Firmas.

A close up of a necklace

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

|  |  |
| --- | --- |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| C. Montserrat Silva Cordero. | C. Hilario Abraham Rodarte España. |
|  |  |

Autorización.

Por medio del presente autorizo la impresión y distribución del presente reporte final de proyecto de **Trabajo Terminal I**, toda vez que lo he leído, comprendido en su totalidad, y estoy de acuerdo con su contenido.

Atentamente;

|  |
| --- |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  M.H.P.E.-T.E. Héctor Alejandro Acuña Cid  DIRECTOR |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
| M.I.S. Julia Elena Hernández Ríos.  ASESOR |

**Índices**

**Índice de contenido**

[Firmas. i](#_Toc73619114)

[Autorización. i](#_Toc73619115)

[Estudio de la composición corporal 5](#_Toc73619116)

[Método directo 5](#_Toc73619117)

[Métodos indirectos 5](#_Toc73619118)

[Métodos doblemente indirectos 5](#_Toc73619119)

[Método antropométrico 7](#_Toc73619120)

[MetodologíaISAK 7](#_Toc73619121)

[Dispositivos, tecnologías y herramientas para la captación de las dimensiones antropométricas 8](#_Toc73619122)

[*Obtención indirecta* 12](#_Toc73619123)

[Antropometría 19](#_Toc73619124)

[Obtención de medidas antropométricas según ISAK 19](#_Toc73619125)

[Cineantropometría 21](#_Toc73619126)

[Composición corporal 21](#_Toc73619127)

[Somatotipo 22](#_Toc73619128)

[Estado nutricional 23](#_Toc73619129)

[Sistema de visión artificial 25](#_Toc73619130)

[Procesamiento digital de imágenes 26](#_Toc73619131)

[Reconocimiento de patrones 27](#_Toc73619132)

[Modelo Cascada 28](#_Toc73619133)

[Referencia Bibliográfica 48](#_Toc73619134)

[Apéndices 52](#_Toc73619135)

[Apéndice A- Plan de Trabajo 53](#_Toc73619136)

[Apéndice B- Análisis de Riesgos 1](#_Toc73619137)

[Apéndice C- SRS | Software Requirements Specification 1](#_Toc73619138)

[Apéndice D- Diseño de Software y Hardware 1](#_Toc73619139)

[Apéndice E- Diccionario de Datos 1](#_Toc73619140)

[Apéndice F- Instrucciones de Entrega 1](#_Toc73619141)

[Apéndice G- Formulario de Aceptación 1](#_Toc73619142)

[Apéndice H- Manuales 1](#_Toc73619143)

**Índice de tablas**

[*Tabla 1 Descripción de métodos de análisis de composición corporal.* 5](#_Toc73619146)

[*Tabla 2 Comparación de las técnicas de estudio de la composición corporal.* 7](#_Toc73619147)

[*Tabla 3 Comparativa de características de interés en aplicaciones.* 11](#_Toc73619148)

[*Tabla 4 Comparativa de características de interés en equipos electrónicos* 15](#_Toc73619149)

[*Tabla 5 Perfiles antropométricos para el estudio restringido y completo* 20](#_Toc73619150)

[*Tabla 6 Clasificación de pesos en base al índice de masa corporal* 24](#_Toc73619151)

[*Tabla 7 Cronograma estimación por fase.* 31](#_Toc73619152)

[*Tabla 8 Cronología de Líneas Base* 31](#_Toc73619153)

**Índice de figuras**

[Figura 1 Capturas de la interfaz gráfica de usuario de Anthropometric iTool 10](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619154)

[Figura 2 Vista general de los reportes generados por Anthropometric iTool 10](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619155)

[Figura 3 Captura de interfaz gráfica de usuario de la aplicación NutriCalculo 10](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619156)

[Figura 4 Uso de cámara termográfica para el reconocimiento y análisis corporal en deportistas 13](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619157)

[Figura 5 FIT3D escáner corporal 3D 13](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619158)

[Figura 6 SYMCAD escáner corporal 3D 14](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619159)

[Figura 7 Uso de dispositivo Kinect para el reconocimiento corporal 14](file:///C:\Users\monts\OneDrive\Escritorio\TT-SICMA\TT-SICMA-RODARTE%20SILVA\Documentación\Proyecto\06.-Presentación\TT%20II\ReporteFinal_TT%20II.docx#_Toc73619160)

[*Figura 8 Ejemplo de somatocarta* 23](#_Toc73619161)

[*Figura 9 Somatocarta dividida en secciones para la determinación del somatotipo Fuente: Adaptado de* [50] 23](#_Toc73619162)

[*Figura 10 Etapas del procesamiento digital de imágenes para sistemas de visión artificial* 25](#_Toc73619163)

[*Figura 11 Distribución de Actividades ISO/IEC 29110.* 30](#_Toc73619164)

[*Figura 12 Modelo "4+1"* 38](#_Toc73619165)

**El documento se escribirá con la fuente Times New Roman de 12 puntos, con un interlineado de 1.5.**

**DOUBLE CHECK**

**INFO PASADA**

**POR ELIMINAR**

**FALTANTE**

Resumen.

El presente documento busca presentar los resultados obtenidos del proyecto SICMA, el cual fue desarrollado mediante el uso del modelo cascada. Este proyecto busca obtener las medidas antropométricas necesarias para el análisis de la composición corporal, basada en los estándares ISAK nivel 2, por medio de un sistema móvil para el sistema operativo Android, así como un sistema embebido. Aportando así una nueva herramienta para el apoyo a especialistas en el área nutricional y deportiva, en el proceso de la toma de mediciones y cálculos durante una consulta, así como para la prevención y detección de casos de obesidad, sobrepeso o desnutrición. Como parte de los resultados figuran tanto la aplicación móvil, como el sistema embebido, así como los documentos de especificación, diseño, desarrollo, gestión y administración de este proyecto.

**Palabras clave:** Antropometría, composición corporal, ISAK, nutrición.

Abstract.

Deberá escribirse el resumen en el idioma inglés.

Key words

**Key words:** Anthropometry, body composition, ISAK, nutrition.

Definición del problema.

**Contexto y antecedentes generales del problema.**

Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 (ENSANUT MC 2016) el aumento de la masa grasa, que se manifiesta en exceso de peso (sobrepeso y obesidad) es el problema nutricional más frecuente en la población escolar, adolescente y adulta.[1] Para este mismo año la Secretaría de Salud a través del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) declaró Emergencias Epidemiológicas por obesidad y sobrepeso (EE-5-2018) para todas las entidades federativas del país, dado que dichas enfermedades afectaban ya al 33% de la población infantil y al 72.5% de la población adulta[2], convirtiéndose en el problema más grave y costoso de salud pública en México[3]; durante el 2012 la Secretaría de Salud informó que el país invierte en la atención de la obesidad y sus complicaciones 42 mil millones de pesos anuales y las pérdidas por productividad, por su parte, ascienden a 25 mil millones que pagan directamente los contribuyentes. En suma, las pérdidas totales para la nación por este problema fueron de 67 mil millones de pesos.[4]

En respuesta al crecimiento de esta epidemia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) promovió la Estrategia Mundial sobre Alimentación Saludable, Actividad Física y Salud para la prevención de enfermedades crónicas, a la cual México se adhirió en 2004 y en el año 2010 se actualizó en la *Norma Oficial Mexicana NOM-008- SSA3-2010*, en la que se establecen los criterios sanitarios para regular el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad, particularmente las disposiciones para el tratamiento médico, quirúrgico y nutricional [3], de los cuales, se encuentran: la evaluación del estado nutricional mediante indicadores clínicos, dietéticos, antropométricos, bioquímicos y deestilo de vida.[5]

Como se mencionó con anterioridad la *Norma Oficial Mexicana NOM-008- SSA3-2010* [5]establece el uso de indicadores antropométricos, los cuales son empleados para conocer la composición corporal del paciente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) [6] define la antropometría como una técnica incruenta y poco costosa, portátil y aplicable en todo el mundo para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano. Refleja el estado nutricional y de salud y permite predecir el rendimiento, la salud y la supervivencia; como tal, es un instrumento valioso actualmente subutilizado en la orientación de las políticas de salud pública y las decisiones clínicas.

Sobre iniciativas que ha tenido el gobierno para controlar este problema han surgido campañas como la conocida “Chécate, Mídete, Muévete” impulsada por el Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS). Esta campaña se difundió de octubre a diciembre de 2013, de manera conjunta con la Secretaría de Salud y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), con tres mensajes fundamentales: vigilancia médica del estado de salud, alimentación sana y actividad física. Fue la campaña más exitosa del Gobierno Federal en 2013 y se ha continuado su difusión hasta la fecha.[7] Dicha campaña realiza la detección de sobrepeso y obesidad mediante el peso, estatura, Índice de Masa Corporal (IMC) y circunferencia abdominal [8], estas medidas e indicadores son los estudiados por la antropometría.

La antropometría es uno de los indicadores que ayudan a evaluar en individuos y poblaciones riesgos de padecer malnutrición, que es sinónimo de un estado nutricional no eficiente, tomando en cuenta que el estado nutricional permite conocer el grado en el que la alimentación cubre las necesidades del organismo, para detectar situaciones de deficiencia o de exceso, y así establecer un tratamiento adecuado con el fin de mejorar su calidad de vida.[9]

**Situación problemática o problema de investigación.**

Con base en lo anteriormente mencionado es importante recalcar que en México el sobrepeso y obesidad son consideradas epidemias debido a la amplia gama de población que las padece, así como la permanencia y aumento que ha tenido a lo largo de los años. Ante su crecimiento, no solo se han impuesto mecanismos para su tratamiento, sino también para su prevención.

Para la prevención de dichas enfermedades se han planteado estrategias y programas de uso y promoción masiva, los cuales recaen en los sectores públicos de salud, principalmente en especialistas en nutrición y deporte, tal es el caso de quiénes solicitaron el proyecto, la Licenciada en Nutrición y Maestra en Ciencias en Salud Pública Anayancin Acuña Ruiz y la Licenciada en Nutrición y Maestra en Actividad Física y Deporte Vianey Cristina Hernández, quiénes indicaron que el proceso que llevan a cabo para obtener la composición corporal y la revisión del estado nutricional de sus pacientes consiste en:

1. Llenar la historia clínica
2. Realizar mediciones antropométricas
3. Realizar los cálculos necesarios para la obtención de indicadores del estado nutricional con base a las medidas obtenidas.
4. Diagnosticar al paciente de acuerdo con los indicadores obtenidos.

Dicho proceso se realiza de forma manual con una duración de una hora aproximadamente, es importante mencionar que las medidas realizadas en este proceso no completan las solicitadas por el nivel ISAK 2, dado que la obtención de estas medidas prolonga la duración de la evaluación. La necesidad presentada en la actualidad es reducir el tiempo en los procedimientos de obtención de medidas, evaluación y diagnóstico.

De igual manera, en el ámbito de la salud y deporte existe un gran interés y necesidad para disponer de los medios necesarios que permitan la valoración de la composición corporal de una forma precisa y exacta. [10] Los modelos o técnicas para obtener la composición corporal más accesibles son el análisis de la bioimpedancia (BIA, por sus siglas en inglés) y la antropometría.[10]

Según [10] es evidente que los métodos BIA son una alternativa para tener en cuenta cuando no se dispone de los medios (tiempo y personal especializado) para realizar de forma precisa y exacta las mediciones de los diferentes parámetros antropométricos, sin embargo, Elia [11] menciona que algunas desventajas prácticas de usar BIA de forma rutinaria en entornos clínicos ocupados son: la toma de mediciones podrá tomar mucho más tiempo, algunos estudios requieren de ayuno, además el uso rutinario de BIA también requeriría educación y capacitación más allá de lo asociado con la realización de las mediciones, dado que no se pueden realizar principalmente para determinar la masa grasa, pero se pueden utilizar para este propósito.

Con base en [12] el proceso de la antropometría que se realiza mediante mediciones manuales, presentan desventajas dado que requiere de personal entrenado para realizar las mediciones, las medidas se toman de una en una por cada uno de los sujetos y el tiempo de medición, registro y procesamiento de la información es extenso.

Según lo antes mencionado las técnicas que ayudan a conocer la composición corporal, cuentan con ventajas y desventajas que ayudan a dicha tarea, pero es necesaria la creación de una herramienta informática que ayude a tomar las medidas de una forma eficiente, para el cálculo de la composición corporal y así conocer el estado nutricional de los pacientes de una manera más rápida y eficiente.

Además de la metodología para conocer la composición corporal, es importante tener una herramienta para llevar la gestión de toda la información del paciente, como lo es un historial clínico, que permitirá al profesional de la salud conservar y monitorear la información propia del paciente de una forma clara, rápida y homogénea, así mismo facilitará localizar sus antecedentes personales o familiares y de su entorno, establecer su estado de salud o enfermedad con el fin de definir una ruta crítica para la resolución en caso de una problemática, vigilar la evolución del individuo durante su tratamiento y añadir resultados de pruebas bioquímicas del cuerpo.[13]

Estado del arte.

## **Estudio de la composición corporal**

Con base en [14] el estudio de la composición corporal es un tema de interés creciente y que puede ser llevado a cabo tanto para fines de investigación como para fines clínicos, para hacer un análisis de las condiciones clínicas de determinado sujeto o grupo de sujetos. Este interés en medir la composición corporal tuvo su inicio en el siglo XIX cuando el análisis era llevado a cabo a través de la disección de cadáveres, posteriormente a mediados del siglo XX surgieron los métodos indirectos que establecen los principios utilizados hasta el día de hoy.

Actualmente, los métodos de análisis de la composición corporal son divididos en tres grupos[14]:

### **Método directo**

El único método directo es la disección de cadáveres, se realiza la manipulación y análisis de los tejidos, éste cuenta con una excelente fiabilidad, pero su aplicación y utilidad es muy limitada.

### **Métodos indirectos**

Los métodos indirectos de evaluación de la composición corporal realizan un análisis de la composición corporal *in vivo*. A pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y con alto coste financiero.

Éstos son la resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés; antes DEXA), análisis de activación neutrónica (AAN), composición corporal Huesca (TOBEC, por sus siglas en inglés) y la densitometría.

### **Métodos doblemente indirectos**

Los métodos doblemente indirectos de análisis de la composición corporal también son técnicas para medir la composición corporal *in vivo* y en general presentan un margen de error muy grande, cuando son comparados con los métodos indirectos. Métodos como la antropometría, ecografía y la impedancia bioeléctrica ganan importancia debido a su sencillez, seguridad, facilidad de interpretación y bajas restricciones culturales. Además, estos métodos presentan mejor aplicación práctica y menor coste financiero, lo que permite su empleo en investigaciones y estudios epidemiológicos.

A continuación, se presenta en Tabla 1 las descripciones de los métodos mencionados con anterioridad.

*Tabla 1 Descripción de métodos de análisis de composición corporal.*

|  |  |
| --- | --- |
| **Método** | **Descripción** |
| AAN | Los sistemas de AAN diseñados para estudios *in vivo* liberan un haz moderado de neutrones rápidos al sujeto, la captura de estos neutrones por los átomos de los elementos diana corporales crean isótopos inestables como el 49Ca y 15N, que retornan a su condición estable por la emisión de uno o más rayos gamma de energía característica.  La radiación del sujeto se determina con un contador del radioespectro de las emisiones, y los datos se obtienen desde el sujeto ubicado cuidadosamente con respecto a una serie de receptores en una capa altamente blindada. |
| Antropometría | Es una técnica incruenta y poco costosa, portátil y aplicable en todo el mundo para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano. Refleja el estado nutricional y de salud y permite predecir el rendimiento, la salud y la supervivencia. Como tal, es un instrumento valioso actualmente subutilizado en la orientación de las políticas de salud pública y las decisiones clínicas. |
| BIA | La impedancia bioeléctrica se utiliza para el cálculo del agua total del cuerpo, masa grasa y masa libre de grasa. Este método se basa en el principio de que la conductividad del agua del cuerpo varía en los diferentes compartimentos, así este método mide la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que pasa a través del cuerpo. |
| DXA | Es un instrumento utilizado para medir diferentes parámetros de la composición corporal como la masa muscular, la masa grasa y la densidad mineral ósea (DMO).  El procedimiento se establece a través de la atenuación de fotones. Cuando los fotones atraviesan los tejidos de los sujetos son absorbidos o diseminados por el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton, este último, consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. |
| Ecografía | Técnica de exploración de los órganos internos del cuerpo que consiste en registrar el eco de ondas electromagnéticas o acústicas enviadas hacia el lugar que se examina. |
| Densitometría | En este método, es utilizada la relación inversa entre presión y volumen, basada en la ley de Boyle para determinar el volumen corporal. Una vez que este volumen es determinado, es posible establecer la composición corporal por medio de los principios de la densitometría.  Se asume que la composición química del tejido magro es relativamente constante; así, su densidad difiere sustancialmente de la del tejido graso. |
| RMN | Es un instrumento indispensable para la química, así como para otras ramas de la Ciencia. Con la espectroscopia de RMN se pueden identificar moléculas, determinar su estructura o estudiar procesos dinámicos.  La RMN usa un software especial para distinguir músculo esquelético y tejido adiposo, siendo su principal utilidad la distinción del tejido adiposo visceral y subcutáneo. |
| TOBEC | Este método se basa en las diferencias en la conductividad eléctrica y en las propiedades dieléctricas de las masas grasa y no grasa del organismo. Al introducir el cuerpo en un campo eléctrico se produce una pérdida de energía que es proporcional a la conductividad de los componentes de aquél y a su longitud. |

*Fuente: Realización propia con datos obtenidos de* [6]*,* [14]–[16]*.*

*R. Casanova* [17] ha clasificado las técnicas de estudio de la composición corporal considerando como características comparativas la precisión, el coste, la duración del estudio, el nivel de dificultad presentada a su realización, el riesgo al que el paciente está expuesto y compartimiento o resultados. Se tomando en cuenta que el AAN es el factor de medición con mayor precisión, considerado como “muy alta precisión”, de igual manera esta técnica funge como patrón de comparación con respecto a la dificultad. Dicha clasificación se muestra en la *Tabla 2*

*Tabla 2 Comparación de las técnicas de estudio de la composición corporal.*



*Fuente:* [17], [18].

### **Método antropométrico**

El método antropométrico es el más utilizado en la actualidad para el reconocimiento de la composición corporal, debido a su carácter no invasivo, así como a la relativa facilidad de obtención de los datos en el trabajo de campo, pero ha estado inmerso durante muchos años en problemas de estandarización, con relación al número, naturaleza y localización de los sitios donde se deben realizar las mediciones. Igualmente, en lo relacionado con las técnicas de medición y la forma en la cual los datos deben ser analizados y reportados.

Desde el año 1993, algunas organizaciones profesionales de Australia adoptaron los sitios y procedimientos de medición recomendados por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés), metodología que proporciona una instrucción tanto teórica como práctica y asegura transversalidad e interpretación de los datos de manera confiable.[19]

### **Metodología****ISAK**

*ISAK* [20] reconoce cuatro niveles jerárquicos de acreditación:

#### **Nivel 1: Técnico en el perfil restringido.**

Una persona que completa con éxito el Nivel 1 puede demostrar la precisión adecuada en 4 medidas básicas, 6 perímetros, 8 pliegues y 3 diámetros, y tiene un conocimiento básico de la teoría de las aplicaciones antropométricas, para permitir la monitorización de variables de salud y el crecimiento, y el cálculo del somatotipo, los cuales ISAK ve como indicadores útiles para la comparación de tamaño, la forma y la composición corporal.

#### **Nivel 2 - Técnico perfil completo**

Un antropometrista Nivel 2 puede realizar con la precisión adecuada 4 medidas básicas, 8 pliegues, 13 perímetros, 9 longitudes y alturas, 9 diámetros y tiene un amplio conocimiento de la teoría de la antropometría y su interpretación.

#### **Nivel 3: Instructor.**

Su objetivo es mostrar la precisión adecuada en cada una de las 43 medidas antropométricas, además de presentar conocimientos teóricos y prácticos.

#### **Nivel 4: Antropometrista de referencia o criterio.**

Es el nivel más alto e implica muchos años de experiencia en la toma de medidas aprobadas por la ISAK, un alto nivel de conocimientos teóricos, la participación en la enseñanza y exámenes de talleres o cursos, la participación en grandes proyectos de investigación en antropometría y un historial de publicaciones significativo sobre el tema.

Los costos estimados para la participación y acreditación de los niveles ISAK rondan entre los $ 7500.00 MXN y $ 9610.00 MXN. [21]

### **Dispositivos, tecnologías y herramientas para la captación de las dimensiones antropométricas**

Los métodos de medición antropométricos pueden ser directos e indirectos. [12]

#### **Obtención directa**

El método directo se basa en la obtención de las dimensiones antropométricas directamente del individuo a partir de puntos antropométricos haciendo uso de equipos e instrumentos.[12]

##### **Equipo antropométrico básico:**

Respecto al material antropométrico básico requerido por [22] para la toma de medidas antropométricas de forma manual y directa son los siguientes:

* **Báscula**.-Usada para determinación del peso, se requiere de una precisión de 100 g.
* **Plicómetro o Lipocalibre.-**Usadopara la medición de los pliegues cutáneos. Las marcas recomendadas son *Harpenden* y *Holtain* con una precisión de 0,2 mm, mientras que *Lange* y Slimguide presentan 0,5 mm de precisión.
* **Tallímetro de pared o estadiómetro. -**Para medir la altura de las personas, se solicita una precisión de 1mm.
* **Paquímetros de diámetros óseos pequeños. -** Instrumento utilizado para medir la distancia entre dos lados simétricamente opuestos en un objeto. *Holtain, Rosscraft* son marcas recomendadas, con calibres adaptados y precisión de 1 mm.
* **Cinta métrica**. - Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, las especificaciones solicitadas son: metálica, estrecha e inextensible. Las marcas *Holtain, Rosscraft, Sunny* y *Gaucho* con una precisión de 1 mm son aceptadas.
* **Lápiz dermográfico**. - Lápiz o rotulador especial para marcar la piel, usado para la señalización de los puntos anatómicos y referencias antropométricas.
* **Cajón antropométrico (opcional)**. - cajón de aproximadamente 40cm de alto x 50cm de ancho x 30 cm de profundidad, es usado para facilitar la medición de algunas variables.

El costo estimado del equipo antropométrico básico es 50,000 MXN conforme lo publicado por.[12]

##### **Aplicación móvil y de escritorio:**

Existen herramientas informáticas creadas principalmente para facilitar el proceso de cálculo y presentación de resultados, así como la administración de historiales clínicos, tal es el caso de las siguientes aplicaciones:

**Anthropometric iTool**.-Es una aplicación que integra todas las mediciones antropométricas, administra datos sobre clientes, pacientes o atletas, permite un informe comparativo antropométrico actual completo de diferentes fechas, cambios y evolución. Entre los resultados, muestra fórmulas de predicción por edad y sexo, modelo de 5 componentes fantasma de cada medida, somatotipo, índices corporales, predicción del índice somático de crecimiento máximo, etc.[23]

*Ilustración Empleo de aplicación Avatar3D*

*Ilustración Capturas de interfaz gráfica de usuario de Anthropometric iTool*

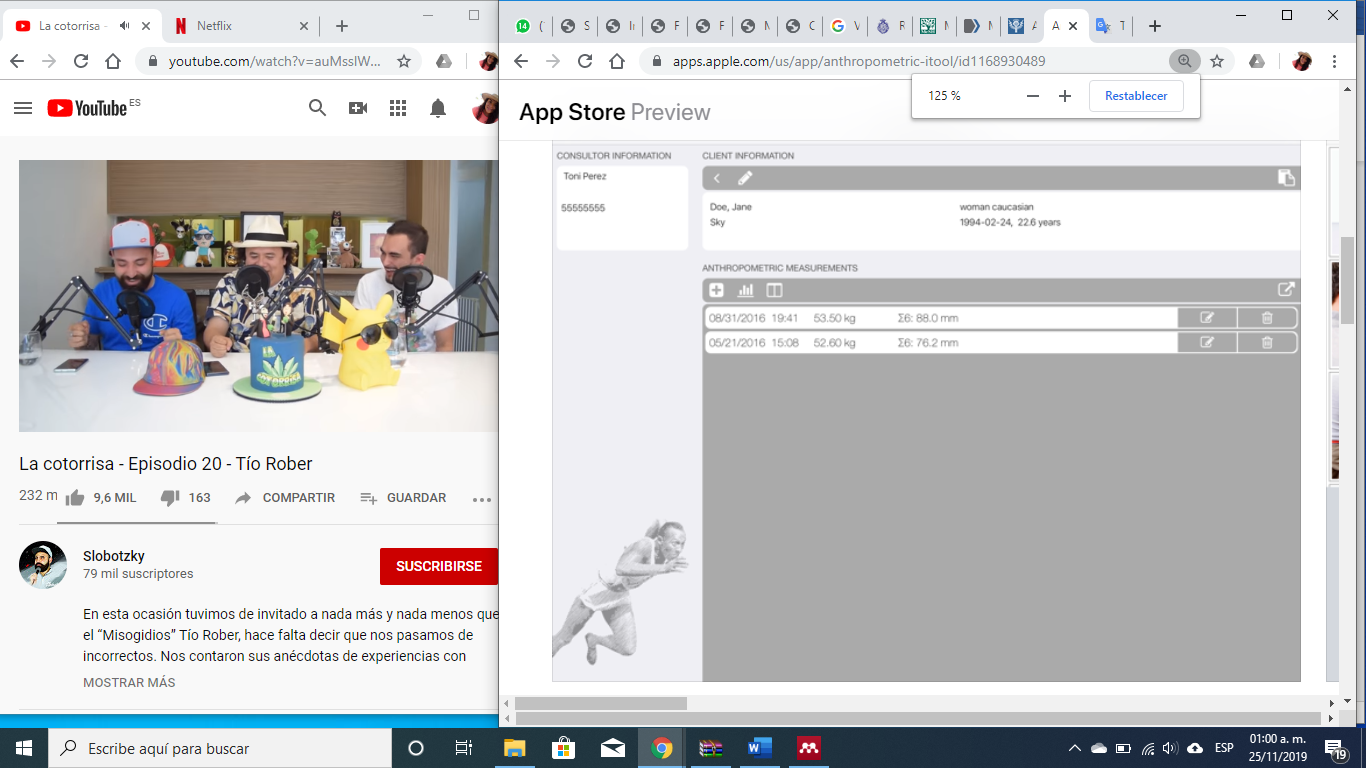
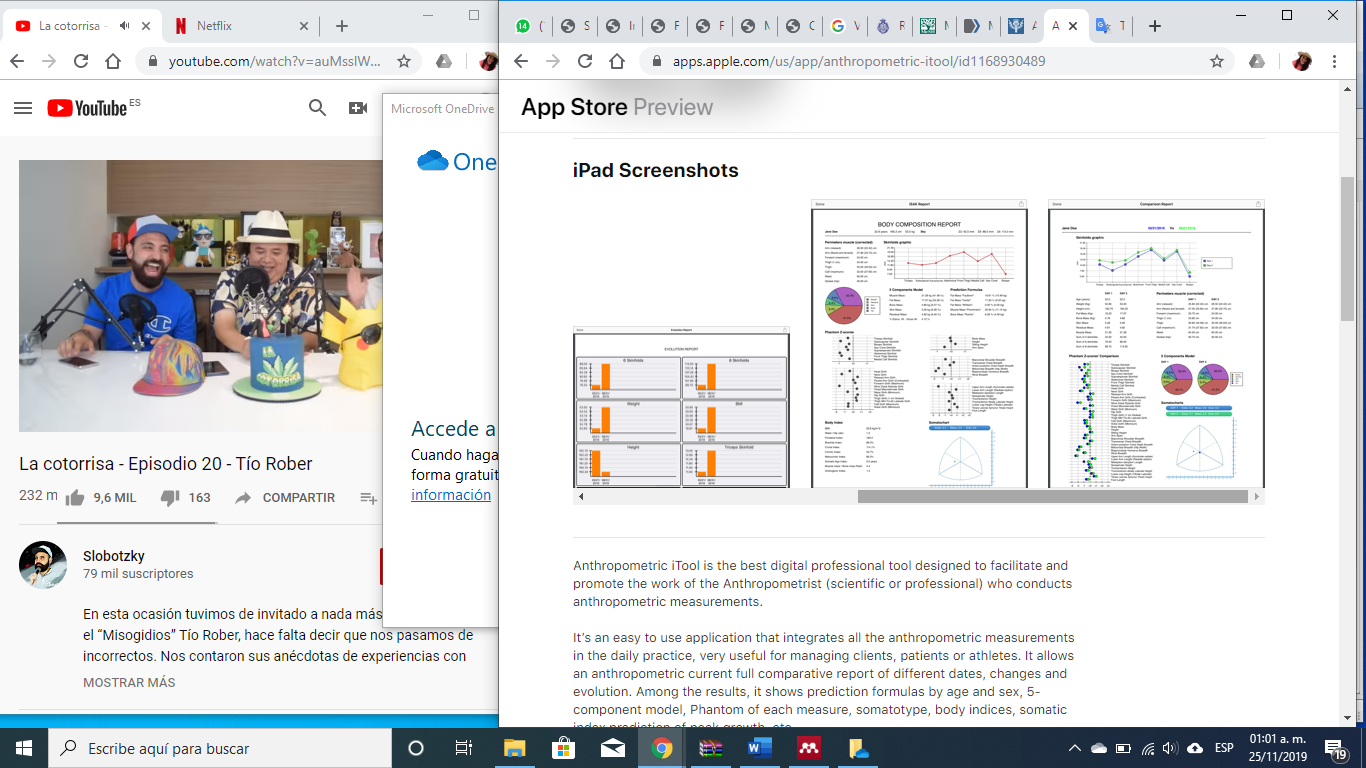
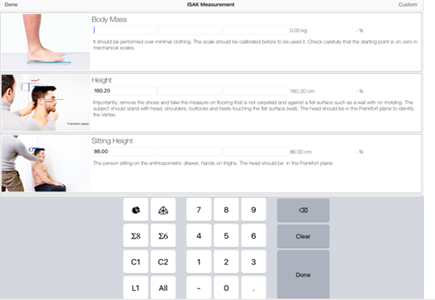


Figura 1 Capturas de la interfaz gráfica de usuario de Anthropometric iTool

*Fuente: Adaptado de* [23]

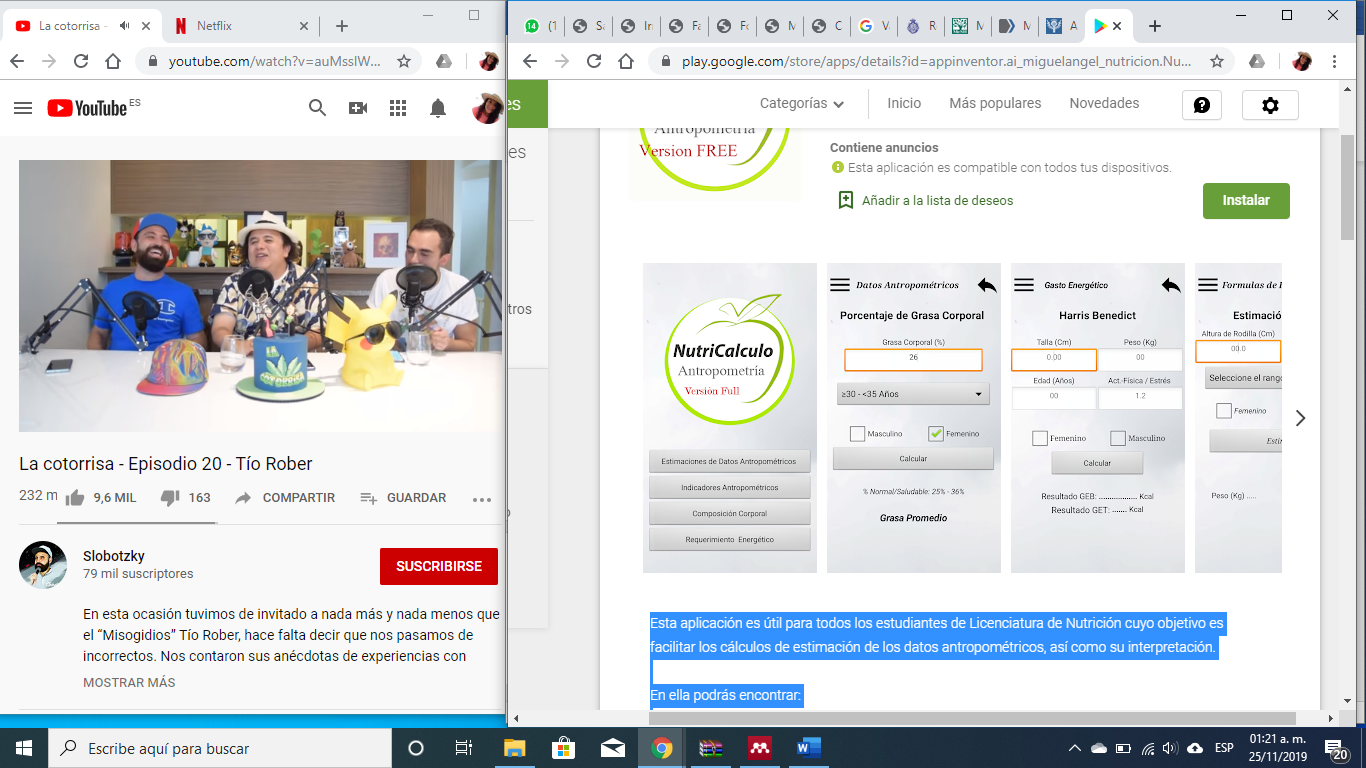
Figura 2 Vista general de los reportes generados por Anthropometric iTool

*Fuente: Adaptado de* [23]

Informa la mediana en tiempo real y simultáneamente muestra el porcentaje del error antropometrista al final de cada recopilación de datos. [23]

En la Figura 1 se muestran capturas de la interfaz gráfica de la aplicación en funcionamiento y como se puede observar en la Figura 2 la aplicación genera reportes estadísticos.

**Costo estimado:** 2,499.00 MXN sólo disponible para Iphone y Ipad [23]

**NutriCalculo.-** El objetivo de esta aplicación es facilitar los cálculos de estimación de los datos antropométricos, así como su interpretación.[24]

Presta fórmulas de estimaciones de datos antropométricos, indicadores antropométricos y composición corporal.[24]

Figura 3 Captura de interfaz gráfica de usuario de la aplicación NutriCalculo

*Fuente: Adaptado de* [24]

*Ilustración Captura de interfaz gráfica de usuario de aplicación NutriCalculo*

**Costo estimado:** versión gratuita para Android está disponible en Google Play.[24]

En la Figura 3 se observa la interfaz gráfica de NutriCalculo.

**Eat Smart Apps .**- Software para nutriólogos disponible en [25], el cual permite la evaluación física y antropométrica por medio de la inducción al sistema de:

* Mediciones básicas: peso, talla, complexión física, IMC e índice de cintura-cadera con interpretaciones.
* Compartimentos corporales y somatotipo: evaluación nivel ISAK II. Calcula la masa grasa, ósea, residual, agua corporal y somatotipo con interpretaciones, con datos obtenidos desde básculas que arrojan estos resultados.
* Pruebas físicas: Pruebas físicas integradas para interpretar la flexibilidad, fuerza y resistencia de tus pacientes.
* Información clínica: Un expediente completo para cada consulta, permite el registro de antecedentes del paciente, medicamentos usados, signos y síntomas, así como análisis bioquímicos.

**Costo estimado:** Presenta distintos planes por computador: versión gratuita, 690.00 MXN versión principiante, 1,590.00 MXN versión completa y versión premium 1,348.00 MXN anuales.[25]

Actualmente en el mercado existen aplicaciones similares a las antes mencionadas, en la *Tabla 3*, se muestran las características de interés como lo son el método de obtención de los datos, si es necesario el uso de instrumentos antropométricos para obtener mediciones, la norma o metodología a la que están apegadas, la forma en la que se introduce la información en la aplicación, si esta misma calcula la composición corporal, igualmente se evalúa si la aplicación permite el manejo de la información clínica.

*Tabla 3 Comparativa de características de interés en aplicaciones.*



*Fuente: Elaboración propia con información de* [23], [24],[25]

Como puede ser observado en la tabla anterior, las aplicaciones mencionadas requieren que el usuario ingrese las medidas solicitadas, a pesar de contener manuales e instrucciones sobre la correcta obtención, los resultados obtenidos continuarán presentando un error técnico de medida (ETM), esta característica en particular es en la que la aplicación a realizar busca presentar un cambio importante en el mercado, dado que tanto la obtención e inducción de medidas será realizada de manera automática por la aplicación. Además, la aplicación que presenta la mayoría de las características similares a la planteada en este proyecto presenta costos por su utilización delimitados por periodos.

### ***Obtención indirecta***

Con base en lo publicado en [12] existen diversas tecnologías y formas en que se pueden obtener los datos antropométricos de forma indirecta. Estas últimas se pueden adquirir en diversos formatos:

#### Unidimensionales (1D).

Los datos 1D consisten en estaturas, longitudes y perímetros de segmentos corporales. Permiten establecer el tamaño del cuerpo humano, pero no la forma.

#### Bidimensionales (2D)

Los datos 2D consisten en siluetas o secciones corporales; son contornos formados por curvas o puntos (x, y).

#### Tridimensionales (3D)

La antropometría 3D está formada por nubes de puntos con coordenadas (x, y, z) que representan la superficie del cuerpo. Surgió con la idea de reducir el tipo de adquisición por sujeto, y que el escaneado se reduce a pocos segundos, y el software de procesado puede proporcionar las dimensiones antropométricas de forma automática.

La adquisición, el tratamiento y análisis de los datos aumenta considerablemente en complejidad desde los datos 1D a los datos 3D.

Algunos de los dispositivos utilizados en la tecnología de medición antropométrica indirecta, así como sus características fundamentales, su principio de operación, aplicaciones y costo estimado se mencionan a continuación:

#### **Equipo de termografía infrarroja:**

Con base en [26] los equipos y sistemas de termografía infrarroja en el ámbito médico – deportivo nos permiten obtener mapeos de temperatura superficial de una forma rápida, sencilla y precisa. La realización de estos estudios no invasivos son una herramienta de gran utilidad para el clínico y contribuyen al confort de los pacientes. Dichos sistemas pueden ser compuestos por:

##### Cámara portátil

La cámara opera según el principio de escaneo del objeto a medir, el cual se muestrea mediante un escáner reflectante bidimensional, como se muestra en la Figura 4. El escáner horizontal realiza la detección en líneas de 300 píxeles cada una, con una frecuencia de muestreo de 135 Hz (a la derecha y a la izquierda) y opera como oscilador resonante movido por un motor de corriente continua. El escáner vertical configura la imagen completa a partir de las diversas líneas. Se capturan 200 líneas, siendo la secuencia de repetición de imágenes 1,25 Hz. [12]

Existe la posibilidad de cámaras con conexión USB al PC, así como las integraciones especiales de cámaras en dispositivos electrónicos como iPad. [26]

##### Software

Software encargado al procesamiento y manejo de datos obtenidos por las imágenes termográficas, así como del análisis y generación de informes, existen diferentes funcionalidades de acuerdo con el enfoque, ya sea industrial, médico-clínico e investigación. [26]

Figura 4 Uso de cámara termográfica para el reconocimiento y análisis corporal en deportistas

*Fuente: Adaptado de* [27]

**Costo estimado:** 573,000‬MXN [27],[28]

**Escáneres corporales 3D:**

Los dispositivos ópticos utilizados por los escáneres corporales 3D pueden ser proyectores de luz, dispositivos de carga acoplada (CCD, por sus siglas en inglés) y fuentes de luz (halógenas, infrarrojas o láser). Para el cuerpo humano, el láser debe clasificarse como Clase 1 para la seguridad ocular. La mayoría de los escáneres corporales 3D proyectan rayos de luz horizontalmente.

Con las nuevas tecnologías, la mayoría de los escáneres como el que se muestra en la Figura 5, [29]están diseñados para compartir e intercambiar información entre aplicaciones informáticas y también pueden proporcionar una extracción de medición automática de los datos 3D escaneados. [30]

Figura 5 FIT3D escáner corporal 3D

*Fuente: Adaptado de* [29]

Algunos de ellos son: 3dMD 3dMDbody System, Artec Shapify Booth, OPTAONE [31]

**Costo estimado:** oscilan desde 20,000 MXN hasta 60,000 MXN [31]

FIT3D.- Es un sistema conformado por un equipo de escáner y báscula integrados, así como una plataforma web y aplicación móvil para la administración de los datos. El escáner obtiene una imagen completa en 3D del cuerpo en sólo 40 segundos y analiza la postura y la composición corporal. La lectura en 360º mide volúmenes, contornos y superficies para obtener un cálculo automático de peso, equilibrio, porcentaje de grasa corporal, densidad ósea y cantidad de masa grasa y masa magra, así como mide también la postura, todo ello con el fin de evaluar el estado físico de la persona. [32]

**Costo estimado:** oscilan desde 10,000 USD hasta 20,000 USD [33]

SYMCAD III TELMAT INDUSTRIE. - No utiliza láser ni otro tipo de radiaciones nocivas. El dispositivo de captura de datos es fijo (no hay piezas en movimiento) dando resultados seguros y de fácil mantenimiento. Su tecnología patentada de adquisición en 3D se basa en la técnica de proyección de franjas con luz natural como se muestra en la Figura 6 [34]. Extrae las medidas peculiares delimitadas por marcadores dispuestos sobre puntos anatómicos, las cuales detecta e identifica automáticamente y calcula las medidas antropométricas. [12]

Figura 6 SYMCAD escáner corporal 3D

*Fuente: Adaptado de* [34]

*Ilustración SYMCAD.- Escáner corporal 3D*

**Costo estimado:** 310,000 MXN [31]

KINECT**.** -Es un dispositivo creado por Alex Kipman y desarrollado por Microsoft para su videoconsola Xbox 360, usado para controlar las acciones del jugador y los menús de juego mediante los movimientos del cuerpo. Esto es posible con de una cámara de composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios de la luz (RGB, por sus siglas en inglés) que se encarga de obtener la información de color de todo aquello situado en su campo de visión como se observa en la Figura 7 [35] y otra de espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés) encargada de obtener la información de profundidad, así como una fuente de luz infrarroja que permite que la cámara NIR obtenga sus datos incluso en ausencia de luz. Existen diferentes drivers para el uso de Kinect mediante un ordenador, entre los que se encuentran Kinect for Windows SDK, OpenNI, OpenKinect o Libfreenect. [12]

Figura 7 Uso de dispositivo Kinect para el reconocimiento corporal

*Fuente: Adaptado de* [35]

*Ilustración DomeScan.- Escáner 3D*

*Ilustración Uso de dispositivo Kinect para reconocimiento corporal.*

**Costo estimado:** 2,000.00 MXN [36]

Para el reconocimiento corporal y la obtención de sus medidas existen equipos, sistemas e instrumentos similares a los anteriores, sin embargo, estos presentan características de interés con relación a nuestro proyecto, las cuales son mostradas en la Tabla 4.

*Tabla 4 Comparativa de características de interés en equipos electrónicos*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Instrumento o equipo | Reconocimiento corporal | | | | Obtención de medidas corporales | | | Cálculo de composición corporal | Portable |
| Método | Técnicas o tecnologías | Dimensión | | Método | Norma o metodología utilizada | Uso de instrumento extra |
| Cámara térmica | Automático | Medición de la temperatura superficial | 2D | | S. E | No aplica | ✓ | ✗ | ✓ |
| FIT3D | Automático | Cámaras e imágenes 360° | 3D | | Automático y S.I. | Dexafit | ✗ | ✓ | ✗ |
| SYMCAD III | Automático | Proyección de franjas con luz | 3D | | Automático y S.I. | ISO-7250 e ISO 8559 | ✗ | ✓ | ✗ |
| Kinect | Automático | Cámaras RGB y NIR y fuente de luz infrarroja | 2D y 3D | | S. E | No aplica | ✓ | ✗ | ✓ |
| S.E.-Análisis con software externo | | | | S.I.-Análisis con software integrado | | | | | |

*Fuente: Elaboración propia con información obtenida de* [12] y [32]

La obtención de la información de interés se realiza de forma automática disminuyendo los márgenes de error que la obtención genera, incrementado la exactitud, sin embargo, dichos equipos presentan algunas desventajas importantes, dentro de las cuales principalmente se encuentran los altos costos que estos presentan y la no portabilidad presentada. Es por ello por lo que podemos ubicar estas características como vacíos potenciales para que la aplicación desarrollada sea factible, así mismo dado que es utilizada en un dispositivo el cual implementa el uso de la cámara fotográfica incluida en el mismo, proporciona la portabilidad y accesibilidad necesaria para la problemática existente. Las técnicas, metodología y uso de software desarrollado al nicho de interés que han sido presentadas para el desarrollo del proyecto, ya han sido utilizados por estos equipos, pero ninguno de ellos realiza la totalidad del proceso en teléfonos inteligentes y la combinación de estas en un solo sistema.

Descripción del proyecto.

Lo que se busca en este proyecto es realizar una herramienta que permita a los especialistas en el área de nutrición obtener las medidas necesarias para la valoración de la composición corporal de un paciente. Siendo la antropometría el método seleccionado para su mejora, al reducir el margen de error presentado en la obtención de mediciones y lograr minimizar el tiempo que toma realizarlas. Considerando como base los índices y mediciones evaluadas en la certificación ISAK nivel 2, la cual se basa en el estudio de la cineantropometría, que además de obtener los porcentajes de los tejidos del cuerpo humano, también identifica un deporte o actividad física que sea más conveniente a realizar por el paciente.

Se desarrollará un sistema móvil para la obtención de medidas antropométricas descritas en la certificación ISAK nivel 2.

El sistema consta de dos componentes:

* Una aplicación móvil para el sistema operativo Android para el reconocimiento del cuerpo humano, realizado por medio de la cámara trasera de un teléfono inteligente, así como la obtención de las medidas antropométricas necesarias para el análisis de la composición corporal, todo ello mediante un sistema de visión artificial, además de permitir ver los registros de pacientes generados con la información obtenida dentro de la misma aplicación.
* Un sistema embebido montado sobre un plicómetro que permita obtener las medidas en pliegues cutáneos y además sean enviados a la aplicación móvil mediante la tecnología de transferencia Bluetooth.

El proceso propuesto para la obtención y presentación de los resultados es el siguiente, mediante el sistema de visión artificial y el sistema embebido en el plicómetro se obtienen de manera automatizada las mediciones antropométricas necesarias para el cálculo de la composición corporal, una vez calculada se comparan los valores con tablas de evaluación para así generar los resultados del paciente. Para el análisis y presentación de resultados también es necesario contar con el historial clínico del paciente, el cual toma como referencia el formato utilizado en el área de nutrición en la clínica universitaria perteneciente a la Universidad Autónoma de Zacatecas que se muestra en el **Anexo** 1 de este documento, los datos no obtenidos por los sistemas anteriores serán introducidos por el especialista en nutrición, logrando así recabar toda la información requerida por el especialista. Es importante mencionar que el apartado relacionado a la antropometría dentro del **Anexo 1**, será registrado con las medidas evaluadas por ISAK nivel 2.

Objetivo general del proyecto.

Determinar la composición corporal en base a las medidas de la certificación ISAK nivel 2, mediante un sistema embebido y el reconocimiento del cuerpo a través de un sistema de visión artificial implementado en un teléfono inteligente, para conocer el estado nutricional de un paciente, así como su funcionalidad corporal.

Objetivos particulares del proyecto.

* Obtener la medida de los pliegues cutáneos mediante un sistema embebido implementado en un plicómetro.
* Calcular la composición corporal utilizando ecuaciones de estimación de la masa corporal.
* Identificar el somatotipo del paciente para definir la funcionalidad corporal y sugerir una actividad física o deporte idóneo para el paciente y obtener su somatocarta.
* Gestionar el historial clínico nutricional del paciente.

Justificación.

El proceso efectuado por las secretarías públicas de salud para detectar enfermedades como el sobrepeso y obesidad en México continúa siendo una tarea difícil de ejecutar y llevar a cabo en toda la población, dado a que la implementación de instrumentos y métodos de mayor eficacia y exactitud representan un gasto económico importante.

En el año 2012 el artículo *KILOS DE MÁS, PESOS DE MENOS* informó lo siguiente: “En México existen 8,599,374 diabéticos por sobrepeso y obesidad (considerando únicamente diabetes mellitus tipo 2.), de los cuales 48% están diagnosticados y reciben tratamiento y 49% no han sido diagnosticados. Además, anualmente mueren 59,083 personas a causa de dicho padecimiento, de las cuales 45% se encuentran en edad productiva. Los costos sociales por dicha enfermedad ascienden a más de 85 mil millones de pesos al año. De esta cifra, 73% corresponde a gastos por tratamiento médico, 15% a pérdidas de ingreso por ausentismo laboral y 12% a pérdidas de ingreso por mortalidad prematura.” [37]

En la actualidad los porcentajes de población afectadas por estas enfermedades siguen en continuo crecimiento y cada vez es más necesario que estas sean detectadas con premura, a pesar de que ya existen dispositivos, métodos y tecnologías que permiten un mejor análisis para el estudio de las composiciones corporales, en su mayoría éstos presentan costos económicos y en tiempo que no son convenientes para los especialistas. [37]

La mejora de procesos busca la optimización de este, a fin de obtener mejores beneficios. Es por lo que el enfoque de este proyecto es la inserción de las ciencias computacionales a la mejora de las herramientas actualmente utilizadas por especialistas en áreas de salud y nutrición, siendo la antropometría un área de oportunidad, puesto que ésta ya es utilizada tanto para la prevención como para la detección de estas enfermedades, debido a sus bajos costos y practicidad, sin embargo, puede ser un proceso que carece de exactitud debido al error humano.

El desarrollo del sistema busca facilitar la obtención de las mediciones antropométricas de un paciente, proporcionando precisión al minimizar el error humano y reduciendo tiempo tanto en la toma de medidas como en el proceso del cálculo, además de presentar interpretaciones de los resultados, dando solución a las necesidades previamente presentadas, todo ello a un bajo costo, siendo así una herramienta accesible.

Los beneficios aportados por este proyecto no sólo están reflejados en la optimización del reconocimiento en la composición corporal, si no también se realizan aportaciones a la inserción de las ciencias computacionales en áreas de salud, nutrición y deporte.

Marco teórico.

A continuación, serán presentada información complementaría referente a los conceptos básicos ya mencionados con anterioridad, así como la definición e introducción a el resto de los temas necesarios para el entendimiento del desarrollo de este proyecto, comenzando con los relacionados al contexto en el que la problemática se encuentra y posteriormente aquellos tópicos involucrados en el área computacional.

## **Antropometría**

El término antropometría deriva de la palabra griega *antropo*, qué significa ser humano y la palabra griega *metron*, que significa medida.[12] Según el *Diccionario de la Real Academia Española* [38] el término antropometría es definido como el estudio de las proporciones y medidas del cuerpo humano.

La antropometría se basa en cuatro pilares básicos: las medidas corporales, el estudio del somatotipo, el estudio de la proporcionalidad y el estudio de la composición corporal. Este último el más importante en el ámbito de la nutrición, actividad física y deporte, ya que la capacidad de un individuo para realizar cualquier tipo de esfuerzo está íntimamente relacionada con la mayor o menor presencia de sus tejidos corporales.[22]

A menudo la antropometría es vista como la herramienta tradicional, y tal vez básica de la antropología biológica, pero tiene una larga tradición de uso en la Educación Física y en las Ciencias Deportivas, y ha encontrado un incremento en su uso en las Ciencias Biomédicas.[39] Es por ello que se ha convertido en una ciencia multidisciplinar e integradora, que tiene aplicación en distintos ámbitos y utilizada por diversos científicos.

Una de las consecuencias de las actuaciones de la antropometría en los diversos campos de estudio era la falta de estandarización a la hora de tomar las medidas antropométricas, lo que dificultaba la comparación de las muestras. Con el objetivo de estandarizar la metodología a utilizar y divulgar se creó la cineantropometría, y que en 1978 se formó el Grupo de Trabajo Internacional de Cineantropometría (IWGK, por sus siglas en inglés) pero fue sustituido en 1986 por la ISAK que redefinió las reglas y los protocolos en la valoración antropométrica.[40]

### **Obtención de medidas antropométricas según ISAK**

De acuerdo con el *Manual de medidas antropométricas* [22]para la obtención de las medidas se sigue una metodología estandarizada, en la cual se permite realizar comparaciones con poblaciones similares y se recomienda aplicar el protocolo de medición antropométrico basado en las recomendaciones de ISAK.

Dentro de las consideraciones a tomar en cuenta cuando se realizan las mediciones para obtener datos fiables son: hay que tener un lugar lo suficientemente amplio para poder realizar las mediciones, es deseable hacer las mediciones a primera hora del día, el material debe ser calibrado antes de tomar medidas, se debe iniciar marcando los puntos anatómicos y referencias antropométricas necesarias para el estudio, concluyendo que las mediciones deben repetirse al menos dos veces y se debe utilizar la media de ambas mediciones para la obtención de un resultado final.[41]

ISAK establece dos perfiles de estudio antropométrico: restringido y completo, como se mencionan en la Tabla 5.

*Tabla 5 Perfiles antropométricos para el estudio restringido y completo*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variables** | **Estudio Restringido** | **Estudio Completo** |
| **Medidas básicas** | Peso, talla o estatura, talla sentada y envergadura | |
| **Pliegues cutáneos** | Tricipital, subescapular, bicipital, ileocrestal o supracrestal, supraespinal o suprailíaco, abdominal, muslo anterior y pierna medial. | |
| **Perímetros corporales** | Brazo relajado, brazo flexionado y contraido, cintura, cadera y pierna | Cabeza, cuello, antebrazo, muñeca. Tórax (mesoesternal), muslo 1cm, muslo medial, pierna y tobillo |
| **Diámetros** | Húmero, fémur y biepicondileo de muñeca | Biacromial, bicrestal, transverso del tórax, anteroposterior del tórax |
| **Longitudes/alturas** |  | Acromion-radial, radial estiloideo, medioestiloideo-dactíleon, altura ileoespinal, altura trocantérica, trocántertibial lateral, altura tibial lateral, tibial lateral-maléolo medial tibial, longitud del pie y talla sentado. |
| Nota: el perfil completo asume las variables del restringido. | | |

*Fuente:* [41]

La ventaja de usar un protocolo de medición estandarizado radica en la precisión, fiabilidad y reproductibilidad de las mediciones realizadas por el antropometrista. Existe un ETM que se produce por la variabilidad en la medición y la calidad de la medida, el cuál es prioridad disminuir, calibrando los materiales de medición y con la técnica de medición.

### **Cineantropometría**

La raíz etimológica del término Cineantropometría deriva del griego, mediante la yuxtaposición de los términos *Kinèsis,* que significa movimiento, y antropometría. [42]

La cineantropometría es considerada por *ISAK* [43] como el área de la ciencia encargada en la medición de la composición del cuerpo humano, el estudio de los cambios en las dimensiones corporales provocados por los cambios en los estilos de vida, la nutrición, los niveles de actividad física y la composición étnica de las poblaciones. En síntesis, es la unión entre la anatomía y el movimiento, en una amplia serie de ámbitos.

## **Composición corporal**

Para llevar a cabo el correcto análisis de la composición corporal es necesario definir la composición corporal de acuerdo con sus distintos componentes, la antropometría define de la siguiente manera[44]–[48]:

* Peso y talla

Estas medidas por sí solas no constituyen el monitoreo del estado nutricional o la composición corporal, sin embargo, como parte del estudio del estado nutricional son datos considerables, ya que el estado nutricional en base a estas mediciones es considerado el indicador más importante porque resume el nivel de crecimiento y desarrollo del sujeto.

* Pliegues cutáneos

La medición de los pliegues cutáneos sirve para valorar indirectamente el grosor de tejido adiposo subcutáneo en determinados puntos de la superficie corporal.

* Índice de masa corporal

Es un índice de adiposidad y de obesidad, pues se relaciona directamente con el porcentaje de grasa corporal, que se calcula de la siguiente manera:

*Índice de masa corporal = peso (kg) / talla² (m)*

Es un marcador fácil de usar dado a que es rápido, sencillo y barato, ampliamente utilizado y probado, que sólo supone el primer paso hacia una evaluación del riesgo más completa, como su correlación con otros valores antropométricos.

* Perímetros corporales

Mediciones sobre los perímetros o circunferencias del cuerpo con los cuáles calcular la masa muscular o libre de grasa dentro del organismo.

## **Somatotipo**

Toda persona puede ser clasificada en un somatotipo por varios rasgos genéticos y corporales relacionados a la densidad ósea, capacidad de acumular grasa corporal, masa muscular. [49]

Los tres componentes del somatotipo son [50]:

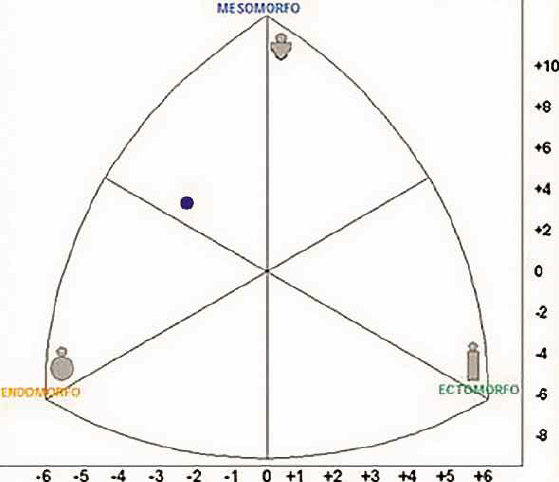
* **Endomorfismo**: representa la adiposidad relativa, hace referencia a formas corporales redondeadas propias de disciplinas como el sumo o los lanzamientos.
* **Mesomorfismo**: representa la robustez o magnitud musculoesquelética relativa, siendo característica predominante en velocistas, halterófilos, etc.
* **Ectomorfismo**: representa la linealidad relativa o delgadez de un físico, haciendo referencia a formas corporales longilíneas propias de disciplinas como el salto de altura y el voleibol.

Existe una representación gráfica del somatotipo, llamada somatocarta, en la que se sitúa un punto correspondiente al somatotipo del sujeto como al referente ideal, por medio de un eje de coordenadas estableciendo así una comparativa. Para la representación gráfica se calculan las coordenadas X y Y mediante las ecuaciones expresadas a continuación[50]:

*Eje X = Ectomorfia – Endomorfia*

*Eje Y = 2\*Mesomorfia – Endomorfia – Ectomorfia*

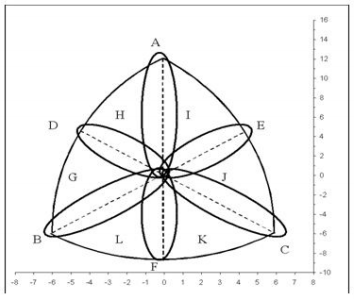
Teniendo como resultado una gráfica que se representa como en la Figura 8



*Figura 8 Ejemplo de somatocarta*

*Fuente: Adaptado de* [50]

Para la interpretación de la somatocarta se divide en distintas secciones que dependiendo de la posición en que se encuentre el punto, corresponde a un somatotipo como se muestra en la Figura 9.

Tomando a consideración las secciones denotadas con **A**, **B**, **C**, **D**, **E** y **F** para la determinación del significado del somatotipo, las cuales son presentadas a continuación [50]:

1. **Mesomorfo balanceado**
2. **Endomorfo balanceado**
3. **Ectomorfo balanceado**
4. **Mesomorfo–Endomorfo**
5. **Mesomorfo–Ectomorfo**
6. **Endomorfo–Ectomorfo**

*Figura 9 Somatocarta dividida en secciones para la determinación del somatotipo Fuente: Adaptado de [50]*

## **Estado nutricional**

El estado nutricional de un individuo permite conocer el grado en que la alimentación cubre las necesidades del organismo o, lo que es lo mismo, detectar situaciones de deficiencia o de exceso. Dicha evaluación debe ser un componente del examen rutinario de las personas sanas y es importante en la exploración clínica del paciente.[9]

Uno de los métodos para la evaluación del estado nutricional es la historia clínica, ayuda a detectar posibles deficiencias y a conocer los factores que influyen en los hábitos alimentarios, tales como los antecedentes personales y familiares, los tratamientos terapéuticos (medicamentos que modifican el apetito y/o el sabor de los alimentos; medicamentos que interaccionan con componentes de los alimentos), el estilo de vida, la situación económica y la cultura.[9]

La Historia clínica permite contar con los datos de cada una de las mediciones realizadas a lo largo del seguimiento. Es fundamental que se consigne en ella tanto el valor absoluto de las mediciones realizadas como el valor estandarizado correspondiente a cada una de ellas, según sexo y edad, de acuerdo con la población de referencia.[51]

Dicha evaluación debe ser un componente del examen rutinario de las personas sanas y es importante en la exploración clínica del paciente. Es necesaria para proponer las actuaciones dietético-nutricionales adecuadas en la prevención de trastornos en personas sanas y su corrección en las enfermas.[9]

Dentro de la valoración del estado nutricional se cuantifican las reservas corporales del organismo y, por tanto, detectar y corregir problemas de nutrición sobre el sujeto, como situaciones de obesidad, en donde existe un exceso de masa grasa o, por lo contrario desnutriciones, en las que la masa grasa y masa muscular podrían verse reducidas [46], en donde [9] hace una clasificación de peso y en donde aborda la obesidad y desnutrición en base al cálculo del índice de masa corporal como se muestra en la Tabla 6

*Tabla 6 Clasificación de pesos en base al índice de masa corporal*

|  |  |
| --- | --- |
| **Categoría** | **Intervalo de IMC (kg/m2)** |
| **Peso insuficiente** | < 18,5 |
| **Normopeso** | 18,5-24,9 |
| **Sobrepeso grado I** | 25,0-26,9 |
| **Sobrepeso grado II (preobesidad)** | 27,0-29,9 |
| **Obesidad grado I** | 30,0-34,9 |
| **Obesidad grado II** | 35,0-39,9 |
| **Obesidad grado III (mórbida)** | 40,0-49,9 |
| **Obesidad grado IV (extrema)** | > 50 |

*Fuente:* [9]

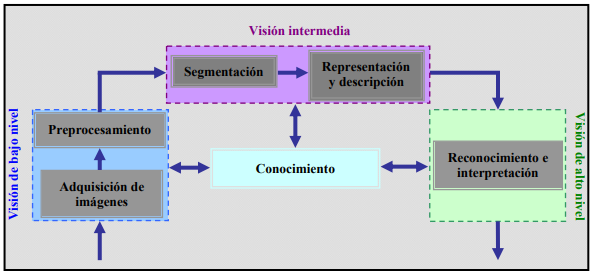
Habiendo mencionado ya la información complementaria a los conceptos contextuales del proyecto, son presentadas a continuación las definiciones teóricas y los aspectos importantes a considerar para la ejecución del proyecto.

## **Sistema de visión artificial**

Un sistema de visión artificial utiliza hardware y software para capturar una imagen y aplicar técnicas de procesamiento de imágenes para transformar y sustraer información importante con la finalidad de interpretar dicha información.

Para la realización del sistema de visión artificial y la obtención de medidas antropométricas para el cálculo de la composición corporal es necesario definir los procesos que se tienen que llevar a cabo.

Según [52] existen una serie de pasos fundamentales para el procesamiento de imágenes, como se puede ver en la Figura 10 presentada a continuación.



*Figura 10 Etapas del procesamiento digital de imágenes para sistemas de visión artificial*

*Fuente: Adaptado de* [52]

Tomando en cuenta los niveles de visión artificial se tiene considerado llegar al alto nivel ya que se pretende reconocer e interpretar la información de la imagen, que en este caso son las medidas antropométricas del cuerpo humano.

Para llevar a el sistema de visión artificial al alto nivel es necesario conocer las etapas que conlleva el procesamiento digital de las imágenes descritas a continuación.

## **Procesamiento digital de imágenes**

Es necesario hacer énfasis en el procesamiento digital de imágenes ya que es una herramienta que es la primera fuente de información con la que se va a trabajar.

Una imagen puede ser definida como una función de dos variable *f(x,y)*, donde *x* y son coordenadas espaciales(plano) y la amplitud de f en cualquier par de coordenadas *(x,y)* es llamada la intensidad o el nivel de gris de una imagen en ese punto.[53]

Los histogramas son la base para numerosas técnicas de procesamiento de dominio espacial. La manipulación del histograma puede ser usada para hacer una mejora. Son sencillos de calcular en software y también se prestan para implementaciones de hardware económicas, haciendo el procesamiento de las imágenes en tiempo real posible.[53]

El crecimiento necesario para el análisis e interpretación de imágenes en un amplio rango de aplicaciones requiere del desarrollo de algoritmos de segmentación, considerando lo dicho anteriormente sobre las técnicas de procesamiento en el histograma, sobre su coste y su utilidad en la segmentación de imágenes.[54]

La segmentación implica particionar la imagen en un conjunto de regiones homogéneas y significativas, tanto que los píxeles en cada región particionada posean un idéntico conjunto de propiedades y atributos. Estos conjuntos de propiedades de la imagen pueden incluir niveles de grises, contraste, valores espectrales, o propiedades textuales. El resultado de la segmentación es un número homogéneo de regiones, que tiene una etiqueta única. Una imagen así es definida por el conjunto de regiones que están conectados y sin superposición, así cada píxel en la imagen adquiere una única etiqueta que indica a qué región pertenece.[54]

Todos los procesos descritos anteriormente son parte de las etapas para llevar a cabo el reconocimiento de la información de una imagen para hacer la eliminación de ruido, la detección del cuerpo en una imagen, pero para llevar a cabo la interpretación de la información es necesario adentrarnos en el reconocimiento de patrones para así poder extraer la información contextualizada de la imagen.

## **Reconocimiento de patrones**

Reconocimiento de patrones es una disciplina científica la cual tiene la meta de clasificar objetos en un número de categorías o clases. Dependiendo de la aplicación estos objetos pueden ser imágenes o señales o cualquier tipo de medidas que necesiten ser clasificadas.[55] Haciendo la definición de un patrón como lo contrario al caos, asimilando a una entidad un conjunto de características que definen a un objeto, se puede comprender que el reconocimiento de patrones es el análisis y relación de datos que nos permita hacer la asignación de una clase a un objeto. [56]

Dentro de los métodos en que se puede clasificar un objeto utilizando el análisis de datos de los patrones para hacer la asignación de su respectiva clase están los siguientes:

**Clasificación Supervisada**

En la clasificación supervisada, se asume que la información con la que se entrena está disponible y que el clasificador fue diseñado con información que a priori es conocida.[55]

En sí, se requiere un conjunto de información que se conoce la clasificación, y así asociar información a un patrón ya conocido.

**Clasificación no supervisada**

La clasificación no supervisada trabaja con un conjunto de datos de entrenamiento en donde las etiquetas de clase no están disponibles, en este tipo de problema se dan una serie de vectores en donde el reto es desentrañar las similitudes fundamentales.[55]

Aún sin tener a consideración el método de clasificación a utilizar es necesario dar margen a que con el reconocimiento de patrones se podría obtener la información de una imagen, como lo es las medidas antropométricas del cuerpo humano para el después realizar el cálculo de la composición corporal, siendo así el objetivo definido del proyecto.

Marco Metodológico.

En la literatura, Pressman[57] define el proceso como un conjunto de actividades, acciones y tareas que se ejecutan cuando va a crearse algún producto del trabajo. Cuando se habla en el contexto de ingeniería de software, un proceso no es una prescripción rígida de cómo se elabora un software, sino que es un enfoque adaptable que permite que el equipo de software busque y elija el conjunto apropiado de acciones y tareas para el trabajo.

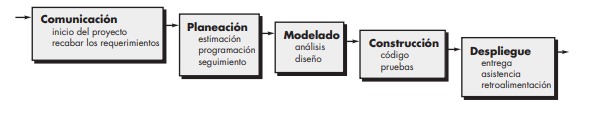
Según Sommerville[58] , un modelo de proceso del software es una representación abstracta de un proceso de software. Estos modelos generales no son descripciones definitivas de los procesos de software, son abstracciones de los procesos que pueden utilizar para explicar diferentes enfoques para el desarrollo de software.

## **Modelo Cascada**

El modelo de cascada fue popularizado en 1970 y se sigue utilizando actualmente en la Ingeniería de Software. Considera las actividades fundamentales del proceso de especificación, desarrollo, validación y evolución, y los representa como fases separadas del proceso, tales como especificación de requerimientos, el diseño de software, la implementación de pruebas, etcétera.[58]

Se le conoce como modelo en cascada porque es un proceso secuencial, donde la salida de una fase constituye la entrada de la siguiente, donde no se debe empezar hasta que la fase previa haya finalizo, de manera estructurada sobre las fases que componen el ciclo de vida del software. [58]

Para Pressman[57], el modelo en cascada se compone de las siguientes fases:



*Ilustración 1. Modelo en Cascada. Fuente:*[57]

1. **Comunicación**. En esta fase se define exactamente lo que requiere y necesita el proyecto. Es una fase muy importante y crítica en el modelo cascada.

El propósito del análisis de los requerimientos es identificar las cualidades requeridas de la aplicación, en términos de funcionalidad, desempeño, facilidad de uso, portabilidad, etcétera.

1. **Planeación**. En esta fase del proceso se define el trabajo de ingeniería de software al describir las tareas técnicas por realizar, los riesgos probables, los recursos que se requieren, los productos del trabajo que se obtendrán y una programación de las actividades.
2. **Modelado**. La meta de la fase de diseño es transformar los requerimientos especificados en el documento SRS en una estructura adecuada para la implementación en algún lenguaje de programación. en términos técnicos, durante la fase de diseño la arquitectura del software es traída del documento SRS.
3. **Construcción**. Es la fase en la que realmente escribimos el programa utilizando un lenguaje de programación, el resultado de esta fase es la colección de módulos implementados y probados. Durante cada etapa de construcción, se prueba el sistema parcialmente integrado y se le agrega un conjunto de módulos previamente planificados. Finalmente, cuando todos los módulos se han integrado y probado con éxito, se llevan a cabo las pruebas del sistema, que tienen como objetivo determinar si el sistema de software funciona según los requisitos mencionados en el documento SRS.
4. **Despliegue**. La entrega de software a menudo se realiza en dos etapas. En la primera etapa, la aplicación se distribuye entre un grupo seleccionado de clientes antes de su lanzamiento oficial. El propósito de este procedimiento es la realimentación de los usuarios, si es necesario realizar algún cambio antes del lanzamiento oficial. En la segunda etapa, el producto se distribuye a los clientes.

El mantenimiento consiste en corregir cualquier error restante en el sistema, adaptar la aplicación a los cambios en el entorno y mejorar, cambiar o agregar características y cualidades a la aplicación. Esta etapa no se incluirá en la realización y planificación de este proyecto debido al tiempo con el que se cuenta para su elaboración.

Según [57] se encontró que la naturaleza lineal del ciclo de vida clásico llega a “estados de bloqueo” en los que ciertos miembros del equipo de proyecto deben esperar a otros a fin de terminar tareas interdependientes. En donde el tiempo de espera llega a superar al dedicado al trabajo productivo. Los estados de bloqueo tienden a ocurrir más al principio y al final de un proceso secuencial lineal.

La adaptación de la metodología cascada a la unidad de aprendizaje de Trabajo Terminal fue una ventaja ya que la relación que hay entre el flujo de la metodología y la unidad de aprendizaje es similar y esto ayuda llevar el seguimiento de actividades a realizar y establecer tiempos de duración de cada una de las tareas y actividades definidas durante la planeación.

Análisis y Discusión de los Resultados

Gestión del proyecto

1. Plan del proyecto.

SiCMA está siendo desarrollado bajo una metodología cascada la cual indica las fases del desarrollo y proporciona un enfoque al objetivo principal de cada una de ellas, sin embargo las actividades a realizar no son definidas y estas tareas serán especificadas de acuerdo a la experiencia del equipo de trabajo, como solución o apoyo a esta situación se realizó la adaptación de la ISO/IEC 29110 , la cual proporciona una serie de procesos con actividades definidas, así como productos entregables que apoyan al proceso, además de enriquecer la documentación y determinar los contenidos necesarios, también establecen una pauta para una correcta administración de proyecto. [59]

Posteriormente a realizar un análisis de los paquetes de despliegue [59] donde son presentadas estas pautas, se comenzó a realizar la planeación del proyecto, como se mencionó se hizo una adaptación dado que la ISO no está basada o guiada bajo un modelo, por el contrario presentan el conjunto de actividades relacionadas, o agrupadas a un objetivo, sin embargo el tiempo y secuencia no están establecidas explícitamente, fue por ello que se realizó un filtrado de las actividades que podrían ser de utilidad para el proyecto, así como establecer un orden a partir de los resultados de las actividades, para ello se realizó la lectura y análisis de cada uno de ellos, extrayendo aquellas actividades de utilidad para el proyecto, posteriormente fueron agrupadas en cada una de las fases de desarrollo, el grafico mostrado en Figura 11.

*Figura 11 Distribución de Actividades ISO/IEC 29110.*

Fuente: Elaboración propia

Cada una de estas actividades contienen tareas a realizar, en base a estos dos elementos y particularidades del proyecto fue que se estimaron los tiempos de trabajo para cada uno de ellos.

Para el proyecto se considera como fecha de inicio desde el 08/10/19, dado que en esta fecha se comenzó la realización del protocolo presentado para la aceptación del proyecto, en cuanto a fecha de fin se estimó en base a las consideraciones del calendario escolar referente a los siguientes dos semestres, para el momento de la realización no se habían presentado calendario oficial para el periodo agosto diciembre 2020, fue por lo que este último se estimó con base a semestres pasados.

En la Tabla 7 se muestra el fragmento referente a cada fase de desarrollo, presentando duración en días, fechas de inicio y fin, es importante mencionar que los días establecidos para este cronograma son considerados por 6 hrs. de trabajo.

*Tabla 7 Cronograma estimación por fase.*



*Fuente; Elaboración propia*

A pesar de que la realización del plan del proyecto es evidentemente parte de la fase de planeación, esta se hizo al inicio del proyecto, sin embargo, ha sufrido cambios a lo largo del avance, dado que el proyecto comienza a ser más específico y se determinan procesos concretos, tal fue el caso del diseño y modelado. El plan de proyecto es presentado tanto su versión inicial como la actual en el Apéndice A de este documento, en él se presentan los cronogramas elaborados, la herramienta de elaboración, fechas, progresos y estimaciones.

1. Manejo de desviaciones en la ejecución del plan.

En esta sección detallaremos el versionamiento de este plan de proyecto, puesto que los cambios que ha sufrido no solo han sido debido a la especificación, sino también a retrasos y cambios no esperados, los cuales implicaron una reorganización.

Para la reorganización del cronograma se estableció el uso de líneas base, parametrizando que una nueva línea base se establecería posterior a juntas de revisión que impliquen cambios o correcciones en las que sea necesario invertir mayor esfuerzo para su realización, o si la actividad realizada es predecesora de otras; actualmente SiCMA se encuentra bajo la línea base 5, la Tabla 8 muestra la fecha de inicio y conclusión de cada una de ellas.

*Tabla 8 Cronología de Líneas Base*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Inicio | Fin | Línea base | |
| 11/02/2020 | 05/03/2020 | 0 | |
| 06/03/2020 | 18/03/2020 | 1 |
| 31/03/2020 | 21/04/2020 | 2 | |
| 22/04/2020 | 23/04/2020 | 3 |
| 24/04/2020 | 07/05/2020 | 4 | |
| 06/05/2020 | 02/07/2020 | 5 |

*Fuente; Elaboración propia*

El uso de líneas base permitió marcar puntos de referencia sobre el trabajo realizado, y la recalendarización de actividades con el fin de distribuir el esfuerzo e impedir el retraso significativo en el cumplimiento.

La línea base 0 representa en su mayor parte, todas las estimaciones realizadas al primer versionamiento del plan de trabajo, dado que al momento de su conclusión solo se había realizado la toma de requerimientos y primer versionamiento de SRS.

La fase de comunicación contemplaba la mayor cantidad de días, dado que dentro de esta fase se estaba considerando el proceso previo a la aceptación del protocolo de trabajo, sin embargo, fue en esta fase donde se realizó la línea base 1, aquí se trabajó en su totalidad en la corrección de los entregables relacionados a la fase de comunicación. Esta fase se dio por concluida el día 18/03/2020 dado que para esta fecha las correcciones ya habían sido realizadas y se esperaba la siguiente reunión de estatus para su verificación, sin embargo, a primera hora de este día el Instituto Politécnico Nacional(IPN) suspendió labores debido al periodo de contingencia sanitaria por el COVID-19.

La línea base 2 se contempló a partir del 31/03/2020 dado que a partir de esa fecha se logró tener contacto con los asesores y profesores, así como se presentó orientación sobre la forma de trabajo que se implementaría dada la contingencia obligatoria que la sociedad comenzó a practicar, incluyendo el IPN. Durante esta línea no existieron cambios a los avances presentados hasta el momento, fue aquí donde se comenzó con el análisis y diseño del sistema.

Cabe mencionar que durante toda la esta línea se estuvo trabajando a la espera de poder validar los avances con el cliente, sin embargo, debido a la situación que se estaba viviendo en el país, no se tuvo contacto con él.

El plan de trabajo se continuo realizando según lo estimado, posterior a una junta de status se presentaron cambios significativos para la elaboración del diseño, fue por ello que se dio inicio a la línea base 3, sin embargo un día después de esta junta se logró realizar validaciones con el cliente, las cuales no fueron aceptadas y se solicitaron cambios en la especificación de los requerimientos por parte del cliente, lo cual conllevo a una forzosa reorganización del plan de trabajo, pues al ser un elemento de fases anteriores no se podría continuar sin haber cumplido con esto, dando inicio la línea base 4.

Durante esta línea base se realizaron los cambios solicitados y lograron ser aceptados en una junta posterior, por lo cual se continuó trabajando en el proyecto, es importante mencionar que debido a los cambios y limitaciones que se presentaron en estas últimas líneas, el plan de trabajo no podría cumplir con lo estimado en su versión inicial. Para estas fechas el IPN ya había anunciado que la culminación del semestre se realizaría en línea y se proporcionaron las nuevas fechas de entrega, fue así como la línea base 5 se reorganizo con el fin de contemplar el cumplimiento de las acciones relacionadas a la fase de diseño y la consideración de los entregables solicitados. Al momento de la realización de este documento el equipo de trabajo ya ha decidido que la estimación realizada para el siguiente semestre debe ser analizada nuevamente, pues las posibilidades de continuar con trabajos en línea siguen siendo mayores.

Eventualmente el confinamiento y limitaciones de comunicación fueron un impedimento para el cumplimiento del plan estimado, no obstante, se intentó mantener un continuo seguimiento a las tareas realizadas y contemplando los posibles cambios. Cabe mencionar que la organización interna del equipo de trabajo logro resolver problemas de manera efectiva, sin embargo, el desarrollo del proyecto no cumplió con las expectativas de tiempo.

Las medidas de priorización que se tomaran para el siguiente semestre será el establecimiento de horarios fijos de trabajo, dado que a la situación el equipo de trabajo tomo libertades de tiempo, con la única condición de presentar los entregables, sin embargo esto complico la comunicación y el cálculo exacto de horas de trabajo prestadas al proyecto, dado que el plan de proyecto había sido estimado por días considerando 6 horas diarias, pues esta planeación estaba elaborada para ejecutarse en los espacios y horario escolar.

1. Plan de los riesgos del proyecto.

El seccionamiento de los riesgos que pudiesen afectar al proyecto fueron presentados en dos versiones, la primera versión fue rechazada por los asesores debido a que no se definían de manera correcta las acciones correctivas, ni descripciones del riesgo, por lo tanto daban definiciones muy ambiguas, fue por ello que se realizó un análisis detallado de cada uno de ellos; al realizar este proceso se logró identificar que muchos riesgos perdían nivel, dado el compromiso y planteamiento del plan del proyecto, por ello fueron eliminados, además de que algunos otros presentaban casos similares de disparo y de problemas generados, por ello fueron unificados, logrando así reducir la cantidad inicial, mejorando las definiciones y al ser menos permitían tener un mejor control de ellos, , esta última versión es presentada en el Apéndice C.

Enfocándose en los riesgos detonados durante estas fases de desarrollo se encuentran los siguientes:

* Ri-01.- Existen requerimientos ambiguos o incompletos, dado que no se han comprendido correctamente.

Este riesgo fue ejecutado al momento de recibir los primeros rechazos por parte del equipo de trabajo en la especificación de requerimientos, dado que el contexto del proyecto utilizaba definiciones técnicas específicas, fue necesario investigar dichas definiciones para aclarecer y delimitar los requerimientos.

Posteriormente al recibir el rechazo por parte del cliente, se procedió a solicitarle información, dado que siendo el cliente experto en el área nos proporcionaría documentación validada.

Además, se consultó a expertos en el área con el fin de comprender el contexto en el que el sistema funcionará.

De esta manera fueron aplicadas las acciones correctivas presentadas en los panes de mitigación y contingencia.

* Ri-04.- Falta de retroalimentación y validación con el cliente.

El riesgo se presentó durante la línea base 1 y 2, puesto que, debido a la situación de confinamiento durante la realización, no se pudo tener contacto ni respuesta de peticiones al cliente. A manera de mitigación, se comenzó a contemplar el apoyo de expertos en el área para concretar algunos puntos, sin embargo, las validaciones si eran necesarias realizarse con el cliente.

Este riesgo aumento en sus niveles derivado a la primera ocasión de disparo.

Una vez logrado establecer comunicación con el cliente se puso en práctica el plan de contingencia, con el fin de evitar un nuevo disparo.

A pesar de ello la comunicación con el cliente continúo siendo dispersa, pero la realización de los avances se hizo considerando esta posibilidad, por lo cual se fue avanzando e identificando los puntos de intersección entre requerimientos, objetivos y productos, facilitando así la ubicación de cambios y repercusiones.

* Ri-05.- El encargado de realizar el plan de trabajo considera los tiempos y circunstancias ideales para el trabajo, sin dar márgenes de tiempo.

Este riesgo de disparo en distintas ocasiones, dado que la planeación no consideraba tiempos de realización de cambios.

A partir de esos disparos fue que se hizo la utilización de líneas base sobre la planeación del proyecto. Avanzado el desarrollo del proyecto permitió estimar dado el tiempo ya invertido, así como la especificación de tareas.

* Ri-06.- Ciclo de revisión y decisión es lento dado que los procesos de revisión y decisión son pospuestos o no realizados en tiempo planeado.

Al igual que otros riesgos, este comenzó a ser de un nivel superior, derivado de la situación de cuarentena, el plan de contingencia para este caso fue ejecutado, planteando un espacio de comunicación y solicitando juntas de revisión, con el fin de aprovechar de la mejor manera posible estas juntas fueron realizadas para la revisión de distintos puntos en una sola reunión.

Desarrollo del proyecto

Se deberá describir el desarrollo del proyecto considerando la metodología empleada y los artefactos mínimos requeridos por la misma.

1. Resumen del análisis del sistema.

La realización del análisis del sistema comenzó desde la interpretación de los requerimientos recabados de las juntas con el cliente, en donde se hizo hincapié en las necesidades a cubrir para la realización del software.

Como parte del proceso de análisis se generó el diagrama conceptual del sistema en el que se plasman las funcionalidades que SiCMA ofrecería a los usuarios, en dónde además de la funcionalidad se presenta la distribución que tendría el sistema, estableciendo los dos nodos principales, que son una aplicación móvil y un sistema embebido; este diagrama forma parte del documento Diseño de Software y es presentado en el Apéndice E de este documentos, la información representada en dicho diagrama se enlista continuación:

SiCMA

* Aplicación móvil
  + Registro y almacenamiento del historial clínico
  + Reconocimiento de los puntos antropométricos
  + Cálculo de medidas antropométricas
  + Registro y almacenamiento de medidas
  + Identificación del somatotipo
  + Generación de la somatocarta
  + Sugerencia de actividad física
* Sistema embebido
  + Obtención de datos correspondientes a medidas de pliegues cutáneos

**Documento de Especificación de Requerimientos *(*SRS)**

El documento SRS, encontrado en el Apéndice D, se realizó para la comprensión y especificación de cada uno de los requerimientos, en donde son analizados para poder ofrecer una propuesta de solución a este conjunto de elementos.

A continuación, se enlistan cada uno de los requerimientos funcionales y no funcionales que se establecieron, y fueron validados por el cliente para la generación del sistema.

* Requerimientos funcionales
  + RF1 - Reconocimiento del cuerpo humano.
  + RF2 - Calcular las medidas antropométricas.
  + RF3 - Calcular las medidas de pliegues cutáneos.
  + RF4 - Enviar información desde el sistema embebido.
  + RF5 - Evaluar al paciente de acuerdo con la estimación de la composición corporal.
  + RF6 - Representar de manera gráfica los cálculos comparativos.
  + RF7 - Sugerir el deporte idóneo de acuerdo con la función corporal.
  + RF8 - Generar la somatocarta del paciente.
  + RF9 - Administrar el historial clínico del paciente.
* Requerimientos no funcionales
  + NRF1 - Tiempo de ejecución.
  + NRF2 - Almacenamiento de los datos obtenidos.
  + NRF3 - Respaldo de información en la nube.
  + NRF4 - Restauración de información desde la nube.
  + NRF5 - Selección de las ecuaciones para el cálculo.

Los requerimientos especificados desde el RF1 al RF6, fueron establecidos con el objetivo de definir el proceso que requiere el sistema para lograr realizar el proceso de obtención de medidas antropométricas, tomando en cuenta que el proceso será realizado con la aplicación móvil y el sistema embebido

El requerimiento RF7 fue definido ya que una de las características que se estableció en el proyecto fue la de la detección de un deporte idóneo de acuerdo con la función corporal del paciente.

Los requerimientos RF7 y RF8 surgieron para cubrir las necesidades del cliente en cuanto a gestión de información se refiere, dado que el cliente mencionó que es necesario dar un seguimiento a los pacientes y tener registros de sus distintas consultas, además de una representación de la información.

El requerimiento no funcional NRF1 se define ya que es necesario tener a consideración un tiempo de respuesta para el sistema, que no sea mayor al tiempo que toma realizar una sesión de medición, tomando en cuenta que la idea es optimizar tanto tiempo como recursos.

Los requerimientos NRF3, NRF4 se establecen dada la necesidad del cliente por poder hacer respaldos de información en la nube y realizar restauraciones de la información de la aplicación, que en caso de que ocurra una situación en donde el dispositivo deje de funcionar o no se tenga acceso a él, se pueda recuperar la última información respaldada.

El último requerimiento listado, fue propuesto ya que para el cálculo de la composición corporal existen varios autores que definen fórmulas para realizar dicho cálculo, entonces se definió que se iban a contar con distintas fórmulas para el cálculo dando la oportunidad de hacer una elección de las fórmulas que se quieran utilizar.

1. Diseño del sistema.
2. En esta sección serán presentadas las decisiones tomadas por el equipo de trabajo referentes al diseño del sistema, este proceso fue realizado durante la fase de modelado, generando como producto entregable el documento Diseño de software (Apéndice E), el cual forma parte de la Configuración de Software, documentación solicitada para el cumplimiento de la ISO/IEC 29110.
   1. Arquitectura del sistema.

Se mostrará la arquitectura del proyecto de trabajo terminal I, para lo cual se tomará en cuenta la definición de arquitectura del software que la IEEE std. 1471-2000, y que a la letra dice: *La Arquitectura de Software es la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente, y los principios que orientan su diseño y evolución.*

La arquitectura de software se refiere a la *“estructura general del software y las formas en la que la estructura proporciona una integridad conceptual para un sistema”*. En su forma más simple, la arquitectura es la estructura u organización de los componentes del programa (módulos), la manera en que estos componentes interactúan; así como, la estructura de los datos que utilizan los componentes. La especificación de la arquitectura del software es importante porque [1]:

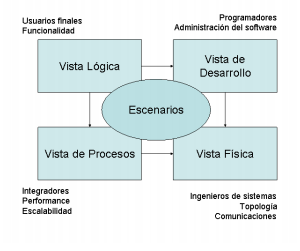
Las representaciones de la arquitectura del software permiten la comunicación entre todas las partes integrantes o participantes interesadas en el desarrollo de un sistema de cómputo.

Destaca las decisiones iniciales relacionadas con el diseño que tendrán un impacto profundo en todo el trabajo de la Ingeniería de Software.

Constituye un modelo relativamente pequeño e intelectualmente comprensible de cómo está estructurado el sistema y cómo trabajan juntos sus componentes.

**Modelo de “4+1” Vistas de la Arquitectura del Software**

El modelo 4+1 describe la arquitectura del software usando cinco vistas concurrentes. Tal como se muestra en la *Figura 12 Modelo "4+1"*, cada vista se refiere a un conjunto de intereses de diferentes stakeholders como usuarios finales, desarrolladores, ingenieros de sistemas, administradores de proyecto, etc., y manejar los requisitos funcionales y no funcionales separadamente[60].



*Figura 12 Modelo "4+1"*

Fuente : [60]

El modelo fue elegido por el equipo de trabajo debido a que ofrece a los diseñadores una guía sobre los diagramas a realizar para definir la arquitectura del sistema y el fin de cada uno, debido a que cada vista está hecha para diseñar el sistema desde un objetivo particular, nos permitió abordar el diseño tanto de la aplicación como del sistema embebido, con distintos enfoques y unificarlos con el fin de cumplir todos los objetivos trazados.

Diseño detallado

En esta sección se deben incluir los principales diseños de detalle como diagramas UML, prototipos de pantalla, diagramas de flujo, etc. Que se hayan realizado y en consideración de la metodología empleada.

A continuación, se nombran los diagramas UML que fueron realizados bajo este modelo, agrupados por la vista perteneciente:

Vista de escenarios:

• Casos de uso: En este diagrama se representaron todas las interacciones que el usuario tiene con el sistema, en conjunto con este gráfico se describieron los escenarios de casos de uso, donde se realizó la especificación del proceso consecuente a la interacción del usuario. De igual manera se especificó las precondiciones que deben cumplirse para que el proceso se realice, así como los ciclos alternos que pueden desarrollarse.

Este diagrama fue el primero en realizarse dado que ofreció un punto de partida para el proceso de diseño, en conjunto con el diagrama conceptual se hizo una relación sobre las funciones con las que el usuario comenzaría un caso de uso, las cuales dentro de su proceso interno hacían uso del resto de las funciones, validando en cierto punto el diagrama conceptual.

Vista desarrollo:

• Diagrama de Componentes: La definición de los componentes del sistema fueron presentados en este diagrama.

A partir del análisis de las funciones, relaciones y agrupamiento que estas tendrían, se lograron definir los 2 nodos del sistema la aplicación móvil y el sistema embebido, también la identificación del componente de comunicación con los servicios de Google Drive.

Los componentes que conforman el sistema fueron seleccionados en cada una de las agrupaciones debido a su interacción y su alojamiento.

Por parte del sistema embebido los componentes definidos fueron acorde a los componentes físicos del sistema, mientras que para el caso del software estos fueron definidos acorde a las necesidades del proyecto y el marco teórico de las soluciones, tal es el caso del análisis de imágenes, el cual se realiza considerando dos sistemas, visión artificial y reconocimiento.

La definición de los componentes contribuyo a las siguientes fases del ciclo de vida del sistema, dado que estas fueron planificadas en base al desarrollo y cumplimiento de cada componente.

Vista de procesos:

• Diagrama de secuencia: La realización de este diagrama apoyó a la visualización de clases necesarias para el proceso, tomando como referencia las interacciones y procesos de los casos de uso, a partir de ello se comenzaron a definir las secuencias de la aplicación.

La lectura de estos diagramas comienza con la presentación del menú principal de la aplicación, a partir de aquí cada opción genera una secuencia. Existen secuencias que forman parte de otras y a su vez son procesos repetitivos, es por lo que se representaron como secuencias de referencia, estos casos fueron principalmente presentados en secuencias con relación a la base de datos.

Este diagrama presenta las secuencias internas del procesamiento, sin embargo, también apoyaron a la definición de las interacciones visuales para el usuario, las cuales fueron presentadas en el prototipo no funcional.

• Diagrama de actividades: Se definieron las actividades de los diagramas haciendo referencia a los procesos encontrados dentro de los casos de uso, tomando en cuenta la funcionalidad del sistema y la representación de los procesos en los distintos componentes del sistema. Además, presentando los ciclos condicionales que en otros diagramas no son identificados en totalidad.

Vista lógica:

• Diagrama de Árbol: Este diagrama fue realizado para lograr definir y distribuir un esquema de los datos que serán almacenados en la aplicación, puesto que los datos habían sido presentados de acuerdo con los requerimientos.

• Diagrama de Documentos: Una vez realizada la distribución en el diagrama de árbol, el diagrama de documentos nos permitió representar de una mejor manera el concepto de “documento” que se manejará en la base de datos, puesto que aquí se diseñaron las agrupaciones de los datos a manera de documentos embebidos.

El fin de la realización de este diagrama fue para apoyar el desarrollo y codificación de la base de datos, al presentar de manera gráfica conceptos de bases no relacionales orientadas a documentos.

• Diagrama de clases: El diseño de clases estuvo fielmente relacionada a la importancia de los datos en el proceso lógico del sistema, fue por ello que al trabajar con una base de datos extensa la recreación de cada elemento en la base con cada uno de sus campos como atributos, presentaban una carga de contenido tanto gráfico como en su traducción a código. Como solución se implementó el diseño de clases dinámicas que consuman de la base de datos para la creación automática de sus atributos, simulando el funcionamiento de formularios en la programación web.

Con apoyo del diagrama de secuencia se fueron definiendo las clases, su interacción y funciones generales.

Vista física:

• Diagrama de Despliegue: Este diagrama en particular es de gran apoyo para la definición de sistemas distribuidos, dado que su función es definir los artefactos que serán producidos por los componentes al momento del despliegue, así como conocer la “ubicación” de ellos. [61]

Para su implementación en el diseño de este sistema presento una complicación, dado que la arquitectura del sistema no presentaba esta característica distribuida. Retomando la definición de la vista y el significado de cada uno de los elementos del diagrama, se buscó la representación del sistema, mostrando principalmente los protocolos de comunicación entre nodos, así como un documento de esquema de base de datos el cual participa en el proceso de despliegue.

Cabe mencionar que todos los diagramas ya mencionados se encuentran en el Documento de Software, ubicado en el Apéndice E

El uso de estos diagramas representó en su totalidad el diseño y funcionamiento del software incluyendo algunas definiciones del hardware, para completar la especificación se realizó la búsqueda de los elementos de hardware que serán utilizados, así como sus especificaciones, además de presentar diagramas de flujo para la orientación de la codificación del software incluido en Arduino y un esquema de conexiones.

Con el fin de validar estas especificaciones con el cliente se hizo la elaboración de prototipos no funcionales, documentos para presentar todos los datos utilizados de una manera estructurada y en términos no técnicos, y un diseño de las interfaces gráficas y su secuencia de interacción.

Matriz de trazabilidad

Identificar la trazabilidad de los elementos de acuerdo con lo siguiente:

Objetivo 🡪 Requerimientos

Requerimiento 🡪 Diseños

Diseño 🡪 Componentes

Componente 🡪 Pruebas

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Objetivo particular** | **Requerimiento** | **Diseño** | **Componente** | **Prueba** |
| Obj1 | Req1 | Dis1-1 | Comp1 | P1 |
| P2 |
| P3 |
| P4 |
| Comp2 | … |
| Comp3 | … |
| Comp4 | … |
| Comp5 | … |
| Dis1-2 | … | … |
| Dis1-3 | … | … |
| Dis1-4 | … | … |
| Req2 | … | … | … |
| Req3 | … | … | … |

El registro de la trazabilidad de los elementos generados en el proyecto fue registrado con el fin de revisar el cumplimiento de los objetivos con cada elemento y obtener las relaciones entre estos, tal y como se menciona en [59] Además, fue utilizado como guía ubicar los puntos de repercusión ante cambios.

A continuación, serán presentas las tablas de trazabilidad realizadas bajo el formato de:

ID: identificador dentro del proyecto.

Nombre: Nombre o definición del elemento.

Fuente: Documento dentro de la configuración de software donde puede ser encontrada su especificación.

Para fines prácticos de este documento fueron separadas por relación de dos agrupaciones.

La Tabla 9 muestra la trazabilidad efectuada entre los objetivos del proyecto y los requerimientos solicitados. Este registro fue realizado una vez concluida la fase de comunicación.

Diseño de la base de datos (cuando aplique).

En caso de que el proyecto de trabajo terminal desarrollado utilice una base de datos, ésta se describirá en este apartado y deberá mostrarse la representación de la estructura de la base de datos (preferentemente gráfica).

Durante la fase de comunicación se obtuvieron los requerimientos funcionales para el proyecto, como parte de este proceso el equipo de trabajo llevo a cabo un análisis y especificación de dichos requerimientos, donde se observó la importancia del almacenamiento de los datos, así como la manipulación que se le daría a estos, mostrando así que el sistema estaría orientado a los datos y una orientación solo a objetos no era suficiente para la estructuración de la aplicación, fue por ello que se realizó el análisis y diseño de la base dados, la cual una vez terminada nos apoyaría a la definición del diagrama de clases.

Una vez enfocada la lógica del sistema a la importancia de los de los datos, fue que se diseñó la estructura en la que sería almacenada, se inició el proceso con la implementación de un diagrama entidad- relación ya que este diagrama forma parte de la metodología para las bases de datos relacionales, comúnmente las más utilizadas. Sin embargo, durante su realización, el análisis del contexto en el que los datos se ven involucrados provocó que se contemplara la utilización de un modelo de base de datos no relacional, provocando así que un diagrama relacional no fungiera como herramienta, dado que estas bases son generalmente caracterizadas por no buscar la relación existente entre entidades, sin embargo se desea hacer énfasis en que este tipo de modelo no se dicta que los datos deberán ser no relacionales forzosamente, simplemente la relación no será el objetivo de su uso, es por ello que aunque los datos manejados por SiCMA tienen una relación explicita estos pueden ser llevados a un modelo no relacional.

Según [61] los modelos no relacionales también llamados NoSQL “No solo SQL” derivado a que se exenta de la utilización del lenguaje SQL para su manejo; se caracterizan por ofrecer gran escalabilidad horizontal y tener un esquema flexible, es decir, que permite que los datos sean almacenados sin seguir un esquema rígido, además no todas las tecnologías existentes bajo este paraguas usan el mismo modelo de datos ya que, al ser sistemas altamente especializados, la idoneidad particular de una base de datos NoSQL dependerá del problema a resolver, por lo tanto se pueden agrupar los diferentes modelos de datos usados en sistemas NoSQL en cuatro grandes categorías:

Almacenamiento Clave-Valor

Bases de datos de grafos

Base de datos Columnar (o Columna ancha)

Base de datos de Documentos

Siendo esta última agrupación en la que se trabajará, dado que este tipo de base de datos almacena la información como un documento, donde se utiliza una clave única para cada registro. Este tipo de implementación permite, además de realizar búsquedas por clave–valor, realizar consultas más avanzadas sobre el contenido del documento, son las bases de datos NoSQL más versátiles. [61]

Enfocados en estas características es que se presenta el por qué este modelo fue el optado por el equipo de trabajo para ser utilizado:

Un concepto utilizado dentro del contexto de SiCMA es el “historial clínico” que como ya fue definido en el Apéndice D, consta de un conjunto de campos que proporcionan información relevante sobre un paciente, es preciso mencionar que cada historial clínico pertenece únicamente a un paciente, logrando aquí exponer la similitud más importante con la base de datos, ya que el historial clínico es un documento que presenta una clave única es decir el paciente.

Ahora bien, otro punto de análisis sobre este mismo concepto es que durante el proceso de su utilización las búsquedas realizadas son generadas únicamente a ese documento, es decir para obtener datos del paciente no es necesario revisar historiales clínicos de otros individuos.

Retomando lo dicho anteriormente, durante el análisis de los requerimientos también se definieron los datos que se estarían almacenando, observando que todos formaban parte del historial clínico, dejando así a este documento como una entidad única, proporcionando más factores para la elección de este modelo.

Así mismo la definición de un historial clínico adecuado para la particularidad del cliente, presento cambios y modificaciones a lo largo que se definían los datos, haciendo énfasis en que el historial clínico utilizado por el cliente no tenía un esquema definido. Considerando esta situación y predisponiendo posibles cambios en versiones posteriores del sistema fue que la flexibilidad del modelo era un punto de ventaja.

La implementación de una base de datos local fue un requerimiento especifico solicitado por el cliente dado sus preferencias particulares, sin embargo, haciendo practica de un diseño escalable, este modelo permitirá la implementación de servicios de la nube y la especificación de los datos de acuerdo con cómo su usuario lo desee.

Procediendo al diseño de la base, este modelo no tiene una metodología de apoyo tal y como lo hace la relacional, por ello se realizó una investigación sobre la representación de un esquema preliminar de la base de datos, siguiendo la propuesta realizada por [62] , se realizó primero un diagrama de árbol que permitiera ubicar el seccionamiento y agrupamiento de datos, posteriormente se hizo uso de un diagrama de documentos, ambos bajo la notación propuesta. Estos diagramas pueden ser encontrados en el Apéndice E de este documento.

Construcción.

En este apartado se mostrará el resultado de la implementación del diseño del proyecto. Deberá mostrarse las capturas de pantalla del proyecto en ejecución y su respectiva descripción.

Seguimiento al plan de pruebas.

Mostrar un resumen de los resultados de la ejecución del plan de pruebas.

Según La prueba es un conjunto de actividades que pueden planearse por adelantado y realizarse de manera sistemática. Por esta razón, durante el proceso de software, debe definirse una plantilla para la prueba del software: un conjunto de pasos que incluyen métodos de prueba y técnicas de diseño de casos de prueba específicos.[57]

Tomando en cuenta los 2 tipos de prueba que se mencionan en la literatura, las pruebas de caja blanca y las pruebas de caja negra que se describen a continuación.

Según [57] prueba de caja blanca, en ocasiones llamada prueba de caja de vidrio, es una filosofía de diseño de casos de prueba que usa la estructura de control descrita como parte del diseño a nivel de componentes para derivar casos de prueba. Al usar los métodos de prueba de caja blanca, puede derivar casos de prueba que:

garanticen que todas las rutas independientes dentro de un módulo se revisaron al menos una vez.

revisen todas las decisiones lógicas en sus lados verdadero y falso

ejecuten todos los bucles en sus fronteras y dentro de sus fronteras operativas

revisen estructuras de datos internas para garantizar su validez.

A diferencia de las pruebas de caja blanca, que se realizan tempranamente en el proceso de pruebas, la prueba de caja negra tiende a aplicarse durante las últimas etapas de la prueba. Puesto que, a propósito, la prueba de caja negra no considera la estructura de control, la atención se enfoca en el dominio de la información.[57]

El formato seleccionado para el diseño de estas pruebas especifica los siguientes puntos:

Módulo: *Identificador de modulo al que pertenece la prueba.*

Componente: *Solo aplica en pruebas unitarias.*

Id: *Identificador de prueba.*

Fecha: *Fecha de creación del diseño o actualización.*

Nombre: *Nombre de identificación de prueba.*

Autor: *Identificador del Recurso Humano que diseña la prueba*

Requerimiento que atender: *Con base a la matriz de trazabilidad.*

Objetivo que atender: *Con base a la matriz de trazabilidad.*

Técnica de prueba: *unitaria, integración y sistema*.

Objetivo: *Descripción del objetivo a cumplir con la prueba.*

Ambiente de pruebas: *Especificación de recursos necesarios para las pruebas.*

Criterio de aceptación: *Puntos a evaluar para considerar aceptada la prueba.*

Criterio de inicio o reanudación: *Puntos a evaluar para considerar que la prueba puede ser iniciada o reanudar ante algún cambio.*

Criterio de suspensión: *Puntos a evaluar para considerar la pausar la realización de la prueba.*

Descripción de escenario: *Pasos necesarios para la realización de pruebas.*

Solo en pruebas de caja negra

Caso: *Identificador del caso de prueba.*

Tipo de Escenario: *Correcto o Incorrecto.*

Campo de entrada: *Nombre o identificador.*

Valor: *Valor o descripción del valor de entrada.*

Resultado esperado: *Mensajes y descripciones de los resultados esperados.*

Tester: *Identificador del Recurso Humano que realizara la prueba.*

Dispositivo: *Dispositivo en el que se realizara la prueba*.

Solo caja blanca

Para el caso de este tipo de pruebas se realizará el uso de:

Herramientas de análisis de código estático.

Análisis “debug” para el rastreo de la ejecución del código.

Análisis de código no implementado.

El punto en el que se encuentra el proyecto es en la definición del plan de pruebas, al tiempo de realización de este reporte se han definido los tipos de pruebas y componentes a los que serán aplicadas, pero el diseño de los casos específicos no ha sido concluido, los avances presentados hasta el momento pueden ser visualizados en el Apéndice F

Entrega o liberación.

Describir las actividades realizadas para la entrega y/o liberación formal del proyecto de trabajo terminal. Incluir la evidencia de la entrega y/o liberación. En caso de existir incluir evidencia de la implementación.

Conclusiones y Recomendaciones

Se deben señalar los resultados obtenidos respecto a los objetivos (general y particulares) identificando los problemas de mayor impacto y su solución.

Evaluar las ventajas y desventajas del proyecto realizado y elaborar una propuesta de mejoras al resultado obtenido como trabajo futuro (cuando aplique).

Señalar las lecciones aprendidas.

Durante la realización de este proyecto se trabajó en el cumplimiento de los planes diseñados, con el fin de cumplir los objetivos trazados para la creación del sistema, hasta el momento estos no han sido cumplidos debido que SiCMA se encuentra en la fase de modelado, a pesar de ello estos objetivos han sido considerados en todos los avances realizados, con el fin de cumplirlos al concluir todas las fases de desarrollo.

A manera de conclusión son presentados los problemas que generaron mayor impacto en la realización de las actividades pertenecientes al semestre Enero-junio 2020, estos problemas son presentados a continuación:

Administración del tiempo:

La falta de diciplina por parte de los alumnos sobre el tiempo y horarios en los cuales trabajar en el proyecto tuvieron como consecuencia tiempos muertos, mal invertidos e incluso retrasos en el cumplimiento de actividades, con el fin de cumplir con los productos entregables para su verificación y validación se invirtieron sobrecargas de trabajo.

A pesar de tener que trasladar el proceso de trabajo a un proceso remoto esto no fue de ventaja dado que la dinámica que se había desarrollado se cumplía bajo la dinámica escolar.

El reajuste y asignación de actividades funcionaron como solución a la presentación de retrasos, la ventaja de ser dos miembros en el proyecto fue que la elaboración de tareas se pudo hacer de manera simultánea.

Comunicación:

La comunicación entre todos los individuos involucrados en el proyecto generó algunas complicaciones, en ocasiones algunos asuntos no eran resueltos al momento en que se presentaban por no interrumpir las labores del otro. Esto derivado del problema anterior mencionado, que no se tenían tiempos establecidos de dedicación al proyecto.

La experiencia del equipo de trabajo funciona de excelente manera en una dinámica presencial, puesto que se puede trabajar de manera individual y comentar aspectos de duda u debate al momento, sin embargo, el trabajo individual a distancia no era validado por ambas partes al momento, provocando como se mencionó anteriormente retrasos, incomprensiones de ciertos puntos y sobre carga de trabajo.

Esclarecimiento de información con el cliente

En caso particular con el cliente también se tuvo un problema durante la toma de requerimientos, se llegó al compromiso de recibir información por parte del cliente, no fue recibida esta información en la fecha acordada y tomando en cuenta lo definido en el plan de riesgos se comenzó con el plan de mitigación, en el que se especificaba hacer la investigación y recopilación de información que iba a ser entregada por el cliente, con el fin de acelerar el proceso. Sin embargo, al validar esta información con el cliente, éste determinó que no estaba completa y se acordó que el cliente proveería lo faltante.

La comunicación con el cliente no era de manera directa ya que el director del proyecto fungía como intermediario, lo cual implicaba que el equipo de trabajo solicitara a este las juntas con el cliente, pero por cuestiones de índole personal el cliente no agendaba las reuniones y por lo tanto no se tenía retroalimentación.

Como parte de las experiencias obtenidas durante este proceso se encuentra un mejor entendimiento del contexto e información que SiCMA engloba, así como la experiencia de desarrollar nuevamente un proyecto bajo la dinámica de un modelo, generando documentación específica y aplicando la administración de un proyecto. Ante los problemas generados la idea para la continuación del sistema será tomar acciones con el fin de evitar que se presenten nuevamente tanto en este como en proyectos futuros.

Como se mencionó en secciones anteriores el plan de proyecto efectuado para el siguiente semestre deberá cambiarse y discutir con el equipo de trabajo la recuperación de tiempo perdido con el trabajo en periodo vacacional.

La elección de la metodología fue de gran ventaja dado la importancia de la definición de requerimientos para el apoyo al avance y trazabilidad del proceso de desarrollo, a pesar de tener cierta experiencia en la realización de proyectos, el nivel de expertiz de los alumnos y desconocimiento en el contexto del sistema no permitirían desarrollar alguna metodología rápida y dada la importancia de los datos en el sistema, su definición y entendimiento en las primeras etapas es fundamental. A pesar de hacer uso de documentación nunca antes vista, se logró entender el objetivo de su uso y dar interpretación a cada uno de ellos, mejorando el proceso y creando herramientas que apoyarán en fases futuras.

Referencia Bibliográfica

[1] E. Berenice, G. Pineda, I. M. Gómez-humarán, y T. S. Levy, “Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de 2016 Reporte final de resultados”, vol. 2016, núm. Ensanut, 2016.

[2] Alianza por la Salud Alimentaria, “Propuestas para una política integral frente a la Epidemia del Sobrepeso y Obesidad en México 2018-2024”, p. 8, 2019.

[3] A. Barrera-Cruz, A. Rodríguez-González, y M. A. Molina-Ayala, “Escenario actual de la obesidad en México”, *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.*, vol. 51, núm. 3, pp. 292–299, 2013.

[4] R. Ortega-Cortés, “Costos económicos de la obesidad infantil y sus consecuencias”, *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.*, vol. 52, núm. 1, pp. S8–S11, 2014.

[5] *Norma Oficial Mexicana para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad. NOM-008-SSA3-2010*. México, 2010 [Online]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4127/Salud/Salud.htm

[6] Organización Mundial de la Salud(OMS), “El estado fisico; uso e interpretacion de la antropometria”. p. 521, 2010 [Online]. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\_TRS\_854\_spa.pdf?ua=1

[7] International Social Security Association (ISSA), “Campaña ‘Checate, Midete, Muevete’”, p. 6, 2013.

[8] Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), “Chécate, Mídete, Muévete”. [Online]. Disponible en: https://checatemidetemuevete.gob.mx/

[9] R. Farré, “Evaluación del estado nutricional ( dieta, composición corporal, bioquímica y clínica)”, *Man. Práctico Nutr. y Salud*, pp. 109–117, 2006.

[10] J. P. Manzañido, “El método antropométrico versus diferentes sistemas bia para la estimación de la grasa corporal en deportistas”, *Arch. Med. del Deport.*, vol. 26, núm. 131, pp. 187–193, 2009.

[11] M. Elia, “Body composition by whole-body bioelectrical impedance and prediction of clinically relevant outcomes: overvalued or underused?”, *Eur. J. Clin. Nutr. Vol.*, vol. 67, 2013.

[12] R. N. Lescay, A. Alonso Becerra, y A. Hernández González, “Antropometría. Análisis Comparativo De Las Tecnologías Para La Captación De Las Dimensiones Antropométricas”, *Rev. EIA*, vol. 13, núm. 26, pp. 47–59, 2017.

[13] O. Inet, “Módulo Historia Clínica”. .

[14] O. C. Moreira, D. A. Alonso-Aubin, C. E. P. De Oliveira, R. Candia-Luján, y J. A. De Paz, “Métodos de evaluación de la composición corporal: Una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas”, *Arch. Med. del Deport.*, vol. 32, núm. 6, pp. 387–394, 2015.

[15] Universidad de Valencia Departamento de Física y Química, “RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR”, vol. 1, pp. 1–36, 2012 [Online]. Disponible en: https://www.uv.es/tunon/QFIII/tema\_1.pdf

[16] N. D. Bru, “Principios básicos de la ecografía .”, *Patol. Anim.*, vol. 12, núm. 3, p. 9, 2005.

[17] R. Casanova, “Técnicas de valoración del estado nutricional”, *Vox Pediatr.*, vol. 1, núm. 3, pp. 26–35, 2008 [Online]. Disponible en: http://spaoyex.es/sites/default/files/pdf/Voxpaed11.1pags26-35.pdf

[18] H. C. Lukaski, “Methods for the assessment of human body composition: Traditional and new”, *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 46, núm. 4, pp. 537–556, 1987.

[19] P. U. Javeriana, “Actualización en antropometría Acreditación ISAK Nivel 1”, *Manual*, vol. 1, pp. 1–11, 2014.

[20] ISAK, “ESQUEMA DE ACREDITACIÓN”. .

[21] S. Internacional, A. De, y C. Isak, “Curso de acreditación isak nivel i en cineantropometría”, núm. nivel 2, pp. 8–10, 2013.

[22] L. Carmenate, F. Moncada, y E. Borjas, *Manual de medidas antropométricas. Pliegues cutáneos*. 2014.

[23] RealMetbcn, “Anthropometric iTool”. .

[24] M. Á. P. Arcos, “NutriCalculo: Antropometría”. .

[25] Eat Smart Apps, “EAT SMART APPS”. [Online]. Disponible en: https://www.softwareparanutriologos.com/

[26] biomechsolutions, “TERMOGRAFIA”. [Online]. Disponible en: https://www.biomech-solutions.com/termografia-ici.html

[27] ThermoHuman, “No Title”. .

[28] FLIR-Direct.com, “FLIR T640BX Thermal Imaging Camera”. .

[29] FIT3D, “Fit3D BodyScanner”. [Online]. Disponible en: https://fit3d.com/

[30] W. Yu, “Learn more about Body-Scanning Technology”, *Clothing Appearance and Fit*, 2004. [Online]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/body-scanning-technology

[31] Martin Lansard, “Aniwaa: THE BEST 3D BODY SCANNERS IN 2019”. [Online]. Disponible en: https://www.aniwaa.com/best-3d-body-scanners/

[32] Fit4life, “Escáner corporal 3D”. [Online]. Disponible en: https://www.fit4life.es/fit3d/

[33] Aniwaa, “Fit3D Prosscanner review”. [Online]. Disponible en: https://www.aniwaa.com/product/3d-scanners/fit3d-proscanner/

[34] Aniwaa, “TELMAT Industrie”. [Online]. Disponible en: https://www.aniwaa.com/product/3d-scanners/telmat-industrie-symcad-ii-hd/

[35] All3DP, “All3DP”. [Online]. Disponible en: https://i.all3dp.com/cdn-cgi/image/fit=cover,w=1000,gravity=0.5x0.5,format=auto/wp-content/uploads/2019/02/27162848/kinect-360-being-used-to-scan-a-person-allthingsd-190225\_download.jpg

[36] K. Mankoff y T. Russo, “The Kinect: A low-cost, high-resolution, short-range 3D camera”, *Earth Surf. Process. Landforms*, vol. 38, 2013.

[37] I. Staff, “Kilos de más, pesos de menos: Los costos de la obesidad en México”. .

[38] Real Academia Española, “Diccionario de la lengua española”, *Diccionario de la lengua española*. [Online]. Disponible en: https://dle.rae.es

[39] M. Malina, “Antropometría”, vol. 95, p. 1993, 1993.

[40] M. T. Aragonés Clemente, “La cineantropometría en la evaluación funcional del deportista: 20 Años, después”, *Arch. Med. del Deport.*, vol. 21, núm. 100, pp. 129–133, 2004.

[41] J. M. M. Sanz y A. U. Otegui, “Protocolo de medición antropométrica en el deportista y ecuaciones de estimaciones de la masa corporal”, 1993. .

[42] Á. ́ H. De Lucas, *Cineantropometría: Composición corporal y somatotipo de futbolistas que desarrollan su actividad física en equipos de la comunidad autónoma de Madrid*, vol. 24, núm. 117. 2007.

[43] Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), “¿QUÉ ES ISAK?” [Online]. Disponible en: https://www.isak.global/

[44] I. N. De Salud, *La medición de Talla y el Peso*. 2004.

[45] T. S. L. S. V. Hernández; y D. J. Rivera, *Manual de procedimientos para proyectos de nutrición*. 2006.

[46] A. Brillat, “Composición corporal Manual de Nutrición y Dietética”, *Man. Nutr. y Diet.*, pp. 1–7, 2013.

[47] N. Clin, M. Walter Suárez-Carmona, A. Jesús Sánchez-Oliver, W. Suárez-Carmona, C. Antonio, y J. Sánchez-Oliver, “Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física”, *Nutr Clin Med*, vol. XII, núm. 3, pp. 128–139, 2018.

[48] I. de J. Rodríguez, “Autor: Iván de José Rodríguez VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL POR ANTROPOMETRÍA Y BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA”, 2016.

[49] C. I. López, M. Dominguez Ramírez, L. G. Avila Zavala, M. C. Galindo, y J. E. Ching Pellegrini, “Antecedentes, descripción y cálculo de somatotipo”, *Investig. Básica y Apl. Fac. Ciencias Químicas e Ing.*, vol. 3, núm. 6, pp. 43–49, 2007.

[50] J. Martínez, A. Urdampilleta, J. Guerrero, y V. Barrios, “El somatotipo-morfología en los deportistas. ¿Cómo se calcula? ¿Cuáles son las referencias internacionales para comparar con nuestros deportistas?”, *EF Deport.*, vol. 159, núm. 3, pp. 26–31, 2011.

[51] M. C. Gilardon E.O , Calvo E.B, Duran P, Logo E.N, *Evaluación del estado nutricional de niñas, niños y embarazadas mediante antropometría*. 2007.

[52] V. Vargas Baeza, “Sistema de Visión Artificial para el Control De Calidad en Piezas Cromadas”, 2010.

[53] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, y B. R. Masters, “Digital Image Processing, Third Edition”, *J. Biomed. Opt.*, vol. 14, núm. 2, p. 029901, 2009.

[54] Acharya, *Image Processing: Principles and Applications*, vol. 18, núm. 2. 2007.

[55] S. THEODORIDIS y K. KOUTROUMBAS, *PATTERN RECOGNITION*, Second. USA: Elsevier, 2003.

[56] A. K. Jain, R. P. W. Duin, y J. Mao, “Statistical pattern recognition: A review”, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, núm. 1, pp. 4–37, 2000.

[57] R. Pressman, *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico.* 2002.

[58] I. SOMMERVILLE, “Ingenieria del Software 7ma. Ed.” p. 691, 2004.

[59] Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias INDECOPI, “Norma técnica Peruana NTP ISO/IEC RT29110-5-1-2”, p. 83, 2012 [Online]. Disponible en: http://profs.etsmtl.ca/claporte/Publications/Publications/NTP-RT 29110-5-1-2.v.5.pdf

[60] P. Kruchten, “Planos Arquitectónicos: El Modelo de 4+ 1 Vistas de la Arquitectura del Software.”, *IEEE Softw.*, vol. 12, núm. 6, pp. 42–50, 1995 [Online]. Disponible en: http://alfredo.chacharaselnido.com/Desarrollo\_proyectos/unidad1/4+1%5B1%5D.pdf

[61] Oracle, “¿Qué es una Base de Datos NoSQL?”, 2019. [Online]. Disponible en: https://blogs.oracle.com/spain/qu-es-una-base-de-datos-nosql

[62] J. P. Poveda Galvis, “Propuesta de notación gráfica para el modelo orientado a documentos de MongoDB”, *J. Chem. Inf. Model.*, p. 96, 2015.

Apéndices

## **Apéndice A- Plan de Trabajo**

## **Apéndice B- Análisis de Riesgos**

## **Apéndice C- SRS | Software Requirements Specification**

## **Apéndice D- Diseño de Software y Hardware**

## **Apéndice E- Diccionario de Datos**

## **Apéndice F- Instrucciones de Entrega**

## **Apéndice G- Formulario de Aceptación**

## **Apéndice H- Manuales**