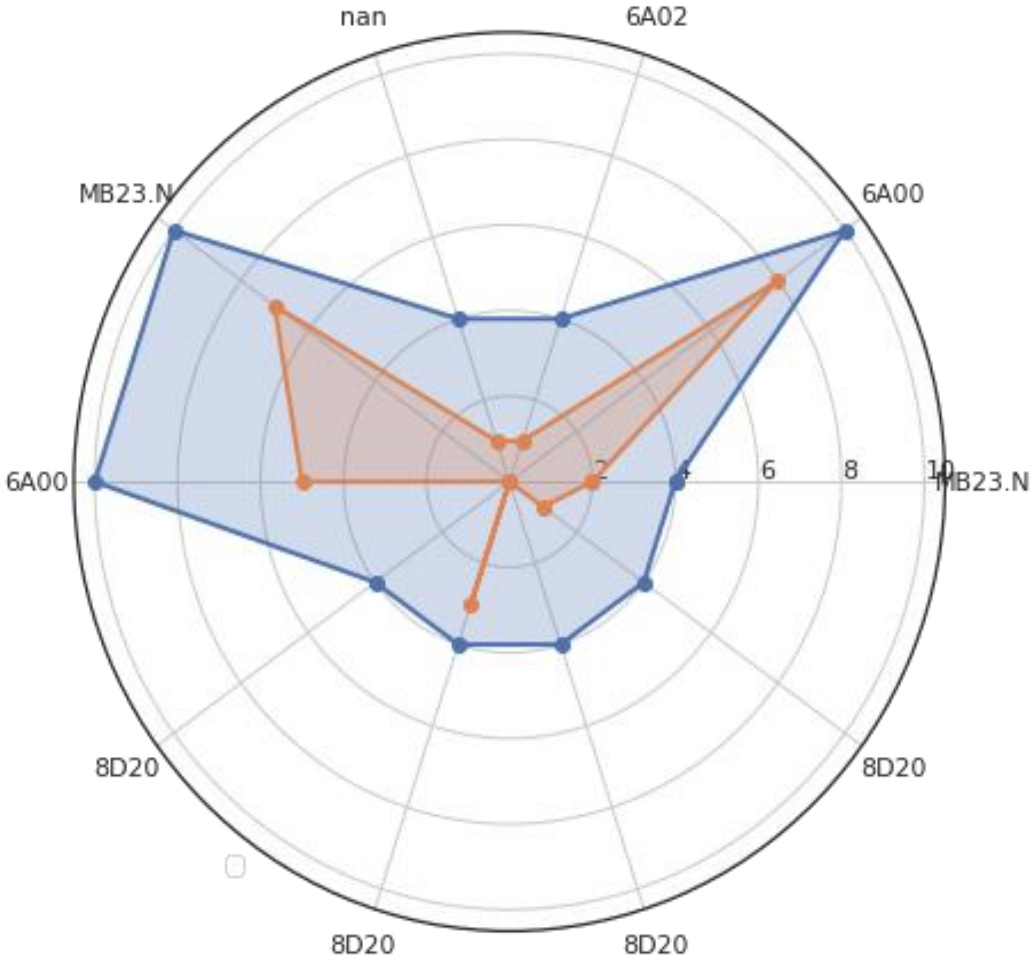


Figura 78: *Gráfico de radar, resultado de las pruebas realizadas*

13 CONCLUSIONES.

- El estándar de Zigbee y los dispositivos XBee, son ideales para proyectos que requieren de comunicación de corto alcance, alta tasa de transmisión de datos y poco consumo energético, según las pruebas realizadas en la comunicación entre los módulos se pudo evidenciar que el cien por ciento de los datos fueron transmitidos sin ningún tipo de interrupción ni demora; sin embargo, es necesario considerar la escalabilidad de componentes y/o restricciones en el límite de velocidad de transmisión.

- En el desarrollo del entorno web se pudo apreciar que Django es una herramienta potente para la creación de entornos web, su funcionalidad permitió el ahorro de recursos y aumentó notablemente la escalabilidad del sistema, además uno de los complementos,

Rest Framework, permitió que la comunicación del servidor y la aplicación móvil pueda realizarse en menos tiempo de lo propuesto.

- El desarrollo de módulos prototipos conlleva una gran carga de trabajo en el área tecnológica, sin embargo, la misma no puede ser concluida sin las observaciones, recomendaciones y correcciones por parte del personal profesional de cada área que se involucran en el proyecto, especialmente en la fase de pruebas. Esto se debe a que es necesaria la experticia del personal a cargo, para que los pacientes puedan utilizar correctamente el sistema y así obtener datos productivos para las estadísticas.

- En cuanto a la intensidad de la iluminación y la frecuencia de cambio de colores generados por la iluminación led en los distintos módulos, debe ser meticulosamente configurada y calibrada, debido a que los efectos que posiblemente ejercen a pacientes que padecen enfermedades cerebrales pueden ser graves, desde un ligero susto hasta ataques epilépticos.

- Según las pruebas realizadas con el dado de colores por parte de los pacientes de la institución, se evidenció que es necesario que los módulos inalámbricos sean robustos, debido a que son manipulados por los niños durante las terapias sin ningún tipo de precaución. Sin embargo, el dado implementado no sufrió afectación alguna.

- La implementación de un módulo de minería de datos permitió satisfacer una de las mayores necesidades de los docentes, el cual es conocer la evolución que tienen los estudiantes de IPCA al realizar las terapias frecuentemente dentro del aula de sensopercepciones.

- Los datos recolectados dentro del tiempo de pruebas de la sala permitieron presentar la información de una forma gráfica, el cual permitió a los docentes entender de una manera efectiva el conjunto de datos obtenidos. Con los resultados generados los docentes pueden elaborar planes de trabajo y así mejorar su metodología de enseñanza individual con los diferentes estudiantes.

14 RECOMENDACIONES.

- En función de los datos obtenidos a través de las pruebas realizadas, se determinará cuáles son las mejores opciones de terapia que ayudan a los estudiantes a desarrollar o mantener sus capacidades cognitivas.

- En el IPCA existen pacientes con todo tipo de nivel de parálisis cerebral, desde leve hasta severa, los pacientes que tienen parálisis severa no son completamente aptos para interactuar con los módulos implementados en el aula, por lo que, es determinante establecer en conjunto con los docentes de la institución la mejor metodología a implementar para una terapia adecuada en estos casos puntuales.

- Se recomienda que el aula de sensopercepciones cuente con un sistema eléctrico estable, debido a que una sobrecarga puede dañar los sensores y dispositivos que trabajan en el entorno, afectando o dañando el funcionamiento parcial o total del sistema.

- Debido a inconsistencias de comunicación entre los puertos seriales del Arduino Mega, cuando se realice una carga de un nuevo Sketch al Mega es necesario desconectar los pines RX y TX del módulo XBee, debido a que si se mantiene la conexión del XBee al Mega no se podrá cargar el Sketch por lo indicado.

15 TRABAJOS FUTUROS.

- **DESARROLLO DE NUEVOS MÓDULOS.**

  Se sugiere que en la segunda fase del proyecto se implementen más módulos complementarios al aula de sensopercepciones, según el espacio físico lo permita, de tal manera se podrán trabajar con más pacientes y docentes a la vez, haciendo que el uso del sistema se productivo a mayor escala. Esto permitirá que se estimulen más aspectos físicos y emocionales de cada uno de los alumnos con mayor frecuencia de tiempo.

- **RESULTADOS ESTADÍSTICOS DISPONIBLES EN EL CLOUD.**

  Al tener acceso a los datos estadísticos de los resultados de los estudiantes, ya sean diarios, semanales, mensuales o anuales, tanto los docentes del IPCA como los padres de familia o cualquier individuo que requiera de dicha información como un psicólogo, podrán realizar estudios directos de la evolución del o los pacientes, permitiendo conocer la efectividad del aula de sensopercepciones, inclusive según los resultados, el modelo podría ser emulado en distintas fundaciones.

- **SINCRONIZAR EL AULA MULTISENSORIAL CON EL RESTO DE LAS AULAS DEL IPCA.**

  Al sincronizar el sistema del aula de sensopercepciones con las demás se obtendrá el primer paso para que no solamente sea un aula automatizada si no una institución automatizada; es decir se podrá lanzar alertas en cada aula indicando la fecha, hora y tiempo de uso de el o los docentes que realizaron una reservación y los estudiantes que fueron registrados en el intervalo de tiempo indicado, de igual manera las alertas serán enviadas por medio de la aplicación móvil.

- **AUTOMATIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS SEGÚN ASIGNACIÓN DE DOCENTE Y PACIENTE.**

Una vez que el aula de sensopercepciones sea reservada por uno o más docentes para uno o más estudiantes el sistema alertará al docente que la hora de la terapia está cerca, de tal manera no será necesario registrar a ningún usuario que interactúe con el aula, el sistema automáticamente registrara al docente y estudiante que debe usarla y durante el tiempo determinado, por lo que se podrá optimizar el tiempo de uso para que todos los pacientes pueden acudir a su terapia el mayor número de veces posibles.

16 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] D. M. Chan, 09 Junio 2011. [En línea]. Available: http://www.who.int/dg/speeches/2011/disability_20110609/es/. [Último acceso: 27 02 2018].

[2] CONADIS, «CONADIS,» 02 Enero 2018. [En línea]. Available: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html. [Último acceso: 27 Febrero 2018].

[3] M. Palomo, «Universidad Técnica de Ambato,» 03 Diciembre 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26984/2/tesis%20final%203.pdf. [Último acceso: 27 Febrero 2018].

[4] Salesiana, Universidad Politécnica, «Cátedra UNESCO - UPS cumple primer aniversario de labores de inclusión para la sociedad,» UPS , Cuenca , 2017.

[5] D. H. Tenorio, Interviewee, *Estructura IPCA.* [Entrevista]. 28 Febrero 2018 .

[6] C. Julieta, «Asiento de asistencia con paralisis cerebral,» Universidad Buenos , Aires Buenos Aires, 2010 .

[7] V. M. Molano, «Neuropsicologia y abordajes terapéuticos,» Universidad Autónoma de Barcelona , Barcelona, 2015 .

[8] W. Jimenez, «Aplicación de la técnica de sobresaturación, en el entrenamiento cognitivo conductual, en pacientes de diez a veinte y un años de edad, con problemas en su función ejecutiva, alteraciones de conducta y daño en su lóbulo frontal,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2011.

[9] C. Casino, «DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO SENSORIAL Y RENDIMIENTO,» Universidad de Chile, Chile, 2017.

[10] G. Avila, «Diseño e Implementación de una sala multisensorial basada en multiagentes con un sistema de seguimiento y evaluacion automatizada,» UPS, Cuenca, 2014.

[11] M. J. Velasco, «ESTIMULACIÓN MULTISENSORIAL: GUÍA DE MATERIALES Y ACTIVIDADES,» Universidad de Valladolid, Valladolid.

[12] Z. Illescas, «Diseño e implementacion de una sala multisensorial para el Instituto Fiscal Especial de Invidentes y sordos del azuay,» UPS, Cuenca, 2011.

[13] D. Crockford, «Presentando JSON,» 2017. [En línea]. Available: https://www.json.org/. [Último acceso: 17 03 2019].

[14] Zigbbe, «Zigbee Alliance,» [En línea]. Available: https://www.zigbee.org/what-is-zigbee/. [Último acceso: 17 03 2019].

[15] Django., «Conoce a Django.,» [En línea]. Available: https://www.djangoproject.com/. [Último acceso: 17 03 2019].

[16] XBee, «Que es XBee,» [En línea]. Available: https://xbee.cl/que-es-xbee/. [Último acceso: 18 03 2019].

[17] DigiKey, [En línea]. Available: https://www.digikey.com/product-detail/es/digi-international/XB24CZ7WIT-004/602-1560-ND/5322374. [Último acceso: 18 03 2019].

[18] Digi, «XBee/XBee-PRO S2C 802.15.4,» [En línea]. Available: https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90001500.pdf. [Último acceso: 19 03 2019].

[19] DIGI, «XCTU,» [En línea]. Available: https://www.digi.com/products/iot-platform/xctu. [Último acceso: 18 03 2019].

[20] Raspberry., «Raspberry pi 3 b+,» [En línea]. Available: https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/. [Último acceso: 18 03 2019].

[21] Arduino , «Primeros pasos con Arduino y Genuino MEGA2560,» [En línea]. Available: Primeros pasos con Arduino y Genuino MEGA2560. [Último acceso: 18 03 2019].

[22] Naylamp Technologys., «MPU 6050 Acelerometro y Giroscopio,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-y-Giroscopio.html. [Último acceso: 18 03 2019].

[23] Hispavila, «Configurar el MPU 6050.,» 28 02 2018. [En línea]. Available: https://www.hispavila.com/configurar-el-mpu6050/. [Último acceso: 18 03 2019].

[24] Arduino, «Comenzando con el Arduino Nano,» [En línea]. Available: https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano. [Último acceso: 18 03 2019].

[25] Electronilab, «Arduino Nano V3,» [En línea]. Available: https://electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/. [Último acceso: 18 03 2019].

17 ANEXOS.

17.1. ACTA DE ENTREGA DEL SISTEMA DEL AULA DE SENSOPERSEPCIONES.

ASOCIACIÓN PROSUPERACIÓN DE LA PERSONA CON PARÁLISIS CEREBRAL DEL AZUAY
Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay

Como Director (E) del Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay, IPCA;

CERTIFICO:

Que, los Señores **JONNATHAN GUAICHA**, con cédula de identidad No.010404787-3 y Fabián **Suconota**, con cédula No. 010519525-9, estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, de la Carrera de Ingeniería de Sistemas, culminaron con la Primera etapa de la implementación del Aula de Sensopercepciones de nuestra Institución; en la cual consta los módulos central, tubo de brillo, dado de colores e iluminación y a su vez la aplicación móvil.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se autoriza a los portadores del presente documento, utilizar de acuerdo a su conveniencia.

Cuenca, 25 de Marzo del 2019

Dr. Hernán Tenorio C.
MEDICO DIRECTOTR (E) DEL IPCA

HTC/mdv.

Dirección: Fray Gaspar de Villaroel entre Av. Isabel La Católica y Av. Primero de Mayo
Mail: ipca_cuenca@hotmail.es • Telfs.: (593-7) 4106 861 / 4106 862 / 4107 259