



**Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Interdisciplinaria de
Ingeniería campus Zacatecas**

**Área de ubicación para el desarrollo del
trabajo**

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Línea de investigación
Desarrollo de sistemas

Título del proyecto de Trabajo Terminal

Prototipo de visualización tridimensional para la
enseñanza de las ciencias morfológicas.

Presentan:

Alejandro Tamayo Castro
Emmanuel Medina Espinosa

Director:

M. en C. Eleazar Pacheco Reyes

Asesores:

M.H.P.E-T.E. Héctor Alejandro
Acuña Cid
Dr. Teodoro Ibarra Pérez



Zacatecas, Zacatecas a 01 de Junio de
2023

Índices

Resumen.....	1
Definición del problema.	1
Contexto y antecedentes generales del problema.	2
Situación problemática o problema de investigación	3
Estado del arte.	4
Descripción del proyecto.	7
Objetivo general del proyecto.	7
Objetivos particulares del proyecto.....	8
Justificación.	8
Marco teórico.	8
Factibilidad del proyecto.	11
Recursos humanos.	11
Equipo e instalaciones necesarias.....	12
Costo estimado y financiamiento.	13
Bibliografía.	14
Firmas.	16
Autorización.	16
Currículum Vitae del director y los asesores del proyecto de TT.	17

Índice de tablas

Tabla 1: Presentación de Antecedentes y Propuesta	6
Tabla 2: Miembros del equipo de desarrollo y asesores.....	11
Tabla 3: Recursos y equipamientos requeridos	12
Tabla 4: Financiamiento y costo de recursos.	13

Índice de figuras

Figura 1: Realidad Aumentada en Ciencias de la Nutrición	4
Figura 2: Ardental.....	6
Figura 3: Atlas Vritual.....	6
Figura 4: Modelado 3d	6
Figura 5: Prototipo de visualización tridimensional propuesto.....	6
Figura 6: Prototipo de visualización tridimensional propuesto.....	7

Resumen.

El proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un prototipo de modelado tridimensional enfocado en la enseñanza de las ciencias morfológicas. Este prototipo incluirá un guante equipado con sensores que interpretarán los gestos realizados por el usuario con su mano. Además, se desarrollará una aplicación móvil que permitirá cargar de forma inalámbrica los modelos tridimensionales en un microcontrolador, para su visualización en el prototipo. Complementando la enseñanza mediante la visualización de distintas estructuras morfológicas, ya que la obtención de estas muestras específicas para su estudio puede resultar complejo. Además, la adquisición de equipos especializados suele ser costosa, al igual que su mantenimiento. Se espera que este proyecto resulte en un prototipo funcional de modelado tridimensional que permita una experiencia de enseñanza enriquecedora, brindando una alternativa accesible y práctica para el estudio y comprensión de las estructuras anatómicas en las ciencias morfológicas.

Palabras clave: Aprendizaje-Enseñanza-Ciencias Morfológicas-Prototipo-Visualización.

Definición del problema.

Según Fabro et al. [1] la formación dentro del área del sector salud desde mediados del siglo XIX se ha estado realizando mediante la observación en microscopios ópticos. Aunque estos medios son los fundamentos del aprendizaje en esta área, éstas traen consigo algunos problemas, ya que dependen de la disponibilidad de espacios que sean adecuados y de una cantidad suficiente de microscopios para un cierto número de estudiantes, lo que conlleva a un costo elevado en infraestructura y mantenimiento de esta misma, aunado a que, la limitada disponibilidad de ciertos tejidos, representan retos grandes para la enseñanza de esta área. Además, con los avances tecnológicos recientes, se han logrado numerosos descubrimientos que han impulsado la adopción de innovadoras herramientas, como los microscopios virtuales. por lo que se han replanteado los modelos didácticos, las estrategias y herramientas de enseñanza. Oliveira et al., señala que se han estado implementando las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como complemento para la enseñanza de esta área, mediante el uso de pantallas LCD. Para la observación de los micro tejidos, sin embargo, se podría llegar a considerar un problema que los alumnos no puedan estar realizando la manipulación de estos micro tejidos [2]. También de acuerdo con Schencke et al. el aprendizaje de las ciencias morfológicas requiere de la asimilación del concepto,

dominio de habilidades y la capacidad de otorgar sentido estableciendo relaciones entre conocimientos y la evidencia práctica [3], también Fabro et al., concluye en el año 2012 que la imagen cobra fundamental importancia, pues logran la participación del estudiante, además de aprendizaje autónomo en la enseñanza presencial de las ciencias morfológicas [4]. Finalmente de acuerdo con Jeyakumar et al., los estudiantes de medicina consideran que les proporcionó experiencia y aprendizaje inmersivos generando habilidades manuales clínicas, además mencionan que las restricciones de estos métodos son mayormente el tiempo [5].

Contexto y antecedentes generales del problema.

Gran variedad de proyectos y trabajos donde se implementan o se explican los usos de las nuevas tecnologías para la enseñanza de las diferentes ramas son publicados, ejemplo de ello es la implementación de la realidad aumentada en el área dental, pues Folguera et al., en el artículo de la Gaceta Dental, concluyeron que el uso de la realidad aumentada en el campo de la educación dental era una gran herramienta con bastante valor pedagógico, ya que haciendo uso de imágenes impresas y una aplicación instalada en dispositivos móviles, podían mostrar a los alumnos los distintos ángulos de un modelo 3d de las propias figuras impresas, finalizaron describiendo como la implementación despertaba el interés de los alumnos [6]. El desarrollo de softwares con contenidos de anatomía e histología, se ve reflejado en el proyecto presentado por Mena et al., en el año 2013, en el que para su diseño se determinó que se necesitaba el uso de las TIC [7], además en el proyecto de Pujol et al., exponen lo que ellos llaman un “atlas anatómico” donde realizaron modelados 3d usando de referencia cadáveres donados, concluyendo en que los datos que generaron cuentan con gran valor en la enseñanza de la anatomía ya que proporcionan comprensión profunda en la forma, orientación y relación de las estructuras importantes del cuerpo a los estudiantes [8].

Situación problemática o problema de investigación

Los proyectos anteriores donde se muestran diferentes soluciones para la representación de tejidos y sección que conforman la anatomía humana tienen en común el uso de tecnológicas emergentes como pueden ser los modelados tridimensionales generados y visualizados por computadora o la impresión de estos de modo que los alumnos logren la manipulación de estos, propiciando el dominio de habilidades y asimilación de conceptos. La presente propuesta busca presentar una solución a este problema mediante el desarrollo de un prototipo de visualización tridimensional que permita proyectar diferentes modelados para lograr una representación más realistas y detalladas del cuerpo humano enfocada principalmente para la enseñanza de las ciencias morfológicas. Este proyecto se apoyará de modelados anatómicos previamente generados, también se pretende que el prototipo a desarrollar usando componentes de fácil accesibilidad se complemente con una interfaz amigable con el usuario, buscando que este dispositivo sea reproducible y accesible. Como menciona Fabro Vivas et al., una de las principales problemáticas es el desconocimiento general de las Tecnologías de la Información y Comunicación por parte de docentes y alumnos del área de las ciencias morfológicas, uno de los puntos a destacar es la importancia que los alumnos le dan a la implementación de nuevas tecnologías para nuevos modelos de aprendizaje, destacando que se dista de la aplicación de estos nuevos modelos de enseñanza por parte de los docentes debido a su falta de capacitación y conocimientos en el área de las tecnologías de la información, se puede rescatar la contundente aceptación de los alumnos a modelos visuales utilizados por los mismos para su proceso de aprendizaje, la implementación de estos modelos resulta beneficioso para el aprendizaje y enseñanza en el área de las ciencias morfológicas pero se concluye que la calidad educativa no reside en los dispositivos tecnológicos, sino en la labor personal y en el esfuerzo de los docentes, en su formación y en su compromiso con los estudiantes, así como en el involucramiento de estos últimos en sus propios procesos de aprendizaje [1].

Estado del arte.

Si bien es cierto que las representaciones de objetos usados en la enseñanza de las diferentes ramas académicas se ha caracterizado por la impresión tridimensional de los mismo, o bien del modelado tangible con diferentes materiales, como el alginato usado principalmente en el área odontológica [9], sin embargo la comercialización de diferentes marcas y presentaciones de estas sustancias pueden llevar a resultados como los presentados por Braga et al., donde se examinan y comentan los diferentes componentes de algunos alginatos concluyendo en la posibilidad tóxica de estos [10]. Los avances en la tecnología de imágenes tridimensional proporciona grandes uso ya que como describe Cazar et al., permiten procesar objetos escaneados previamente, digitalizarlos, modificarlos y reproducirlos con gran nivel de detalle [11]. En las ciencias morfológicas se cuentan con diversas tecnologías para la visualización de las diferentes secciones o secciones específicas de la anatomía humana, ejemplo de esto es la ecografía, ahora tridimensional como la presentada por Alcázar et al., donde la describen como una mejora frente a la ecografía bidimensional ya que posee más detalle lo que facilita el análisis de lesiones [12]. Otra de las implementaciones de las TIC en la resolución del presente problema fue el uso de la realidad aumentada, como antes se mencionaba ARdental mostraba un proyecto en el que, mediante la combinación de impresiones tradicionales y dispositivos móviles, presentaban imágenes detalladas.. Existen otros proyectos donde se lleva el mismo concepto a otras ramas de la anatomía como el descrito por Leschiutta en el que se emplearon modelos anatómicos y softwares de realidad aumentada ya existentes para implementarlos en la carrera de Ciencias de la Nutrición, resultado de esto se observa en la figura 1 [13].

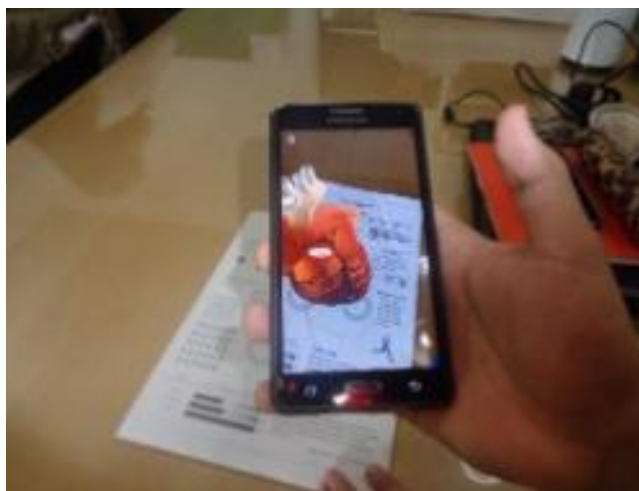


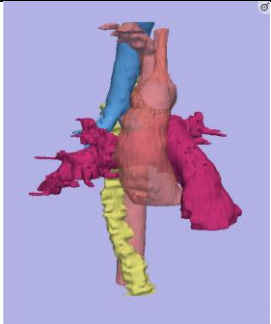
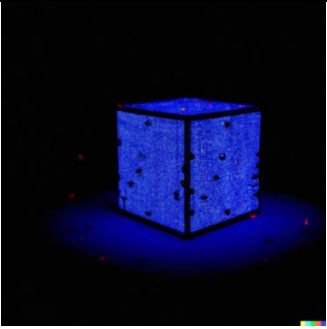


Figura 1: Realidad Aumentada en Ciencias de la Nutrición [13]

La realidad aumentada como solución se queda bastante corta, pues aunque se puede observar la imagen tridimensional, normalmente no es posible rotar o interactuar con dicha imagen o más recientemente con el video que se proyecta, esto podría solucionarse con dispositivos como el descrito por Jiménez et al., donde hace uso de diversos modelos de sensores fijados en los miembros del cuerpo de una persona. Dichos dispositivos son conectados y leídos por un microcontrolador Arduino Mega, que según el mismo documento es un dispositivo completo y barato, con el que se procesan los diferentes movimientos que detectan los sensores y los envían a una computadora donde se pueden usar para complementar otros proyectos, como los anteriores para mover o modificar estas representaciones tridimensionales [14].

Si bien es cierto que existen diferentes métodos para leer y transmitir los movimiento del cuerpo humano a diversos dispositivos estos pueden llegar a ser patentados y/o posiblemente costosos como los descritos en el proyecto de Tejerina que son especializados para entornos gráficos como el software de desarrollo Unity que cuenta con grandes posibilidades de diseño en realidad virtual [15], sin embargo estos dispositivos cuentan con una tecnología con pocos años y por lo tanto aún no se logran alternativas libres lo suficientemente potentes como las que se ofrecen en el mercado. A pesar de ello existen métodos libres usando microcontroladores como Arduino, similares al presentado en el proyecto de Jiménez, algunas alternativas a este microcontrolador pueden ser el PIC 18F2550 que es utilizado en el proyecto de Luengas para detectar los movimientos que se pueden realizar con la cabeza humana [16], o el ATmega328P usado en el proyecto de una silla de ruedas motorizada [17]. Existen diversos microcontroladores que pueden llevar a cabo la tarea de procesar las señales de los sensores que detectan los movimientos, y con la gran cantidad existentes de sensores que normalmente manejan señales analógicas es cuestión de usar los que mejor se acomoden al prototipo a diseñar y que por supuesto estén en existencia. El lenguaje de programación de los diversos microcontroladores puede variar dependiendo el fabricante, sin embargo, el lenguaje ensamblador es uno de los más utilizados son importar el fabricante, solo que este cambia de acuerdo a la arquitectura del procesador, también es posible usar el lenguaje C que es un lenguaje de alto nivel [18].

Tabla 1: Presentación de Antecedentes y Propuesta

Proyecto/Estudio	Explicación	Ilustraciones
ARdental	Se trata de diversas impresiones en hojas de papel, que al ser enfocadas con la cámara de los teléfonos celulares y por medio de una aplicación	 <p><i>Figura 2: Ardental [6]</i></p>
Atlas Virtual por Leschiutta	proyectan en el dispositivo un modelo 3D de la impresión original.	 <p><i>Figura 3: Atlas Virtual [13]</i></p>
Modelado 3D por Pujol	Se trata de modelos tridimensionales realizados y mostrados en computadores, fueron diseñados en base a diversos conjuntos de datos de personas sanas.	 <p><i>Figura 4: Modelado 3d [8]</i></p>
Propuesta	Consta de un espacio de tres dimensiones compuesto por leds emisores del espectro RGB, los cuales tienen la finalidad de generar estructuras morfológicas en tres dimensiones.	 <p><i>Figura 5: Prototipo de visualización tridimensional propuesto.</i></p>

Descripción del proyecto.

Este proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un prototipo de visualización tridimensional constituido por una serie de tecnologías accesibles que permitan que el proyecto sea repetible con componentes de fácil accesibilidad. Se propone una estructura de tres dimensiones compuesta por diodos led definidos en un espacio de trabajo, simulando un arreglo de tres dimensiones donde cada punto en el espacio esté representado por un diodo emisor de luz con un valor de RGB asociado y modificable en función de la estructura anatómica proyectada por el prototipo. La propuesta de manipular el prototipo de proyección consiste en la implementación de una aplicación móvil para el sistema operativo Android, que tenga las funciones de rotar y modificar el tamaño de la estructura anatómica en proyección, esta contará con una interfaz de usuario para poder establecer conexión con el prototipo, manipularlo y poder cargar modelos de plantillas ya establecidas. De manera similar con la intención de tener una forma más directa de operación con el prototipo se propone un sistema de sensores adaptados a la estructura de la mano del usuario que midan los movimientos y flexibilidad de esta para que el usuario lo pueda utilizar para poder operar de la misma manera que la aplicación móvil. El control en tiempo real del arreglo de los diodos emisores de luz será gestionado por un microcontrolador que se encargue de decodificar las instrucciones dadas por la aplicación móvil o por el sistema de sensores. Además se desarrollará un manual de funcionamiento, dividido en apartados donde se explicará el diseño y manipulación de la aplicación móvil, el sistema de sensores y en general del prototipo, facilitando así el uso y adaptación del prototipo a los usuarios.

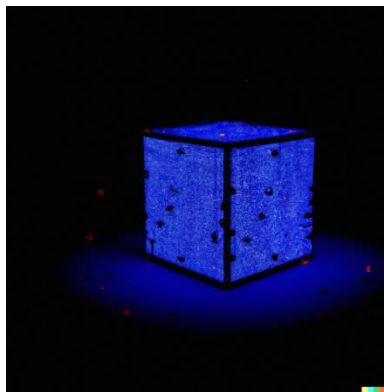


Figura 6: Prototipo de visualización tridimensional propuesto.

Objetivo general del proyecto.

Se propone diseñar e implementar un prototipo de visualización tridimensional con tecnologías accesibles el cual pueda manipularse por medio de una aplicación móvil y sensores didácticos.

Objetivos particulares del proyecto.

- Desarrollar una aplicación móvil que ayude al usuario a ampliar y rotar las estructuras anatómicas proyectadas.
- Implementar un sistema de sensores que manipule de manera directa el prototipo de visualización.
- Diseñar un manual de usuario para el uso del prototipo el cual contenga todas las especificaciones del uso del software, los sensores y un apartado técnico que especifique la estructura general del prototipo.
- Hacer uso de diodos led para la composición del prototipo de visualización.

Justificación.

El área de las ciencias de la salud es uno de los sectores de mayor impacto, ya que se encarga del cuidado y mantenimiento de la salud de las personas, por lo que, la formación de los profesionales de esta área es de suma importancia ya que tiene que ser muy completa y de calidad. Sin embargo, en la actualidad existen muchas carencias para la enseñanza del área de las ciencias morfológicas según Fabro et al. [19], la adquisición de los tejidos o incluso de los microscopios y su mantenimiento, son costosos, por lo que resulta en una labor muy difícil la enseñanza de esta área. Por esta razón se propone el desarrollo de este proyecto el cual tiene como objetivo, apoyar a la enseñanza del área de las ciencias de la salud, más específicamente a las ciencias morfológicas, se centrará en el desarrollo de un sistema de visualización de modelos tridimensional, el cual podrá ser controlado mediante un lector de gestos de mano, además de que se podrán elegir y al cual se le podrán incorporar diferentes estructuras morfológicas digitales mediante una aplicación móvil, para ofrecer una vista detallada de los tejidos que se deseen estudiar, facilitando la práctica con los tejidos y creando un acercamiento más dinámico al aprendizaje, reduciendo la dificultad de la obtención de las estructuras morfológicas, con la capacidad de modelar y manipular diversas estructuras que el usuario puede cargar en el dispositivo.

Marco teórico.

Como menciona Rosell Puig et al. el estudio de las ciencias morfológicas las cuales en la actualidad no sólo se centran en el estudio de la estructura del organismo, sino que adoptan conceptos como el funcionamiento, el desarrollo y las relaciones con el entorno con un enfoque metodológico, estas se desglosan en diferentes ramas de aplicación que se enfocan en el estudio de los organismos. Como ramas principales se tiene la anatomía que estudia de manera macroscópica las estructuras orgánicas, según N. Marieb Eliane la anatomía se centra en el estudio de la estructura y la forma del cuerpo y sus partes, además de cómo se relacionan entre sí, enfocado al estudio de la anatomía del cuerpo humano se le hace llamar como anatomía macroscópica [23]; la anatomía fue el comienzo de las ciencias biológicas y de igual forma de las ciencias médicas [20], de manera similar la histología humana es la ciencia encargada del estudio de los tejidos humanos y se identifica a veces con lo que se ha llamado anatomía microscópica porque su estudio va más allá de los tejidos [21] como lo menciona D. A. Mejía Verdial la histología es comúnmente utilizada como sinónimo de anatomía microscópica ya que sus estudios no sólo se centran en la estructura microscópica de tejidos animales y vegetales, de igual forma incluye las células, órganos y sistemas [24], finalmente está la rama de la embriología según Sadler Thomas W. estudia el desarrollo del cuerpo desde la formación del cigoto hasta el nacimiento, se incluye el análisis de la placenta y las estructuras que se vinculan con la madre, estudia los cambios morfológicos y los mecanismos biológicos que los provocan, esto con la finalidad de explicar la distribución de estructuras, la relación entre el feto y la madre, el desarrollo de malformaciones congénitas, orientar a la conducción del parto y conocer entidades patológicas ajenas a la embriogénesis [25]. La anatomía como estudio científico del ser humano es una materia compleja y extensa, la anatomía es una ciencia, empírica, positiva y objetiva, por lo tanto, científica. Su aprendizaje requiere de una dedicación y estudio muy particular [20]; las universidades encargadas del compromiso social de brindar una educación de calidad a sus egresados se han visto comprometidas por una serie de deficiencias en brindar una manera de análisis, de pensamiento crítico y de soluciones de problemas afectada por los sistemas de enseñanza utilizados como lo menciona García Duque. Los estudiantes de medicina demandan más tiempo de estudio, especialmente en las actividades prácticas [20]. Se puede observar una clara deficiencia en los sistemas de enseñanza propuestos actualmente por universidades, una de las posibles soluciones propuestas y demandadas por los estudiantes es la integración de un aprendizaje práctico a lo cual en este proyecto se propone la integración de las tecnologías de la información cada vez más omnipresentes en la vida cotidiana, enfocados en la enseñanza de las Ciencias Morfológicas que tiene por objetivos estudiar la estructura de los distintos tejidos, órganos y

sistemas del cuerpo humano, y la relación estructural y funcional que los caracteriza [1] para lograr una mejora en la calidad de enseñanza y aprendizaje en dichos tópicos.

Las TIC se conciben por las Tecnologías de la Comunicación (TC) y por las Tecnologías de la Información (TI) caracterizadas por la digitalización de las tecnologías de registros de contenidos (informática, de las comunicaciones, telemática y de las interfaces) [22]. Las TIC se desarrollan por el avance científico en el área de la informática y telecomunicaciones usada para crear, almacenar, intercambiar y procesar información, como lo menciona Cruz Pérez, M.A. et al. las TIC se enlazan a cuatro medios básicos: la informática, la microelectrónica, los multimedia y las telecomunicaciones [22] de las cuales en este proyecto se centrará en el manejo de la informática y microelectrónica principalmente, para el desarrollo de un sistema de visualización tridimensional el cual funja como un medio activo que permita al estudiante actuar sobre el objeto de estudio y dada la experiencia y reflexión generar y afinar el conocimiento subyacente a dicho objeto. Como menciona Sánchez Duarte las tecnologías están cada vez más presentes en nuestro entorno y es deber general hacer uso de las mismas de forma efectiva que proporcionen beneficios sociales y que se plantee un acceso generalizado a las tecnologías y las aplicaciones que se le den a la misma, en el caso de este proyecto se enfoca en la creación de tecnologías accesibles, prácticas y manipulables para una mejora en los procesos de aprendizaje y enseñanza logrando una meta con un compromiso social y educativo.

Factibilidad del proyecto.

Recursos humanos.

Tabla 2: Miembros del equipo de desarrollo y asesores

Nombre	Teléfono	Correo Electrónico	Función
Emmanuel Medina Espinosa	4921748509	emedinae1700@alumno.ipn.mx	Desarrollador del proyecto
Alejandro Tamayo Castro	4921464075	atamayoc1700@alumno.ipn.mx	Desarrollador del proyecto
M. en C. Eleazar Pacheco Reyes	4924926274	epachecor@ipn.mx	Director del proyecto
M.H.P.E-T.E. Héctor Alejandro	4921249947	hacunac@ipn.mx	Asesor del proyecto
Doc. Teodoro Ibarra Pérez	4922658237	tibarrap@ipn.mx	Asesor del proyecto

Equipo e instalaciones necesarias.

Tabla 3: Recursos y equipamientos requeridos

Nombre	Tipo	Descripción
HP 15-cd00la2	Laptop	Computadora portátil con procesador A10-9620P, 8GB RAM, con un tamaño de 37.8 x 25.21 x 2.25 cm y 2.01 kg de peso
Lenovo T440p	Laptop	Computadora portátil con procesador i5-4210M 4GB RAM, con un tamaño de 33.53 x 22.86 x 3.05 cm y un peso de 2.13 Kg
Leds	Componentes	Led RGB
Pixel 5	Celular	Teléfono celular con procesador Qualcomm Snapdragon 765G y 8GB RAM y sistema operativo Android
Teensy 4.0	Controlador	Controlador con procesador ARM Cortex-M7 at 600 MHz
Cautines	Herramientas	3 cautines
Jumpers	Componentes	40 piezas de macho/hembra, 40 hembra/hembra
Sensores de flexión	Componentes	Se requieren 5 sensores de flexión
Acelerómetro	Componente	Se requiere una única pieza
Sensor de presión	Componente	Guante con sensores de presión
Laboratorio de computo	Laboratorio	
Laboratorio de electrónica	Laboratorio	
Multímetros	Herramientas	
Osciloscopios	Herramientas	
Generador de señales	Herramientas	

Costo estimado y financiamiento.

Tabla 4: Financiamiento y costo de recursos.

Nombre	Financiamiento	Costo MXN
HP 15-cd00la2	Propio	12,000
Lenovo T440p	Propio	6,000
Leds	Propio	30,000
Sensor de flexión	Propio	2,195
Acelerómetro	Propio	95
Sensor de presión	Propio	1,607
Pixel 5	Propio	4,678
Teensy 4.0	Propio	455
Cautines	Propio	600
Jumpers	Propio	110
Total		87,739

Teniendo en cuenta las necesidades que se tiene en este proyecto, se estima que el costo aproximado del mismo rondaría los 87,739 pesos mexicanos, cabe destacar que ya se cuenta con los equipos de cómputo, se tendrá que comprar los leds RGB, el teléfono celular Pixel 5, algunos componentes y sensores y el controlador Teensy 4.0 para los cuales el financiamiento será propio, se hará uso del equipo de los laboratorios de cómputo y de electrónica de la UPIIZ.

Bibliografía.

- [1] A. P. F. Vivas, C. Aró, N. Villafañe, and V. Degrave, "Integración de las TIC para la enseñanza de las Ciencias Morfológicas en el nivel universitario," *Uni-pluriversidad*, vol. 20, no. 1, Art. no. 1, Jun. 2020, doi: 10.17533/udea.unipluri.20.1.04.
- [2] D. Esquivel-Oliveira, C. Palmero, B. Gonçalves, and E. Correa-Gillieron, "La enseñanza práctica en Fonoaudiología a través de modelos tridimensionales: una alternativa prometedora," *Revista Chilena de Fonoaudiología*, vol. 17, pp. 1–14, Nov. 2018, doi: 10.5354/0719-4692.2018.51639.
- [3] C. Schencke and A. Hidalgo, "Comparison of Two Human Histology Software as Complementary Use in Traditional Education," *International Journal of Morphology*, vol. 29, no. 4, pp. 1388–1393, Dec. 2011, doi: 10.4067/S0717-95022011000400054.
- [4] A. P. Fabro, A. Benmelej, and A. Costamagna, "Contribución de los entornos virtuales al aprendizaje comprensivo de las Ciencias Morfológicas," *Aula Universitaria*, no. 14, Art. no. 14, Apr. 2012, doi: 10.14409/au.v1i14.4127.
- [5] A. Jeyakumar, B. Dissanayake, and L. Dissabandara, "Dissection in the Modern Medical Curriculum: An Exploration into Student Perception and Adaptions for the Future," *Anatomical Sciences Education*, vol. 13, no. 3, pp. 366–380, 2020, doi: 10.1002/ase.1905.
- [6] F. Folguera, M. C. Juan Lizandra, A. Herrero, and L. Alexandrescu, "Introducción a una nueva dimensión en la morfología dentaria: ARDental (Realidad Aumentada Dental)," *Gaceta dental: Industria y profesiones*, no. 252, pp. 200–209, 2013.
- [7] G. Arrondo, J. Bernacer, and L. Díaz Robredo, "Visualización de modelos digitales tridimensionales en la enseñanza de anatomía: principales recursos y una experiencia docente en neuroanatomía," *Educación Médica*, vol. 18, no. 4, pp. 267–269, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.edumed.2016.06.022.
- [8] S. Pujol, M. Baldwin, J. Nassiri, R. Kikinis, and K. Shaffer, "Using 3D modeling techniques to enhance teaching of difficult anatomical concepts," *Acad Radiol*, vol. 23, no. 4, pp. 507–516, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.acra.2015.12.012.
- [9] C. García Herrera, N. Espinoza Matheus, J. Noe Orellana, R. A. Ramírez, and V. Setién Duín, "Técnica de impresión con alginato: Una propuesta edumática," *Acta Odontológica Venezolana*, vol. 46, no. 2, pp. 180–183, Jun. 2008.
- [10] A. S. Braga, S. R. S. Braga, A. B. C. E. B. Catirse, L. G. Vaz, and A. C. C. Spadaro, "Potencial tóxico dos alginatos para uso odontológico," *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, vol. 28, no. 2, Art. no. 2, May 2007, Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <http://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/517>
- [11] M. E. Cazar, "Uso de CBCT y herramientas computacionales odontológicas para la reconstrucción tridimensional de objetos arqueológicos.," *Odontología Activa Revista Científica*, vol. 5, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2020, doi: 10.31984/oactiva.v5i3.520.
- [12] J. L. Alcázar, M. García-Manero, I. Pombo, C. Laparte, and M. Jurado, "Ecografía tridimensional en la evaluación de los tumores de ovario," *Revista de Medicina de la Universidad de Navarra*, pp. 23–27, 2005, doi: 10.15581/021.49.7589.
- [13] L. Leschiutta, "Recursos emergentes: enseñanza del cuerpo humano mediante aplicaciones de realidad aumentada y atlas virtuales.," Nov. 2017, Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/handle/11185/1957>
- [14] J. E. R. Jiménez, I. P. Mallea, and A. R. Jiménez, "Construcción de Dispositivo de Hardware Libre para Interacción en Entornos 3D," *Innovación y Software*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2021.
- [15] A. Tejerina Gutiérrez, "Desarrollo de un sistema de realidad virtual para la monitorización del movimiento humano," Jul. 2022, Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/64429>
- [16] L. Luengas C., I. D. Villalba, and D. F. Zipa G., "Dispositivo de Detección de los Movimientos de la Cabeza Humana," *I*, vol. 5, no. 9, pp. 48–53, Jul. 2010, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.5.9.2010.48-53.
- [17] R. Cerino Jiménez, "Desarrollo de un sistema mecatrónico para controlar una silla de ruedas

motorizada mediante diversos dispositivos por enlace inalámbrico,” Nov. 2017, Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/558>

[18] “FAEDIS.”

http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlbmllcmllhX2luZm9ybWF0aWNhL2NpcmN1aXRvc19lbGVjdHJpY29zX3lfbWljcm9jb250cm9sYWVRvcml3VuaWRhZF8yLw==#slide_6 (accessed Mar. 16, 2023).

[19] W. Rosell Puig, I. Alvarez Torres, and C. Dovale Borjas, *Morfología humana I: generalidades y sistemas somáticos*. La Habana: Ciencias Médicas, 2001.

[20] R. Rodríguez-Herrera, R. J. Losardo, O. Binvignat, R. Rodríguez-Herrera, R. J. Losardo, and O. Binvignat, “Human Anatomy an Essential Discipline for Patient Safety,” *International Journal of Morphology*, vol. 37, no. 1, pp. 241–250, 2019, doi: 10.4067/S0717-95022019000100241.

[21] A. J. Duarte, “Historia de la histología,” *Revista Médica Hondureña*, vol. 83, no. 1–2, Art. no. 1–2, Jun. 2015.

[22] E. S. Duarte, “Las tecnologías de información y comunicación (TIC) desde una perspectiva social,” *Revista Electrónica Educare*, vol. 12, pp. 155–162, Dec. 2008, doi: 10.15359/ree.12-Ext.13.

Firmas.

En esta sección se mostrarán los nombres y las firmas de los alumnos responsables del desarrollo del proyecto de Trabajo Terminal.



Emmanuel Medina Espinosa

Alumno 1.



Alejandro Tamayo Castro

Alumno 2.

Autorización.

Deberá transcribirse textualmente la siguiente leyenda:

Por medio del presente autorizo la impresión y distribución del presente protocolo, toda vez que lo he leído, comprendido en su totalidad, y estar de acuerdo con su desarrollo.

Atentamente;



M. en C. Eleazar Pacheco Reyes

Nombre y firma del director del proyecto de TT



M.H.P.E-T.E. Héctor Alejandro Acuña
Cid

Nombre y firma del asesor 1.



Dr. Teodoro Ibarra Pérez

Nombre y firma del asesor 2.

Curriculum Vitae del director y los asesores del proyecto de TT.

En esta sección se deberán incluir el currículum vitae del director y los asesores del proyecto de Trabajo Terminal.