



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Alejandro Quiroz Estrada

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Medellín, Colombia

2022

Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Alejandro Quiroz Estrada

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ingeniería de Sistemas

Director (a):

Jovani Alberto Jiménez Builes, Ph.D.

Codirector (a):

Gustavo Alonso Acosta Amaya, Ph.D.

Línea de Investigación: Agricultura urbana e IoT

Grupo de Investigación:

Inteligencia artificial en educación

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión

Medellín, Colombia

2022

(Dedicatoria o lema)

Al creador y maestros.

Por su asistencia divina, por darme la constancia, la iluminación, la sabiduría, la tranquilidad, la fortaleza, la salud, la disciplina, las oportunidades y el amor para poder culminar con éxitos este proceso formativo.

A mi madre María Amparo Estrada.

Por creer en mí, por su infinito amor y el apoyo incondicional, por sus consejos, sus dulces palabras en los momentos de dudas, y su inmensa sabiduría que le da luz y claridad a mi vida.

A mi padre Jesús Antonio Quiroz.

Aquel hombre responsable, humilde y recto, que, aunque no pertenece a este plano, hizo de mi un hombre lleno de valores, el hombre que hoy soy.

A mi familia.

A Beatriz y Diana, mis hermanas por su apoyo. A Manuela, Valentina, Juanita mis sobrinas y Salvador el bebe de familia. A mis cuñados William y Conrado. A mi prima Juliana, por su cariño y apoyo.

A mis amigos.

Natalia Cano, Catalina Cano, Sebastián Rincón, Juan Manuel Hernández, Kharold Vélez, Andrea Flórez, Andres Cardona, Claudia Flórez, Beatriz Ospina, Andrea Fernández, Ana maría Serna, Luz Grajales y Deisy Marín por su amistad. A Carlos Cardona por su conocimiento, dedicación en este proyecto y amistad.

A mis maestros y alumnos

Gustavo Acosta Amaya, por su sabiduría, acompañamiento y amistad. Al profesor Jovani Alberto Jiménez Bulides, por su disposición, conocimiento y amistad. Al profesor Albeiro Espinosa Bedoya por sus orientación, conocimiento y amistad.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Alejandro Quiroz Estrada

Nombre

Fecha 27/07/2022

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento a:

Jovani Alberto Jiménez Builes Ph. D. en Ingeniería – sistemas. Profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia. Director de la tesis de maestría.

Gustavo Alonso Acosta Amaya, Ph. D. en Ingeniería - sistemas. Profesor del Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Codirector de la tesis de maestría

Albeiro Espinosa Bedoya Ph. D. en Ingeniería – sistemas. Profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia.

Carlos Cardona, Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia.

Ana María Osorio Mondragón, Estudiante de Ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia.

Jakelin Correa, Estudiante de Ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia.

Salome Aristizábal Giraldo, Estudiante de Ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia.

Resumen

Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

En este trabajo se propone una metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá, con el fin de reducir dicho problema en los estratos socioeconómicos más bajos por medio del uso de las TIC. Inicialmente se identifican las tecnologías con mayor potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores como costo usabilidad y disponibilidad. Así mismo, se describen las técnicas de agricultura vertical más representativas. Luego, se realiza un levantamiento de los requisitos y características para la construcción de la metodología, la cual se divide en tres grandes secciones: análisis sistémico de tecnologías Open source, mecanismos de apropiación tecnológica y entornos de aprendizaje. En la siguiente sección se establece como estrategia pedagógica un laboratorio dividido en tres actividades a saber: un sistema tutor inteligente desarrollado en la plataforma Moodle, una charla con un experto en el área de la agricultura y por último una práctica didáctica por medio de las TIC. Finalmente, se realiza una prueba piloto con un grupo de veintiún participantes de una institución educativa de la ciudad. Unas de las conclusiones obtenidas en la validación indican que las TIC son una excelente herramienta para combatir problemas asociados a la inseguridad alimentaria, que en algunas ocasiones dicha problemática obedece más a factores como la desinformación que a los bajos recursos económicos.

Palabras clave: Seguridad alimentaria, TIC, agricultura urbana, IoT, estrategias pedagógicas, visión artificial.

X Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Abstract

Methodology for the appropriation of technologies aimed at improving food security in urban and peri-urban areas of vulnerable population in the Valle de Aburrá

This work proposes a methodology for the appropriation of technologies aimed at improving food security in urban and peri-urban areas of vulnerable population in the Aburrá Valley, in order to reduce said problem in the lower socioeconomic strata through the use of ICT. Initially, the technologies with the greatest application potential in food safety are identified, taking into account factors such as cost, usability and availability. Likewise, the most representative vertical farming techniques are described. Then, a survey of the requirements and characteristics for the construction of the methodology is carried out, which is divided into three large sections: systemic analysis of Open source technologies, mechanisms of technological appropriation and learning environments. In the following section, a laboratory divided into three activities is established as a pedagogical strategy: an intelligent tutor system developed on the Moodle platform, a talk with an expert in the area of agriculture and finally a didactic practice through ICT. Finally, a pilot test is carried out with a group of twenty-one participants from an educational institution in the city. Some of the conclusions obtained in the validation indicate that ICTs are an excellent tool to combat problems associated with food insecurity, that on some occasions that problem is due more to factors such as misinformation than to low economic resources.

Keywords: Food security, ICT, urban agriculture, IoT, pedagogical strategies, artificial visión.

Contenido

	Pág.
	Resumen IX
Lista de figuras	XIV
Lista de tablas	XVII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVIII
Introducción	1
Motivación	2
Problema de investigación	3
Pregunta de investigación	4
Organización de esta Tesis	4
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Metodología.....	6
1. Identificación de algunas tecnologías con potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores de costo, usabilidad y disponibilidad.	9
1.1 Agricultura urbana	9
1.1.1 Aeroponía.....	10
1.1.2 Hidroponía.....	10
1.1.3 Aquaponía.....	10
1.2 Características de calidad	12
1.3 Identificación de tecnologías	13
1.3.1 Tecnologías inalámbricas	14
1.3.2 Dispositivo de procesamiento	15
1.4 Sensórica.....	17

XII Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

2. Establecimiento de los requerimientos para el diseño de los métodos que contempla la metodología de apropiación de tecnologías que apoyen la seguridad alimentaria.	20
2.1 Análisis sistémico de tecnologías Open source	20
2.1.1 Resultados	22
2.1.2 Métricas	23
2.2 Mecanismos de apropiación tecnológica	26
2.2.1 Criterios de apropiación	26
2.2.2 Etapas de apropiación	28
2.2.3 Métricas	34
2.3 Entornos de aprendizaje	41
2.3.1 Pedagogía	42
2.3.2 Sensibilización alimentaria	44
2.3.3 Actividades lúdicas	45
3. Implementación de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta y el correcto uso de las tecnologías que esta incorpora por parte de la población vulnerable	50
3.1 Conjunto de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta	50
3.2 Elementos del experimento	52
3.2.1 Descripción y funcionamiento del sistema	52
3.2.2 Configuración de aplicaciones y dispositivos	61
3.2.3 Seguridad y fiabilidad de los datos	63
3.2.4 Objetivos de aprendizaje	67
3.2.5 Ejercicio práctico – Aprendizaje basado en problemas	67
3.2.6 Resultados obtenidos en el sistema híbrido	67
3.2.7 Costos y adquisición de la tecnología	72
4. Validación de la metodología propuesta con un grupo piloto	76
4.1 Diseño de experimentos	76
4.2 Unidades experimentales y muestras	76

4.3	Análisis factorial confirmatorio	76
4.3.1	Tamaño de la muestra	77
4.4	Prueba piloto	77
4.5	Prueba de campo adicional	89
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	92
5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones.....	94
A.	Anexo: Curso en la plataforma Moodle	95
B.	Anexo: Laboratorio - Aprendizaje basado en problemas	98
C.	Anexo: Listado de asistencia a la prueba piloto 1	100
D.	Anexo: Listado de asistencia a la prueba piloto 2	101
E.	Anexo: Usuario del representante de cada equipo	102
	en la plataforma Moodle.....	102
F.	Anexo: Consentimiento informado.....	103
	Bibliografía	106

Lista de figuras

Figura 1-1:	Principales técnicas de la agricultura urbana	11
Figura 1-2:	Ejemplo de un sistema de producción vertical	18
Figura 2-1:	Modelo de medición de ecosistemas inteligentes desarrollados bajo el paradigma del internet de las cosas (IoT)	24
Figura 2-2:	Mecanismos de apropiación tecnológica.....	27
Figura 2-3:	Modelo de mecanismos de apropiación tecnológica.....	28
Figura 2-4:	Relaciones entre los actores humanos, ambientales y tecnología.....	30
Figura 2-5:	Modos de las relaciones entre personas sociedad y desde una perspectiva teórica inclusiva	30
Figura 2-6:	Modelo de las etapas de apropiación de las TIC	34
Figura 2-7:	Modelo de nivel de aprendizaje planteado por Bloom.....	35
Figura 2-8:	Taxonomía de Bloom revisada.....	37
Figura 2-9:	Indicadores de evaluación terciaria (IET).....	39
Figura 2-10:	Modelo para resolución de problemas	44
Figura 2-11:	Arquitectura del sistema tutor inteligente (STI)	46
Figura 2-12:	Esquema de un STI con sus módulos principales.....	47
Figura 2-13:	Modelo para la apropiación de la tecnología orientada al mejoramiento de la seguridad alimentaria.....	48
Figura 3-1	Estrategias pedagógicas	50
Figura 3-2:	Prototipo construido y sus partes	54
Figura 3-3:	Módulo de control y conexiones.....	55
Figura 3-4:	Detección de clorosis en el germinado de lentejas	57
Figura 3-5:	Arquitectura de conexión con Thinkspeak.....	58
Figura 3-6:	Arquitectura de conexión con Firebase y la App móvil.....	59
Figura 3-7:	Aplicación Smart food.....	59
Figura 3-8:	Servidor Thingspeak.....	60

Figura 3-9:	Reglas de seguridad definidas en el servidor Firebase.....	65
Figura 3-10:	API Key que otorga el servidor Thingspeak	66
Figura 3-11:	Día cuatro del germinado de lentejas	68
Figura 3-12:	Día quince del germinado de lentejas	68
Figura 3-13:	Día dos de la segunda fase del cultivo en el sistema aeropónico	69
Figura 3-14:	Día dos de la segunda fase del cultivo en el sistema hidropónico	69
Figura 3-15:	Día cuatro de la segunda fase del cultivo en el sistema hidropónico	70
Figura 3-16:	Día cuatro de la segunda fase del cultivo en el sistema aeropónico.....	70
Figura 3-17:	Día diez – Germinado con el ciclo completo	71
Figura 4-1:	Resultado obtenido en la pregunta 1 de la encuesta	78
Figura 4-2:	Resultado obtenido en la pregunta 2 de la encuesta	79
Figura 4-3:	Resultado obtenido en la pregunta 3 de la encuesta	79
Figura 4-4:	Resultado obtenido en la pregunta 4 de la encuesta	79
Figura 4-5:	Resultado obtenido en la pregunta 5 de la encuesta	80
Figura 4-6:	Resultado obtenido en la pregunta 6 de la encuesta	80
Figura 4-7:	Resultado obtenido en la pregunta 7 de la encuesta	81
Figura 4-8:	Resultado obtenido en la pregunta 8 de la encuesta	81
Figura 4-9:	Resultado obtenido en la pregunta 9 de la encuesta	81
Figura 4-10:	Resultado obtenido en la pregunta 10 de la encuesta	82
Figura 4-11:	Resultado obtenido en la pregunta 11 de la encuesta	82
Figura 4-12:	Resultado obtenido en la pregunta 12 de la encuesta	82
Figura 4-13:	Resultado obtenido en la pregunta 13 de la encuesta	83
Figura 4-14:	Resultado obtenido en la pregunta 14 de la encuesta	83
Figura 4-15:	Resultado obtenido en la pregunta 15 de la encuesta	83
Figura 4-16:	Resultado obtenido en la pregunta 16 de la encuesta	84
Figura 4-17:	Resultado obtenido en la pregunta 17 de la encuesta	84
Figura 4-18:	Resultado obtenido en la pregunta 18 de la encuesta	84
Figura 4-19:	Resultado obtenido en la pregunta 19 de la encuesta	85
Figura 4-20:	Resultado obtenido en la pregunta 20 de la encuesta	85
Figura 4-21:	Resultado obtenido en la pregunta 21 de la encuesta	85
Figura 4-22:	Resultado obtenido en la pregunta 22 de la encuesta	86
Figura 4-23:	Resultados obtenidos por algunos estudiantes del Inem Jose Felix Restrepo en la prueba piloto.....	87

XVI Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-24: Resultados obtenidos por algunos estudiantes del Politécnico Jaime Isaza Cadavid en la prueba piloto 2.	88
Figura 4-25: Fases del ciclo del germinado de frijol	90
Figura 4-26: Gráfica del ciclo de germinado de frijol	91

Lista de tablas

Tabla 1-1:	Características de redes inalámbricas	15
Tabla 1-2:	Comparativa entre dispositivos embebidos.....	15
Tabla 2-1:	Bases de datos consultadas	21
Tabla 2-2:	Características consideradas de la capacidad tecnológica actual	22
Tabla 2-3:	Característica consideradas de los pronósticos tecnológicos.....	23
Tabla 2-4:	Métricas de las características de calidad.....	25
Tabla 2-5:	Modelos de los niveles o etapas de apropiación de las TIC	31
Tabla 3-1:	Versiones de las herramientas de software y librerías empleadas	63
Tabla 3-2:	Costos del sistema	72
Tabla 3-3:	Comparativa entre el plan Spark y Blaze de Firebase	74
Tabla 3-4:	Comparativa entre el plan Gratuito y Estándar de Thingspeak.....	74
Tabla 3-5:	Comparativa entre los diferentes planes de la plataforma Moodle	75
Tabla 4-1:	Margen de error y desviación estándar.....	77
Tabla 4-2:	Desarrollo del germinado de frijol durante diez días	89

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura Término

<i>RUV</i>	Registro Único de Víctimas
<i>ISAH</i>	Inseguridad alimentaria en los hogares
<i>OMS</i>	Organización mundial de la salud
<i>UN</i>	Naciones Unidas
<i>CMSI</i>	Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información
<i>TIC</i>	Tecnologías de la información y la comunicación
<i>FAO</i>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<i>PPM</i>	Proyecto Primera Milla
<i>FIDA</i>	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
<i>AP</i>	Agricultura de precisión
<i>IoT</i>	Internet de las cosas
<i>UNICEF</i>	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
<i>WFS</i>	Cumbre Mundial sobre la Alimentación
<i>IA</i>	Inteligencia artificial
<i>TGIC</i>	Tecnologías de la Gestión de la Información y Comunicación
<i>HCI</i>	Interacción hombre computador
<i>IET</i>	Indicadores de evaluación terciaria
<i>NZQA</i>	Marco de Calificaciones en Nueva Zelanda
<i>ABP</i>	Aprendizaje basado en problemas
<i>STI</i>	Sistema tutor inteligente
<i>UE</i>	Unidad experimental
<i>UO</i>	Unidades muestrales u observaciones

Introducción

Por décadas, la migración de las personas originarias del campo a las ciudades ha sido un fenómeno que ha caracterizado la sociedad colombiana. El desplazamiento forzado, factores económicos y la búsqueda de mejores oportunidades, son algunas de las principales causas del éxodo a las grandes urbes. La cifra reportada por el Gobierno Nacional, basada en el Registro Único de Víctimas (RUV), asciende a más de nueve millones de desplazados, entre los años 1985 y 2020 (Unidad para la atención y reparación integral a las víctimas, 2021). En tal sentido, las condiciones en que la gran mayoría de personas llegan a la ciudad y sus bajos recursos económicos, los obliga a vivir en zonas vulnerables, con recursos limitados y pocas oportunidades para mejorar los ingresos del núcleo familiar.

En el departamento de Antioquia, las desigualdades sociales y económicas generan altas cifras de inseguridad alimentaria en los hogares (ISAH), donde las personas más vulnerables habitan en el área rural y en zonas urbanas con condiciones socioeconómicas desfavorables. Por consiguiente, un gran número de hogares son clasificados en los estratos más bajos, con acceso limitado al agua potable, alcantarillado y energía. Además, los recursos financieros para suplir las necesidades alimenticias básicas en estos hogares son reducidos y en muchos casos los jefes de hogar se encuentran desempleados (Gobernación de Antioquia, 2019).

La organización mundial de la salud (OMS), define la nutrición como la ingesta de alimentos en relación con las necesidades dietéticas del organismo, donde una buena nutrición, equilibrada y combinada con ejercicio físico, son elementos fundamentales para una buena salud. Una nutrición deficiente puede generar trastornos en el sistema inmune del cuerpo, aumentando así el riesgo de padecer enfermedades, además de afectar el desarrollo físico, mental y cognitivo en la primera infancia (OMS, 2004).

Según las Naciones Unidas (UN), la población mundial alcanzará 9.700 millones de habitantes en 2050. Se estima que más de dos tercios de la población vivirá en grandes ciudades, lo que equivale a cerca de 6.500 millones de personas (Naciones Unidas, 2019). Precisamente, debido a la migración masiva del campo a las ciudades y el alto consumo

de alimentos y recursos, se corre el riesgo de afrontar fenómenos de escasez de alimentos, haciendo necesario el desarrollo de nuevos modelos orientados a la sostenibilidad de las ciudades productoras de alimentos (Per, 2018).

La cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI), reconoció en 2003 la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la seguridad alimentaria y decidió que la ciberagricultura debía ser una prioridad. La ciberagricultura comprende el diseño, elaboración y aplicación de forma innovadora de las TIC. Las principales propuestas de solución a esta problemática son el Programa Mundial de la FAO para reducir la brecha digital en el medio rural y el Proyecto Primera Milla (PPM), para fortalecer la capacidad desarrollar relaciones comerciales más justas en un marco colaborativo, organizado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) (Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, 2003). Igualmente, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo en su 20º periodo de secciones, examinó dos temas: Los nuevos criterios de innovación para apoyar la aplicación de los objetivos del desarrollo sostenible y la función de la ciencia, tecnología e innovación en el aseguramiento de la seguridad alimentaria para el año 2030 (Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2017).

Motivación

Será necesario entonces incorporar métodos que permitan la producción eficiente y sostenible de alimentos, haciendo uso de nuevas tecnologías en las que se integren dispositivos electrónicos, computacionales y la automatización de las tareas, tanto en el sector primario de producción, como en el almacenamiento, envasado, conservación y distribución. Además, será preciso adoptar el uso de energías renovables obtenidas de fuentes naturales como la luz solar, que permitan obtener la suficiente potencia para el ambiente controlado para la producción de los alimentos y el consumo de cada uno de los dispositivos del invernadero inteligente sin generar daños al medio ambiente, (Xiaopu, 2022). Con la aparición del internet de las cosas (IoT), (Cobos, 2016), y su enorme despliegue en los sectores industrial, médico y de alimentos, así como su fácil adopción y adaptación, han potenciado la agricultura de precisión (AP), (García et al., 2019). Este paradigma de producción agrícola hace uso de las tecnologías de la información,

facilitando el correcto manejo de cultivos y suelos. Además, se apoya en otros sistemas y medios tecnológicos como la robótica, algunas formas de inteligencia artificial y big data (Chandra et al., 2017) y (Mahroof et al., 2021).

Si bien es cierto que la AP soluciona muchos problemas e incrementa la productividad y la calidad de las cosechas, continúa empleando, en cierta medida, métodos agrícolas tradicionales, haciendo que el medio ambiente se vea afectado a causa de la explotación de nuevos terrenos, alto consumo hídrico, uso de fertilizantes, pesticidas y otros elementos químicos que contribuyen a la contaminación del suelo y el aire (Avgoustaki & Xydis, 2020). En tal sentido, resulta conveniente emplear estrategias y modelos que permitan realizar cultivos de manera controlada y eficiente, que además reduzcan las afecciones sobre el medio ambiente. Una alternativa es la denominada agricultura urbana (Suparwoko & Taufani, 2017), (Armanda, Guinée & Tukker, 2019) y (Silva et al., 2019).

Problema de investigación

Uno de los grandes problemas que enfrenta el mundo es la desnutrición, asociado a otros factores como la desigualdad socioeconómica y desplazamiento. Según el informe del estado de la seguridad alimentaria promulgado por la FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, se calcula que cerca de 690 millones de personas padecen hambre, es decir el 8.9% de la población mundial (FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2020). Cuando se opta por solucionar dicha problemática solo con base en la agricultura tradicional, el daño ambiental también se incrementa a causa de las grandes extensiones de tierra requeridas para el cultivo, alto gasto de energía, agua y otros recursos (Tuomisto, 2019). Además, los cultivos que afrontan directamente las condiciones climáticas y plagas, sobre lo cual no se tiene control y resultan difíciles de predecir, se enfrentan a altos riesgos de pérdidas de la cosecha.

Otra problemática que afecta de manera directa la seguridad alimentaria es el desabastecimiento de alimentos en las ciudades debido a las dificultades que se pueden llegar a presentar en la cadena logística y distribución por causa de las grandes distancias que en muchas ocasiones se requiere para el transporte de los alimentos, paro de transportadores y daños en la infraestructura vial (Mack, Shubham Agrawal & Sicheng

Wang, 2021). Por tal motivo, el precio de los alimentos incrementa, haciendo que solo aquellos con más capacidad económica puedan acceder a ellos, generando así más desigualdad y desnutrición en los estratos socioeconómicos menos favorecidos (Veysel et al., 2022). La gran demanda alimenticia requiere de modelos que satisfagan las necesidades de la población, que produzcan más alimentos, en menor tiempo, de buena calidad y con un impacto ambiental más reducido (Smart Plant Factory, 2018) y (Miranda et al., 2019), y que además, puedan reducir los riesgos presentes en el transporte de los alimentos como la higiene personal deficiente, almacenamiento inadecuado de alimentos y superficies contaminadas (Chapman, Linton & McSwane, 2021).

En el año 1996, la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (WFS), propuso que la seguridad alimentaria se da cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, 2002). Lo que exige a los estados el diseño de políticas de seguridad alimentaria que contemplen las siguientes dimensiones: disponibilidad nutricional, acceso a la nutrición, utilización de los alimentos y estabilidad alimentaria (Boratyńska & Tofiq, 2017) y (Naciones Unidas, 2017). Una forma de combatir la pobreza es el aprovechamiento de las TIC como herramienta para reducir la brecha alimenticia presente en las zonas urbanas y periurbanas más vulnerables. En este sentido, un modelo de seguridad alimentaria se permitirá intervenir las zonas de la ciudad que presentan déficit alimenticio para poder dar solución a esta problemática. Mediante el uso de las estrategias planteadas por el modelo, se podría alcanzar una dieta con los requerimientos mínimos de nutrición.

Pregunta de investigación

¿Será posible entonces, reducir la desigualdad alimenticia por medio de la educación y adopción de las tecnologías disruptivas en los estratos socioeconómicos más marginados? El propósito de esta tesis es diseñar una metodología que permita la apropiación de las TIC orientadas a la seguridad alimentaria en zonas vulnerables en el Valle de Aburra.

Organización de esta Tesis

Esta tesis se organizó en 4 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo 1: Identificación de algunas tecnologías con potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores de costo, usabilidad y disponibilidad. En este capítulo se describen las técnicas y métodos de agricultura vertical con mayor potencial para la producción sostenible de alimentos, al igual que los conceptos básicos para la siembra de estos, variables que intervienen e insumos agrícolas, con la finalidad de construir el sistema híbrido que en este trabajo se propone. Así mismo, se identifican las tecnologías más adecuadas, componentes electrónicos, y dispositivos de procesamiento para la automatización del ecosistema.

Capítulo 2: establecimiento de los requerimientos para el diseño de la metodología de apropiación de tecnologías que apoyen la seguridad alimentaria.

En este capítulo se realiza un levantamiento de los requisitos y características para la construcción de la metodología, la cual se divide en tres grandes secciones; análisis sistémico de tecnologías open source, mecanismos de apropiación tecnológica y entornos de aprendizaje. Además, con la finalidad de facilitar el entendimiento del modelo que aquí se propone, se realiza una representación gráfica por medio de esquemas preconceptuales.

Capítulo 3: implementación de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta y el correcto uso de las tecnologías que esta incorpora por parte de la población vulnerable. Este capítulo se toma el modelo propuesto en este trabajo para que los integrantes del grupo piloto desarrollen las competencias necesarias para apropiarse de la metodología. Como estrategia pedagógica se propone un laboratorio dividido en tres actividades a saber: un sistema tutor inteligente desarrollado en la plataforma Moodle cuyo link es smartfood.moodlecloud.com compuesto por tres cursos, una charla con un experto en el área de la agricultura y por último una práctica orientada al aprendizaje basado en problemas con integración de las TIC.

Capítulo 4: validación de la metodología en el grupo piloto. En el capítulo final se implementa el modelo propuesto en un grupo de estudiantes del grado 11 de la institución educativa INEM José Félix de Restrepo, donde los participantes desarrollan los cursos ofrecidos en Moodle en un periodo de tres horas. Adicionalmente, los participantes realizan una encuesta con el fin de diagnosticar posibles problemas asociados a la desinformación

y malos hábitos alimenticios. En la segunda parte del laboratorio se ofrece una charla magistral para reforzar y solucionar dudas con respecto a la temática vista en los cursos y por último se realiza una actividad tomando el aprendizaje basado en problemas como metodología para evaluar el conocimiento adquirido de los participantes.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una metodología para la apropiación de nuevas tecnologías orientadas a la seguridad alimentaria en zonas vulnerables del Valle de Aburrá.

Objetivos específicos

- Identificar algunas tecnologías con potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores de costo, usabilidad y disponibilidad.
- Establecer los requerimientos para el diseño de los métodos que contempla la metodología de apropiación de tecnologías que apoyen la seguridad alimentaria.
- Implementar estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta y el correcto uso de las tecnologías que esta incorpora por parte de la población vulnerable.
- Validar la metodología propuesta con un grupo piloto.

Metodología

A partir de un estudio exhaustivo en el que se comparan diferentes modelos y tecnologías aplicables en la agricultura urbana, se propone una metodología que atienda las necesidades de seguridad alimentaria del Valle de Aburrá. Inicialmente se identificarán las tecnologías más convenientes teniendo en cuenta criterios de costo, usabilidad y disponibilidad. Luego, se establecerán los requerimientos para el diseño de la metodología para la seguridad alimentaria. Posteriormente, se implementarán estrategias pedagógicas que le permitan a la población vulnerable apropiarse de la metodología propuesta, al igual que el correcto uso de las tecnologías que incorpora. Finalmente, para la validación de la

metodología se seleccionará un grupo piloto en condición de vulnerabilidad. Para lograr lo anterior, se ha establecido el siguiente plan:

Fase 1. Identificación de algunas tecnologías con potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores de costo, usabilidad y disponibilidad.

Actividad 1.1. Capacitación a cargo de profesional en ingeniería agropecuaria

Actividad 1.2. Identificación de tecnologías

Actividad 1.3 Selección de dispositivos electrónicos, mecánicos y de procesamiento

Actividad 1.4. Selección de insumos agrícolas

Actividad 1.5. Selección del método para el cultivo inteligente de hortalizas

Fase 2. Establecimiento los requerimientos para el diseño de los métodos que contempla la metodología de apropiación de tecnologías que apoyen la seguridad alimentaria.

Actividad 1.1. Levantamiento de requisitos funcionales y no funcionales

Actividad 1.2. Establecer los servicios y restricciones

Actividad 1.3. Diseño y construcción de la granja urbana

Actividad 1.4. Validación y verificación del ecosistema inteligente

Actividad 1.5. Evaluación de la usabilidad

Fase 3. Implementación de un conjunto de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta y el correcto uso de las tecnologías que esta incorpora por parte de la población vulnerable.

Actividad 1.1. Elaboración de una guía sobre el funcionamiento y la correcta manipulación de cada uno de los dispositivos

Actividad 1.2. Elaboración de una guía sobre el método de cultivo empleado

Actividad 1.3. Diseño de un plan que permita el monitoreo efectivo del cultivo inteligente

Actividad 1.4. Trazar un conjunto de instrucciones ante los posibles fallos que se puedan presentar

Fase 4. Validación de la metodología propuesta con un grupo piloto.

Actividad 1.1. Selección del grupo piloto

Actividad 1.2. Capacitación al grupo piloto seleccionado.

Actividad 1.3. Pruebas y ajustes

1. Identificación de algunas tecnologías con potencial aplicativo en la seguridad alimentaria teniendo en cuenta factores de costo, usabilidad y disponibilidad.

1.1 Agricultura urbana

La producción de alimentos mediante la agricultura tradicional no alcanzará a suplir los requerimientos nutritivos para las futuras generaciones, debido al crecimiento exponencial de la población. Las grandes extensiones de tierra requeridas para la siembra de cultivos para suplir las necesidades nutricionales requeridas para la actual y futura población generan daños al medio ambiente casi irreparables, por lo que se hace necesario el uso de métodos alternativos de producción más sostenibles y amigables con el medio ambiente. La producción agrícola, en cultivos de interior controlados ofrece una alternativa confiable para el suministro de alimentos y nutrición para ciudades densamente pobladas y contribuye a abordar la inseguridad alimentaria. Factores como el clima, vegetación, hábitos culturales, acceso a insumos y gastronomía, además si la región o país posee estaciones, llevó a que investigadores y compañías optaran por explorar la agricultura vertical en interiores, simulando y controlando las variables necesarias para el crecimiento de las plantas, utilizando iluminación LED de bajo consumo y soluciones de nutrientes minerales en lugar de tierra. Se utiliza el agua con nutrientes que circula por el sistema y se recicla (Gentry, 2019).

Además, de otros elementos como bombas, aspersores y dispositivos de computo, que según la robustez del sistema pueden variar. En la agricultura vertical, así como en otros métodos de cultivo, existen principalmente cuatro tipos diferentes de cultivo: en suelo, hidroponía, acuaponía y aeropónica. Según estudios, la segmentación del mercado de la tecnología de agricultura urbana en todo el mundo en 2019 fue hidropónica con 51 %, aeropónica 20 %, basada en suelo 13 %, acuapónica 9 % y otros 6 %. La selección del tipo de cultivo a menudo depende de la experiencia y preparación tecnológica de los cultivadores (Wong et al., 2020).

10 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

1.1.1 Aeroponía

La técnica aeropónica es el proceso de cultivar plantas suspendidas en el aire dentro de una cámara de cultivo. Las raíces de las plantas cuelgan en el aire y son rociadas con agua rica en nutrientes, haciendo que la producción de los alimentos sea mucho más limpia, eficiente y de mayor crecimiento. Además, se ha demostrado que las plantas cultivadas en sistemas aeropónicos absorben más nutrientes haciéndolas más saludables y con un alto índice nutricional (Kotzen et al., 2019).

1.1.2 Hidroponía

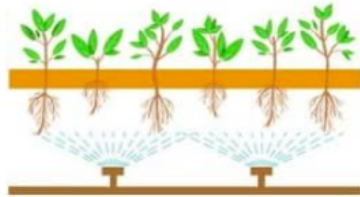
Por otra parte, la hidroponía utiliza una solución de nutrientes minerales en un solvente de agua, donde las plantas se ubican en macetas de red o en medios químicamente inertes como gránulos de arcilla, perlita o lana de roca, permitiendo que las plantas absorban los nutrientes de una manera más eficiente que en el suelo. Así mismo, la hidroponía ofrece diversas variantes, como la suspensión de las raíces en solución todo el tiempo o alimentarse por medio de un flujo de solución controlado (Mehra et al., 2018) y (Wong et al., 2020).

1.1.3 Aquaponía

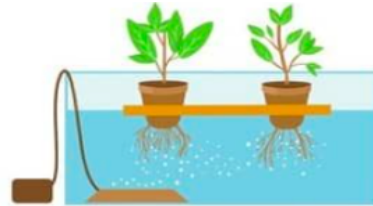
Los sistemas aquapónicos integran dos métodos de cultivos: la acuicultura en el cual se involucra el cultivo de especies acuáticas y la hidroponía, método previamente descrito. Mediante este método se benefician e interactúan las plantas, peces y microorganismos para la producción de alimentos orgánicos. Los residuos metabólicos producidos por los peces se convierten en los nutrientes, los cuales son aprovechados por las plantas para su crecimiento. A su vez, las plantas eliminan los compuestos tóxicos para los peces como amonio y nitritos, haciendo que sea mucho menor el tiempo en que se debe renovar el agua y los microorganismos influyen en los procesos de mineralización y nitrificación. El sistema acuapónico es beneficioso incluso en un entorno crítico como el de los desiertos, climas cálidos y fríos (Ezzahoui et al., 2021). En la Figura 1-1 se muestran las principales técnicas de la agricultura urbana.

Figura 1-1: Principales técnicas de la agricultura urbana

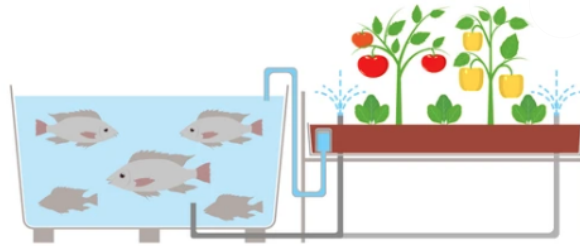
Método aeropónico



Método hidropónico



Método aquapónico



Nombre de la fuente: modificado por el autor.

Un referente global en la implementación de la aeroponía es la granja vertical *Aero Farms*, ubicada en New Jersey, Estados Unidos. La granja vertical produce más de 900 toneladas de vegetales al año. Además, el método de cultivo aeropónico, le permite reducir hasta un 95% de las cantidades de agua empleada con los métodos tradicionales y un 40% menos que los sistemas hidropónicos (DELL Technologies, 2017). El estudio de arquitectura sueco *Plantagon* ha propuesto la construcción del (*World Food Building*) (Larsson, 2018), un edificio híbrido de doble uso dividido en dos secciones. La primera dirigida a oficinas y viviendas, y la otra a cultivos hidropónicos verticales para la producción de hojas verdes y verduras. El edificio, de 16 plantas, cuenta con 4.300 metros cuadrados reservados para el cultivo, pudiendo producir hasta 500 toneladas de alimento orgánico por año.

A nivel regional, la microempresa Agricultura Vertical Eficiente (AVE), ubicada en el corregimiento de San Cristóbal (Medellín, Colombia), dispone de 1800 plantas cultivadas en un área de 50 metros cuadrados, donde se cultiva ají picante (*Capsicum frutescens*), tomate (*Solanum*

12 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

lycopersicum), zanahoria (*Daucus carota*), algunas variedades de lechugas (*Lactuca sativa*), rúgula (*Eruca vesicaria ssp. sativa*), y flores comestibles como albahaca (*Ocimum basilicum*), amapola (*Papaver rhoeas*), diente de león (*Taraxacum officinale*), entre otras. Como sustrato para las plantas utilizan fibra de coco debido a que no contiene restos de pesticidas y además es un gran drenador de agua, ideal para la oxigenación de las raíces de los cultivos. Esta microempresa también comercializa huertas hidropónicas inteligentes dirigidas al cultivo en hogares (Agricultura Vertical Eficiente, 2019).

1.2 Características de calidad

La correcta selección de la tecnología y equipamientos será un factor fundamental para que el dispositivo cumpla con los requisitos necesarios y que a su vez pueda ser operado por cualquier persona sin un conocimiento previo en agronomía y en tecnologías como IoT, electrónica o visión artificial.

Al evaluar el costo sobre los métodos de cultivos propuestos, se evidencia que la diferencia de los costos es significativa entre la agricultura tradicional y los métodos de producción sostenible, debido a que en la agricultura de suelo se requieren más insumos, manos de obra, equipamientos, área de sembrado y control de plagas, mientras que en los cultivos urbanos o verticales se aprovecha el espacio y se cultivan las plantas de manera vertical. Igualmente, los costos se ven reflejados en los ciclos de producción de los cultivos, en un sistema sostenible los ciclos son un 30% o 50% más rápido que en las cosechas de suelo y se pueden sembrar entre 23 y 45 plantas por metro cuadrado, mientras que en la agricultura tradicional son ocho plantas por metro cuadrado (Tujil et al., 2018). El ahorro obtenido al incorporar estos métodos alternativos como acuapónico, hidropónico y aerpónico se pueden utilizar para la automatización del cultivo mediante el uso de tecnologías disruptivas.

La usabilidad es un factor determinante para este modelo, busca centrarse en la experiencia del usuario para que pueda manipular y apropiarse fácilmente de cada una de las etapas, método

de producción de alimento sostenible y tecnologías que componen este modelo. Con el término “modelo usable”, se pretende que la población adopte la metodología como una actividad diaria, tanto para la producción de alimentos como para mitigar la brecha tecnológica en las zonas con diversas problemáticas sociales.

En cuanto a la disponibilidad en lo que concierne con el aspecto tecnológico, se busca garantizar que los componentes electrónicos, sistemas e insumos agropecuarios sean de fácil adquisición en el ámbito nacional, que puedan ser reemplazados por otros dispositivos con las mismas características en caso de que sea discontinuado por un fabricante en particular. Igualmente, esta métrica evalúa la disponibilidad de la red de comunicación seleccionada. Es indispensable que la red garantice una conexión estable y con cobertura de red en la zona de operación.

Los otros dos aspectos considerados, la seguridad y fiabilidad, son necesarias para cualquier ecosistema. Por parte de la seguridad se pretende garantizar tanto los métodos de producción sostenible como los elementos incorporados sean lo suficientemente seguros para ser operados por la población, sin riesgos de que se lleguen a presentar accidentes, o que en caso de que se presente alguna eventualidad sea fácil de controlar y mitigar.

Por parte de las comunicaciones se debe garantizar la privacidad de los datos de los usuarios para que no sean expuestos a redes públicas y los datos recopilados por el ecosistema se deben salvaguardar para que solo el personal capacitado y con permisos puedan acceder a ellos para una correcta gestión. La fiabilidad va de la mano de la seguridad, con esta se garantiza que la población confíe en los aspectos metodológicos y tecnológicos descritos en este trabajo. Igualmente, al ser una metodología orientada a una comunidad, es indispensable que las personas que se involucren en este proyecto tengan buena disposición de trabajo en equipo y buena comunicación. Por consiguiente, la fiabilidad en este aspecto contribuye y fomenta al desarrollo en las habilidades blandas como la gestión de conflictos, habilidades de comunicación e inteligencia emocional.

1.3 Identificación de tecnologías

Si bien es importante la selección del método de producción de alimentos, así también lo es la tecnología y dispositivos que se va a emplear en el prototipo, debido a que se busca reducir el problema de seguridad alimentaria en las periferias de la ciudad mediante la metodología que en

14 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

este trabajo se propone, donde la gran mayoría de población tiene poco acercamiento y conocimiento de las tecnologías emergentes. Por consiguiente, se toma la usabilidad como principio y base de la selección de los elementos computacionales y electrónicos del ecosistema controlado además de otros factores como costo y disponibilidad, buscando alcanzar los siguientes propósitos:

1. Adecuada apropiación de la metodología propuesta
2. Comprensión del funcionamiento del sistema
3. Fácil manipulación de los dispositivos y del prototipo en general
4. Solución de posibles eventualidades

1.3.1 Tecnologías inalámbricas

Los avances logrados en el internet de las cosas han permitido explorar áreas como la agricultura, donde por medio de sensores se pueden monitorear los cultivos de manera remota, mejorando tanto la productividad y la eficiencia de estos. Los dispositivos IoT pueden enviar y recibir información sobre redes inalámbricas como IEEE 802.11 g (WiFi 2.4 GHz), IEEE 802.15.4 (Zigbee), red de área inalámbrica de largo alcance (LoRaWAN), entre otras, dependiendo de las características técnicas de los dispositivos. Factores como distancia, disponibilidad de la red, condiciones ambientales y consumo de energía deben ser evaluados para la correcta selección (Sadowski & Spachos, 2020).

Para este caso en particular, se utilizaron las redes con mayor disponibilidad en la ciudad y compatibilidad con el dispositivo de procesamiento como son las redes Wifi y 4G LTE, esta última servirá de respaldo en caso de que no cuente con alguna red Wifi disponible o se presente algún problema en la red. En la Tabla **1-1** se hace una comparación entre algunas redes inalámbricas.

Tabla 1-1: Características de redes inalámbricas

Tecnología inalámbrica	Rendimiento	Rango de transmisión	Consumo de energía	Ventajas	Desventajas
WiFi (2.4 GHz)	54 Mbit/s	50 m	Moderado	Amplia disponibilidad	Alto consumo de energía
Zigbee	250 Kbit/s	120 m	Bajo	Fácil de configurar	Requiere hardware extra
LoRaWan	50 Kbit/s	15000 m	Extremadamente bajo	Rango amplio	Requiere hardware extra

1.3.2 Dispositivo de procesamiento

Los dispositivos de procesamiento son esenciales para recopilar, analizar y gestionar la información procedente de los múltiples sensores desplegados en un ecosistema de objetos. Diversos son los dispositivos orientados al IoT, que en gran medida dependerán del proceso, robustez, disponibilidad, usabilidad y costo. Debido a que en el prototipo que en este trabajo se presenta, se necesitan diversos sensores para el monitoreo de variables ambientales como temperatura, humedad, nivel Y pH. Además, se requiere que con el dispositivo de procesamiento se puedan correr algoritmos de visión artificial para medir enfermedades asociadas a plantas como lo es la clorosis, la cual es una condición fisiológica en la que las plantas dejan de producir suficiente clorofila, tomando un color verde pálido, amarillo o rojizo por causas como deficiencia nutricional, raíces dañadas y alta alcalinidad. En tal sentido, se requiere un dispositivo con buenas características de cómputo. En la Tabla 1-2 realiza una comparación entre los dispositivos candidatos.

Tabla 1-2: Comparativa entre dispositivos embebidos

Características	Raspberry pi 4	Odroid XU4	Jetson nano
CPU	Broadcom BCM2711. Procesador de cuatro núcleos a 1,5 GHz con brazo Cortex-A72	Samsung Exynos 5422. Procesador de 8 núcleos a 2 GHz (ARM Cortex A15 y ARM Cortex A7)	ARM Cortex-A57 MPCore de cuatro núcleos a 1,43 GHz

16 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

GPU	VideoCore VI	Mali-T628 MP6 con soporte OpenGL ES 3.0 / 2.0 / 1.1 y OpenCL 1.1	Nvidia Maxwell con 128 núcleos CUDA
Memoria	1/2/4GB LPDDR4 RAM	2 GB LPDDR3 RAM	4 GB LDDR4 y 64 bits
Almacenamiento		Ranura para tarjeta microSD, almacenamiento Flash eMMC 5.0 HS400	16 GB de almacenamiento flash eMMC 5.1
Conectividad	802.11ac Wi-Fi / Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet	Ethernet LAN y Gigabit.	Gigabit Ethernet
Video y sonido	2 x puertos micro-HDMI, puerto de pantalla MIPI DSI, puerto de cámara MIPI CSI, salida estéreo de 4 polos y puerto de vídeo compuesto.	Vídeo: HDMI 1.4a Audio: solo por HDMI sin otro tipo de salida	HDMI y eDP 1.4
Puertos	2 x USB 3.0, 2 x USB 2.0	2 x USB 3.0, 1 x USB 2.0	4 x USB 3.0, 1 x USB 2.0
Alimentación	5V/3A vía USB-C, 5V vía cabezal GPIO	Jack a 5V/4A	USB a 5V 2A, Jack a 5V/4A
Sistema operativo	Linux	Linux y Android	Linux

1.4 Sensórica

Hoy en día los sensores desempeñan un papel fundamental en la automatización, análisis, monitoreo de procesos e industria 4.0, al igual que en nuestra vida cotidiana, puesto que la mayoría de los dispositivos que utilizamos como celulares, laptops, Smart TV's y automóviles incluyen múltiples sensores que mejoran y facilitan la interacción hombre maquina/computador con los artefactos tecnológicos.

El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que recibe diferentes tipos de señales como físicas, químicas o biológicas y las convierte en una señal eléctrica (Ogata, 2010). La selección del sensor varía según a variable física que se desea medir, además de las especificaciones técnicas requeridas y ofrecidas por el fabricante como precisión, rango, costo y disponibilidad. De acuerdo con los requerimientos de energía, los sensores se pueden clasificar en pasivos y activos; los primeros no requieren de ninguna fuente de energía adicional y la señal eléctrica se produce directamente en respuesta al estímulo de fuentes externas, por ejemplo, termocuplas y sensores piezoeléctricos. Los sensores activos necesitan fuentes de energía externas para su respuesta, lo que se conoce como señal de excitación, ejemplo, termisor e inductor (Bhagwati,2020). Igualmente, los sensores pueden ser digitales o analógicos, dependiendo del tipo de señal eléctrica que genera.

Si bien la aplicabilidad es amplia y casi ilimitada, esta sección se centra en los diferentes sensores utilizados en los métodos de producción alimentaria explorados en este trabajo, como lo es la agricultura tradicional y vertical o urbana. En la agricultura tradicional se pueden utilizar múltiples sensores para el monitoreo de las variables ambientales como lo son de humedad para medir la temperatura en el aire, suelo y en las plantas. Para medir la intensidad de calor emitida por el sol o luces artificiales sobre las cosechas o plantas se utilizan sensores de temperatura, mientras que los sensores de gases se emplean para medir contaminación, de pH para medir acidez o alcalinidad en una solución, y para medir la presión ejercida por la atmosfera sobre la superficie terrestre se utilizan sensores de presión atmosférica.

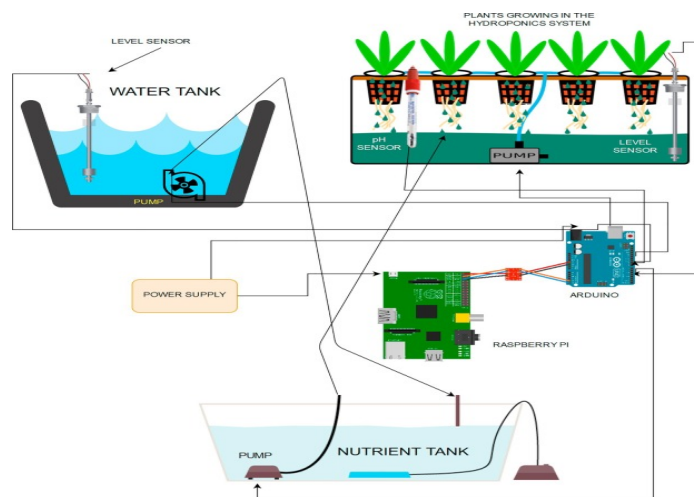
La cantidad y tipo de sensores pueden variar según las necesidades del cultivador y el cultivo, puesto que mientras más grande sea el cultivo, mayor son los dispositivos y costos a causa del extenso terreno que se debe cubrir para sensar las variables ambientales requeridas. Anteriormente, en los modelos de agricultura existentes los datos recolectados por los sensores

18 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

pocas veces se les daban la debida gestión para mejorar la producción y la calidad de los cultivos. El desarrollo actual de la época en los sensores y comunicaciones hacían casi imposible descargar los datos medidos por los instrumentos, quedando la data alojada en los equipos y haciendo difícil y poco práctico llevar una estadística y análisis de la información.

Los sensores utilizados en la agricultura urbana o vertical son similares, y queda a consideración del diseñador o agricultor si se incorporaran tecnologías disruptivas al ecosistema, y al igual que en la agricultura con tierra se basan en la cantidad de variables que se desea medir y el espacio del cultivo. Sin embargo, existen prototipos estándar, como el que plantean los autores [99], donde utilizan el método hidropónico como base para producción sostenible de alimentos, compuesto por recipiente o contenedor de agua, sensores, actuadores, bomba de agua y nutrientes, electroválvulas, dispositivos procesamiento y tuberías. En la Figura 1-2 se muestra la arquitectura empleada por (Mehra et al, 2018) en el sistema de producción vertical.

Figura 1-2: Ejemplo de un sistema de producción vertical



Nombre de la fuente: (Mehra et al, 2018)

El avance en la sensórica y las comunicaciones han dado lugar a la agricultura inteligente, en donde se adopta el IoT como principal protagonista para darle solución a los problemas almacenamiento, gestión y análisis de la información. Además, se pueden incorporar al cultivo

sensores mucho más robustos como sensores ópticos para medir la calidad del suelo, sensores electromagnéticos para medir la textura del suelo, drenado del agua, salinidad y nivel de materia orgánica y electroquímicos para medir niveles de pH y nutrientes contenidos en el suelo (Rahaman & Azharuddin, 2022).

2. Establecimiento de los requerimientos para el diseño de los métodos que contempla la metodología de apropiación de tecnologías que apoyen la seguridad alimentaria.

Con el modelo propuesto se busca garantizar la seguridad alimentaria en las zonas más marginadas y con mayor problemática social, por consiguiente, se establecen tres grandes requerimientos para el diseño de la metodología como son el análisis sistémico de tecnologías Open source, mecanismos de apropiación tecnológica y entornos de aprendizaje.

2.1 Análisis sistémico de tecnologías Open source

En la actualidad son diversas las herramientas de software y hardware open source que ofrecen diferentes desarrolladores y fabricantes. Dentro del ámbito del hardware se tienen dos categorías: las plataformas simples con baja potencia computacional, utilizadas principalmente para crear sensores simples y se basan en microcontroladores y plataformas más potentes con alto rendimiento computacional, usadas como servidores de sistema de código abierto o como sensores con capacidades de procesamiento y reconocimiento de imágenes, voz e IA (Martikkala, 2021). Muchos fabricantes están adoptando alternativas de comercialización de bajo costo con el concepto de hágalo usted mismo o en inglés “*Do-it-yourself*” (DIY) (McCauley, Nackley & Kelley, 2021).

Con estas nuevas políticas de negocio buscan incrementar la venta y producción de dispositivos de desarrollo con la finalidad de que todas las personas con o sin un conocimiento previo en áreas como la electrónica, sistemas y mecánica puedan desarrollar sus propios proyectos de manera lúdica o profesional. Por tal motivo es necesario realizar una revisión sistemática de literatura (Kitchenham, 2004), donde se puedan obtener evidencias desde artículos científicos almacenados en repositorios digitales y poder definir las características de mayor relevancia para la selección de tecnologías Open source para la construcción del modelo propuesto. Se parte de las siguientes preguntas de investigación.

Pregunta 1: ¿Cuál es la capacidad de las tecnologías Open source actuales? Esta pregunta hace referencia a la capacidad de adquirir, adoptar y usar las tecnologías Open source existentes.

Pregunta 2: ¿Cuál es el pronóstico tecnológico en los próximos años? En esta pregunta se exploran y se identifican las tendencias en el ámbito tecnológico a nivel internacional.

Inicialmente se realiza un análisis de diferentes artículos donde se traten los temas de la capacidad tecnológica actual y pronósticos tecnológicos. Posteriormente, se seleccionarán aquellos donde se aborden las características más relevantes de las tecnologías open source. Con base en los antecedentes y otros artículos publicados entre 2016 y 2022, se realiza una búsqueda y filtrado en las bases de datos Science Direct y Springer. Los resultados se consignan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Bases de datos consultadas

Base de datos	Palabras clave	Resultados seleccionados
Science Direct	Current technological capacity; implementation of new technologies; capacity of existing technologies; implementation of new technologies; future disruptive technologies; future research technologies, emergent technologies, open source technology support, open source iot	30
Springer	Current technological capacity; implementation of new technologies; capacity of existing technologies; implementation of new technologies; future disruptive technologies; future research technologies, emergent technologies, open source technology support, open source iot	30

De la revisión en la base de datos se seleccionaron 34 artículos candidatos. Los artículos seleccionados abordan las características que se consideran idóneas para realizar el análisis sistémico de tecnologías Open source como beneficios y riesgos, soporte, innovación, demanda

22 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

en el mercado de las tecnologías con mayor usabilidad, escalabilidad y adopción. Además, de las tendencias y pronósticos en tecnologías con mayor adopción como IoT, Machine learning, IA, robótica y agricultura inteligente. Los artículos no seleccionados resultaron ser irrelevantes debido a que no profundizaban en los temas de interés.

2.1.1 Resultados

El resultado obtenido en el proceso de evaluación y resolución de las preguntas de investigación se consignan en las Tablas 2-2 y 2-3 que responden a las preguntas planteadas mediante los artículos seleccionados.

Tabla 2-2: Características consideradas de la capacidad tecnológica actual

Características	Pregunta 1
Beneficios y riesgos	(Martikkala et al., 2021), (Zou et al., 2016), (Jena & Patel, 2022), (Farooq et al., 2017), (Cui et al., 2018), (Chu et al., 2021), (Clark et al., 2020), (Shin et al., 2022), (Di Bona et al., 2021)
Soporte	(Martikkala et al., 2021), (McCauley et al., 2021), (Calderoni et al., 2019)
Innovación	(Martikkala et al., 2021), (Criado & de Zarate-Alcarazo, 2022), (Fakhimi & Miremadi, 2022)
Mantenimiento	(Martikkala et al., 2021), (Shin et al., 2022), (Calderoni et al., 2019)
Demanda en el mercado	(Martikkala et al., 2021), Criado & de Zarate-Alcarazo, 2022), (Calderoni et al., 2019)

Tabla 2-3: Característica consideradas de los pronósticos tecnológicos

Característica	Pregunta 2
Identificación de tendencias	(Martikkala et al., 2021), (Mohammad & Miremadi, 2022), (Tonhauser & Ristvej, 2021), (Di Bona et al., 2021), (Marocco & Garofolo, 2021), (Yue & Shen, 2022), (Nagaraj, 2020), (Hopster, 2021), (Schuelke-Leech, 2021), (Love et al., 2020), (Kopalle et al., 2021), (Sanka et al., 2021), (Zhang & Aslan, 2021), (Chu et al., 2021), (Gittler et al., 2021)

Pregunta 1: ¿Cuál es la capacidad de las tecnologías open source actuales? Principalmente son las características que permiten definir la robustez y seleccionar los componentes necesarios para el diseño del ecosistema inteligente. Por consiguiente, con las características seleccionadas, como beneficios y riesgos, soporte, innovación, mantenimiento y de demanda en el mercado se busca elegir tecnologías de fácil apropiación y usabilidad para cualquier tipo de población.

Pregunta 2: ¿Cuál es el pronóstico tecnológico en los próximos años? Es importante tener en cuantos aspectos como tecnologías que van a perdurar en el tiempo, proyección, investigación e innovación. Mediante la identificación de tendencias se podría abarcar los aspectos previamente mencionados.

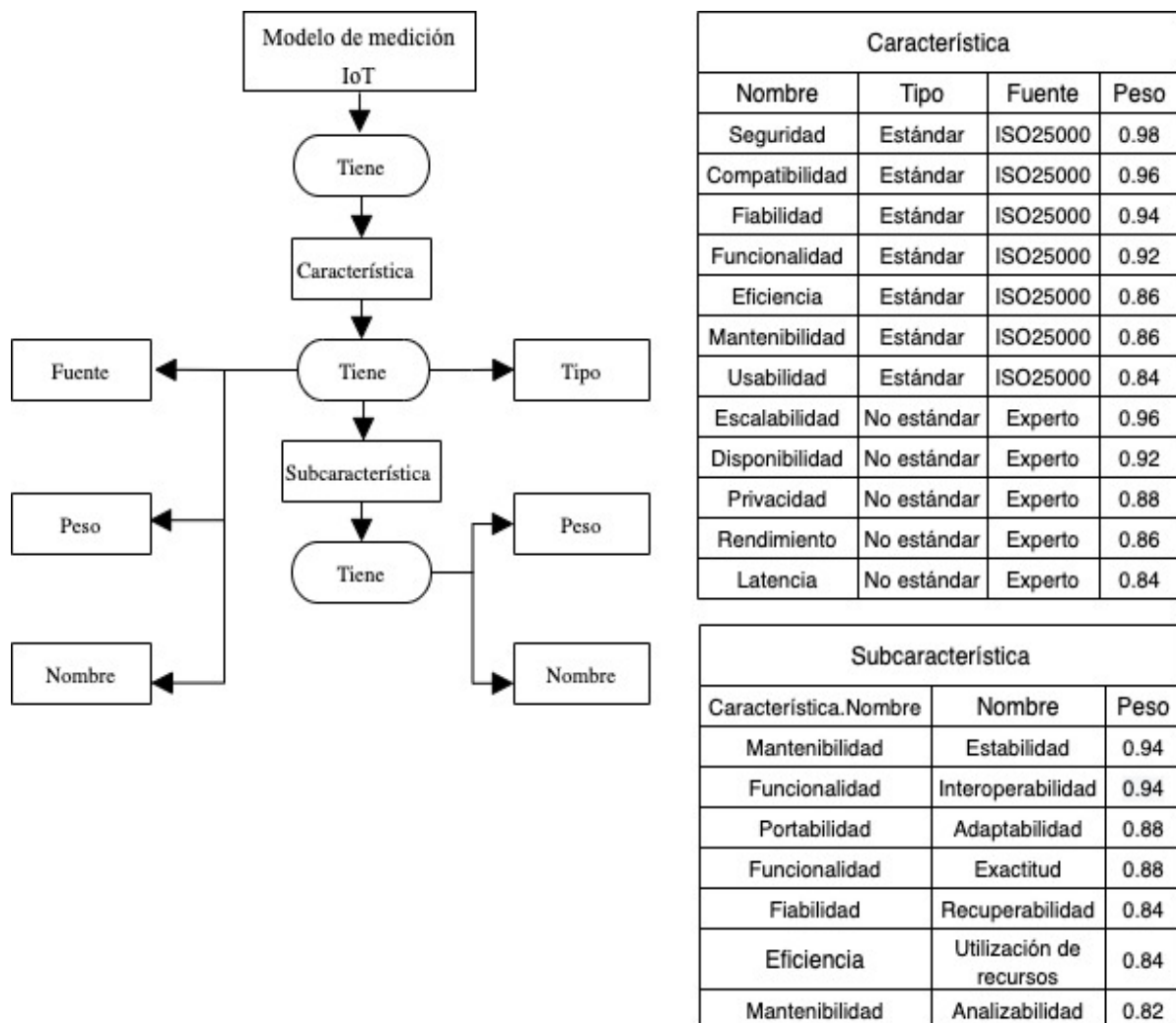
2.1.2 Métricas

Es necesario garantizar la calidad de las tecnologías seleccionadas para la metodología que se propone, por tal motivo se consideran la seguridad, compatibilidad, fiabilidad, funcionalidad, usabilidad. La justificación para la selección de las métricas antes mencionadas se basa teniendo como referencia los pesos de las características de calidad del modelo de medición de ecosistemas inteligentes desarrollados bajo el paradigma del internet de las cosas (IoT), propuesto por (Quiroz et al., 2022) que se presenta en la Figura 2-1 por medio de esquemas

24 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

preconceptuales (Zapata et al., 2011), cuyas características y subcaracterísticas se ajustan al modelo que en este trabajo se propone.

Figura 2-1: Modelo de medición de ecosistemas inteligentes desarrollados bajo el paradigma del internet de las cosas (IoT)



Nombre de la fuente: (Quiroz et al., 2022)

En la Tabla 2-4 se presentan las métricas de las características de calidad seleccionadas.

Tabla 2-4: Métricas de las características de calidad

Características	Métrica
Seguridad	$X = A / B$, A= Número de "accesos de usuario al sistema y datos" registrados en la base de datos del historial de acceso, B = Número de "accesos de usuario al sistema y datos" realizados durante la evaluación. $0 \leq X \leq 1$, Cuanto más cerca de 1.0, mejor.
Compatibilidad	$X = A / T$, A = Número de restricciones o fallas inesperadas que encuentra el usuario durante el funcionamiento simultáneo con otro software y/o dispositivo, T = Duración del tiempo de funcionamiento simultáneo de otro software y/o dispositivo. $0 < X$, Cuanto más pequeño, mejor.
Fiabilidad	$X = 1 - A / B$, A = Número de elementos de cumplimiento de confiabilidad especificados que no se han implementado durante las pruebas, B = Número total de elementos de cumplimiento de confiabilidad especificados. $0 \leq X \leq 1$, Cuanto más cerca de 1.0, mejor.
Funcionalidad	$X = 1 - A / B$, A = Número de elementos de cumplimiento de funcionalidad especificados que no se han implementado durante las pruebas, B = Número total de elementos de cumplimiento de funcionalidad especificados. $0 \leq X \leq 1$, Cuanto más cerca de 1.0, mejor.
Usabilidad	$X = 1 - A / B$, A = Número de elementos de cumplimiento de usabilidad especificados que no se han implementado durante las pruebas, B = Número total de elementos de cumplimiento de usabilidad especificados. $0 \leq X \leq 1$, Cuanto más cerca de 1.0, mejor.

En la ecuación 1. Se presenta la expresión para calcular la calidad general a partir de cada característica y subcaracterística.

26 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

$$CG = \frac{p_1C_1 + p_2C_2 + p_3C_3 \dots + p_nC_n \dots}{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n} \quad (1)$$

Donde C es valor de cada característica o subcaracterística de calidad y p es el peso de calidad que se le da a cada característica o subcaracterística. Mientras CG más cerca de 1.0, mejor la calidad del ecosistema inteligente.

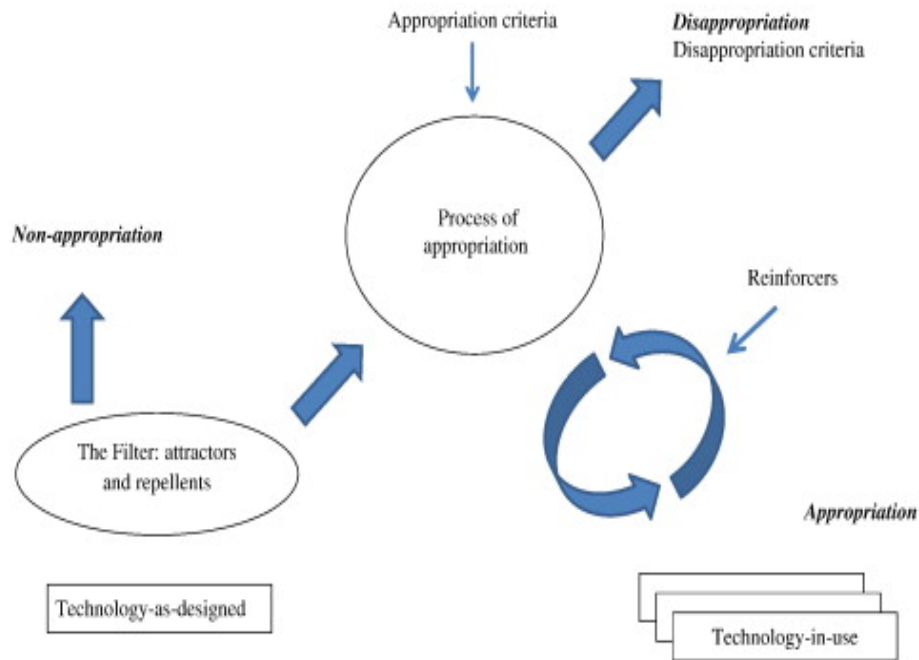
2.2 Mecanismos de apropiación tecnológica

2.2.1 Criterios de apropiación

Cuando se decide empezar a experimentar con la tecnología, se inicia en un proceso de apropiación que puede tener como resultado la integración de la tecnología en la cotidianidad o ser rechazada (Carroll et al., 2002). Según (Ylipulli et al., 2014) la apropiación se refiere a un enfoque en los estudios de tecnología de las ciencias sociales que se esfuerza por explicar la adopción de nuevas tecnologías como parte de la vida cotidiana. Comprender como funcionan los mecanismos de apropiación de la tecnología en uso podría ayudar a diseñar y construir nuevos dispositivos apropiados para la población.

En su estudio sobre tecnologías móviles (Carroll et al., 2001), los autores identificaron tres conjuntos de factores que entran en juego en diferentes etapas del proceso de apropiación y que resultaron en la no apropiación, desapropiación o apropiación de la tecnología propuesta. Estos factores son; 1) atractores/repelentes que funcionan como un filtro que puede conducir al rechazo inmediato de la tecnología o al inicio del proceso de apropiación; 2) criterios de apropiación/desapropiación, que se refiere a la fase donde los usuarios prueban y negocian con la tecnología; 3) y finalmente reforzadores de orden superior que finalmente deciden el destino de la tecnología. En la Figura 2-2 se ilustra el modelo planteado por los autores del estudio.

Figura 2-2: Mecanismos de apropiación tecnológica

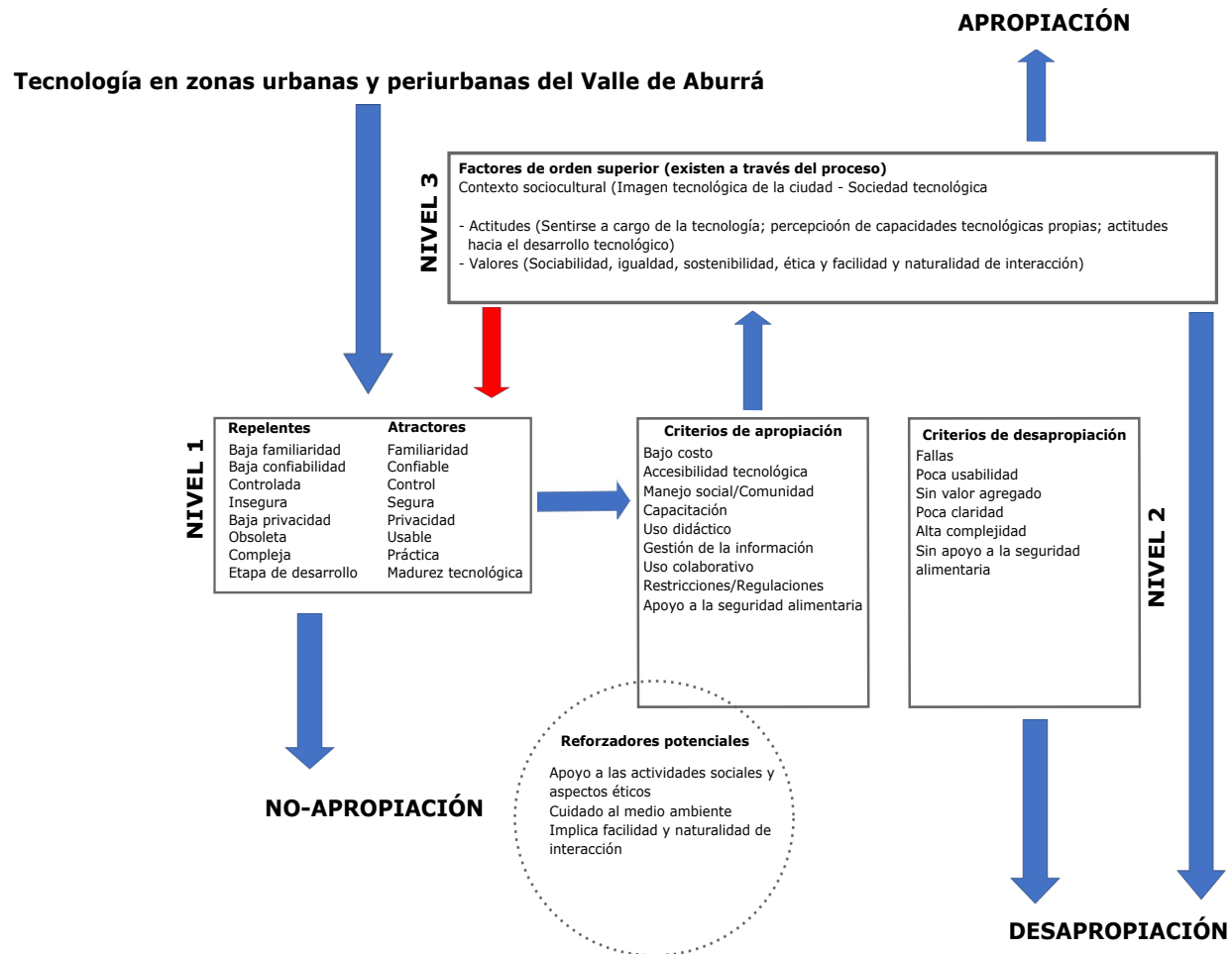


Nombre de la fuente: (Carroll et al., 2001)

El modelo propuesto para la selección de los criterios de apropiación para la metodología se presenta en la Figura 2-3, tomando como referencia el de los autores (Carroll et al., 2001) y (Ylipulli et al., 2014). Para el modelo de apropiación tecnológico que en este trabajo se presenta, se toman como referentes los antecedentes socioeconómicos y antropológicos realizados sobre las poblaciones pertenecientes a las periferias del Valle de Aburrá. Es por esto, que se toma como base el modelo propuesto por (Ylipulli et al., 2014), en el cual realizan una modificación al modelo propuesto por (Carroll et al., 2001), reemplazando los “reforzadores de orden superior” por la capa de “factores de orden superior” para describir estos factores de manera generales, que pueden funcionar como reforzadores o repelentes. Además, para comprender el uso de tecnologías, los autores consideran las normas sociales como reguladores en el comportamiento de las personas en ciertos lugares, con la finalidad de restringir o fomentar la utilización de tecnologías. Las tecnologías siempre se adoptan en un lugar, tiempo y situación determinada, enmarcada en ciertas prácticas sociales y culturales (Uotinen, 2005).

28 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 2-3: Modelo de mecanismos de apropiación tecnológica



Nombre de la fuente: Modificado por el autor

2.2.2 Etapas de apropiación

Los grandes avances y mejoras en las TIC han cambiado la forma en que vivimos, trabajamos, pensamos y nos relacionamos con los demás. Junto con el cambio inducido por la tecnología, muchos sectores han experimentado un notable cambio en las actividades y procesos de conocimiento. Criterios como la creatividad e innovación, se toman como métricas para determinar el éxito y competitividad corporativa. Además, las exigencias de los empleados por

una vida más equilibrada entre el trabajo y el tiempo libre han provocado un cambio de paradigma en las empresas donde prevalece el “trabajo más inteligente” sobre el “trabajo más duro” (Eun-Jung et al., 2021). Así mismo, en la educación se ha vuelto necesario transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde las Tecnologías de la Gestión de la Información y Comunicación (TGIC) son elegidas, adoptadas, adaptadas y apropiadas en función de situaciones educativas particulares (Vázquez, 2015).

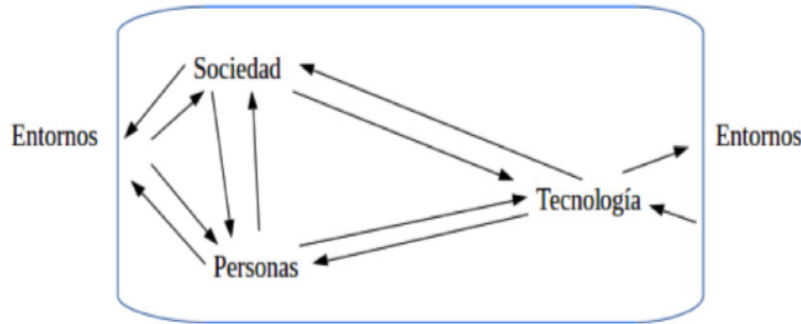
Es importante abordar el concepto de interacción hombre computador (HCI), la cual es una disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos. Hoy en día los fabricantes y diseñadores buscan que sus sistemas puedan satisfacer los requisitos del usuario, logrando así una interacción eficiente, efectiva y segura (Card, 2018). La apropiación en relación con el lenguaje la define (Bakhtin, 1981) como la idea de tomar algo de otro lugar y adaptarlo, haciéndolo significativo en diferentes culturas y contextos. Para (Lund, 2009), la apropiación es un proceso dialéctico de transformación cultural. No es un evento o algo que se completa, sino un proceso de cambio. Lo que es nuevo o extraño se absorbe y se digiere activamente y se convierte en parte de la vida cotidiana, (Fonlon, 2010).

Las TIC se integran en la cultura anfitriona a medida que los usuarios aportan su poder, personalidad y cultura para influir en su uso. La apropiación no implica pasividad sino compromiso y participación humana activa. Los apropiadores son creadores y resistentes (Hountondji, 2002).

El modelo racional de apropiación tecnológica comprende tres elementos indispensables para su estudio: la sociedad, las personas y la tecnología. La importancia del componente cultural de la tecnológica, expuesto en profundidad por diversos autores propone una relación simbiótica entre la sociedad, las personas y la tecnología, donde éstas se configuran e influyen recíprocamente (Latour, 1990). Desde la mirada constructivista, se entiende que de las sociedades deviene un entramado sociocultural que influye de gran manera en la vida de las personas en sociedad y que éste, mediante las acciones de las personas en la relación de estas con la tecnología, toma lugar en el entramado sociotécnico (Law, 1990). La Figura 2-4 muestra las relaciones observadas entre los actores humanos, ambientales y tecnología, propuesto por (Quezada & Pérez, 2016).

30 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

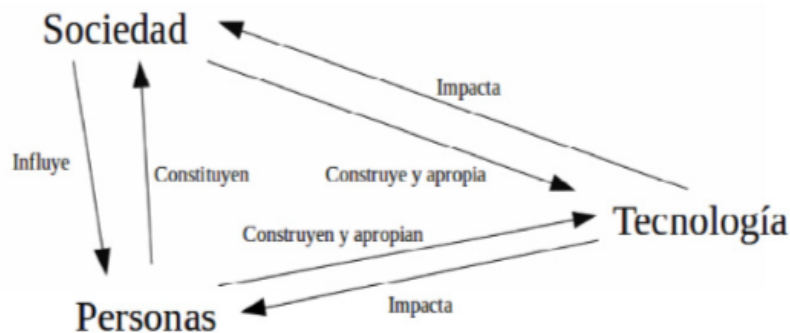
Figura 2-4: Relaciones entre los actores humanos, ambientales y tecnología



Nombre de la fuente: (Quezada & Pérez, 2016)

Bajo la mirada de la apropiación cultural, son las mismas personas quienes generan ciertos patrones y protocolos en su relación con la cultura -tecnología, y estos, a su vez, se vuelven parte de la estructura social y cultural en común. La tecnología no está exenta de este proceso de aculturación (Subercaseaux, 2016). Las tecnologías son producto de la acción humana y son las personas quienes desarrollan tecnologías para adaptarse al medio y/o producir bienes y servicios en relación con sus intereses y necesidades (Quezada y Pérez, 2016). En la Figura 2-5 se muestran modos de las relaciones entre personas sociedad y desde una perspectiva teórica inclusiva propuesta por (Quezada & Pérez, 2016).

Figura 2-5: Modos de las relaciones entre personas sociedad y desde una perspectiva teórica inclusiva



Nombre de la fuente: (Quezada y Pérez, 2016)

En la literatura se pueden encontrar diversos modelos de los niveles o etapas de apropiación de las TIC, a continuación, se presentan en la Tabla 2-5 los que se consideran de mayor relevancia.

Tabla 2-5: Modelos de los niveles o etapas de apropiación de las TIC

Autores	Etapas de apropiación de las TIC				
Hopper & Rieber, 1995)	Familiarización	Utilización	Integración	Reorientación	Evolución
(UNESCO, 2002)	Surgimiento	Aplicación	inclusión	transformación	
(ISTE, 2008)	Principiante	Medio	Experto	Transformador	
(Adell, 2008)	Acceso	Adopción	Adaptación	Apropiación	innovación
(Quezada & Pérez, 2016)	Acceso	Aprendizaje	Integración	Transformación	Evolución

El modelo propuesto por (Hopper & Rieber) se compone de 5 etapas: familiarización, utilización, integración, reorientación y evolución. La etapa de familiarización se ocupa de la exposición inicial y la experiencia con una tecnología. La utilización hace referencia a la prueba de la tecnología. La prescindibilidad es la característica o atributo más crítico de la etapa de integración, debido a que se pueden presentar rupturas cuando se asigna ciertas tareas y responsabilidades a la tecnología, y en caso de generarse alguna eventualidad en la tecnología, no se podrá proceder con una instrucción o acción determinada. Para muchos la integración es el final del modelo de adopción, y solo representa el inicio de la comprensión de la tecnología educativa. Los docentes en la etapa de reorientación están abiertos a la adopción de nuevas tecnologías que permitan nuevos procesos de construcción del conocimiento sin ser "reemplazados" por la tecnología. La etapa de evolución sirve como recordatorio al sistema educativo para que continúe evolucionando y adaptándose a las necesidades de la sociedad, puesto que nunca habrá una solución final (Hopper & Rieber).

La Unesco (Unesco, 2002), sugiere un modelo que tiene como marco fundamental la apropiación de las TIC en las instituciones educativas, compuesto por cuatro etapas: Surgimiento, aplicación, inclusión y transformación. En la etapa de surgimiento en muchas escuelas aún adoptan las prácticas tradicionales, una educación centrada en el docente. Estas instituciones apenas están

32 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

empezando con un primer acercamiento para evaluar características, pros y contras en el uso de las TIC en los procesos y programas académicos. En la siguiente etapa, aplicación, aquellas escuelas que han adoptado y comprendido la necesidad del uso de las TIC, aumentan su uso en varias áreas temáticas con herramientas y software específicos, pudiendo lograr el paso a la siguiente etapa. En la etapa de inclusión se incorporan las TIC en el plan de estudios, en donde muchas escuelas utilizan diversas tecnologías y dispositivos como computadores en gran parte de la institución. La siguiente etapa hace énfasis a un enfoque transformador, las TIC se convierten en parte fundamental de las escuelas, modificando la productividad personal y práctica profesional. El plan de estudios está centrado en el estudiante, logrando llegar a integrar muchas de las áreas temáticas en el mundo real y solucionar problemas (Unesco, 2002).

Con respecto al modelo de cuatro etapas presentado en el proyecto nets (ISTE, 2008), se incorpora una matriz de valoración que describe las pautas que se deben considerar para el uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje. El nivel principiante hace alusión a los docentes que realizan procesos de formación en el uso de las TIC o aquellos docentes que las incorporan como un instrumento para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. En nivel medio están los docentes que han adquirido más dominio y experticia de las TIC en ciertas áreas del conocimiento dentro de un contexto educativo. El nivel experto incluye métricas como eficiencia y efectividad como factores determinantes para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En el último nivel, transformador, los docentes por medio de las TIC tienen la capacidad de investigar, aplicar y generar nuevo conocimiento e ideas innovadoras que sirven como solución a problemas y necesidades de la sociedad (ISTE, 2008).

(Adelle, 2008), en su modelo contempla cinco etapas, en la primera etapa, acceso los docentes adquieren un conocimiento elemental sobre tecnología. Posteriormente, en etapa de adopción el docente incorpora la tecnología como una herramienta para reemplazar y apoyar los procesos y actividades que hacía de manera tradicional. En la siguiente fase, adaptación, por medio de la incorporación tecnología a los procesos de enseñanza se incrementa la productividad. La fase de apropiación hace énfasis a la investigación y experimentación con la tecnología, logrando

realizar cosas que antes no se hacían por falta de experticia y conocimiento. Por último, en la etapa de innovación se genera nuevo conocimiento por medio de la tecnología, cuya característica principal es la creatividad.

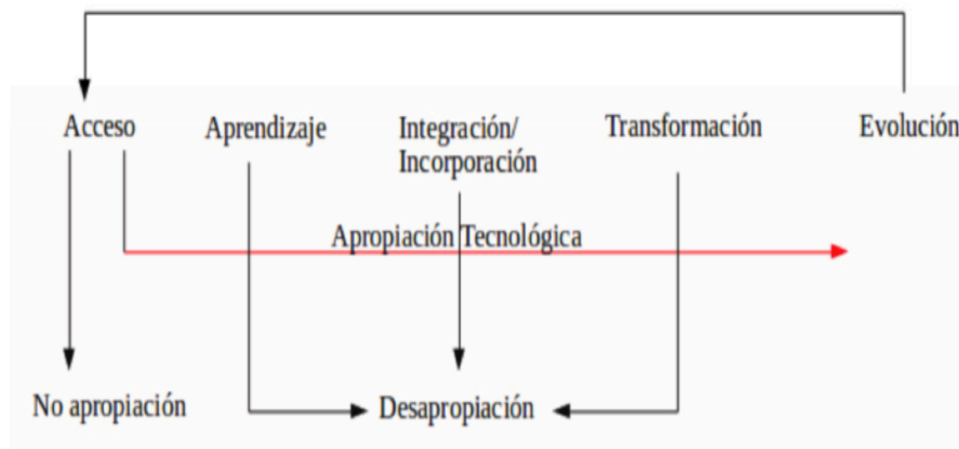
(Quezada & Pérez, 2016) plantean un modelo de cuatro etapas y dejan en consideración una quinta. Los autores consideran como primera instancia el acceso y la definen como el primer acercamiento que tiene la tecnología con las personas, donde éstas pueden optar por rechazar o aceptar las nuevas tecnologías. En la etapa de aprendizaje se hace hincapié a la apropiación, que por medio de pedagogías se realiza una alfabetización para romper las brechas entre las personas y la tecnología. En esta etapa la tecnología se denomina tecnología en uso. La etapa de integración/ incorporación, las personas adoptan y conviven con la tecnología, tienen un mayor entendimiento de sus usos y potenciales, pero no necesariamente están en la capacidad de generar un nuevo conocimiento. El impacto en esta etapa es tanto para las personas como para la sociedad.

En la siguiente etapa algunas personas adaptan y modifican la tecnología según las necesidades e intereses a partir de un conocimiento y experiencia adquirida, y con capacidad de generar nuevo conocimiento. Estos cambios se pueden relacionar a transformaciones a nivel social permitiendo modificar el uso de la tecnología por parte de la sociedad. Cuando las transformaciones de una tecnología toman una dimensión mayor se les puede denominar evolución tecnológica, que corresponde a un proceso de cambio durante el paso del tiempo en una tecnología, modificando los modos de apropiación intrínsecos y extrínsecos, ejemplo teléfono móvil/Smartphone (Quezada & Pérez, 2016).

Después de realizar el análisis de los modelos planteados anteriormente por los autores, se decide tomar el modelo de (Quezada & Pérez, 2016), el cual se ajusta más a la estructura modelo de seguridad alimentaria para las personas de las zonas urbanas y periurbanas del Valle de Aburrá. Si bien, inicialmente se toman las primero cuatro etapas del modelo, se deja abierta la posibilidad de la etapa de la evolución, que dependerá en gran medida del éxito de las cuatro primeras etapas. En la Figura 2-6 se ilustra el modelo propuesto por (Quezada & Pérez, 2016).

34 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 2-6: Modelo de las etapas de apropiación de las TIC



Nombre de la fuente: (Quezada & Pérez, 2016)

2.2.3 Métricas

Se consideran dos métricas dentro de los mecanismos de apropiación tecnológicas: nivel de aprendizaje e indicadores de logro.

▪ Nivel de aprendizaje

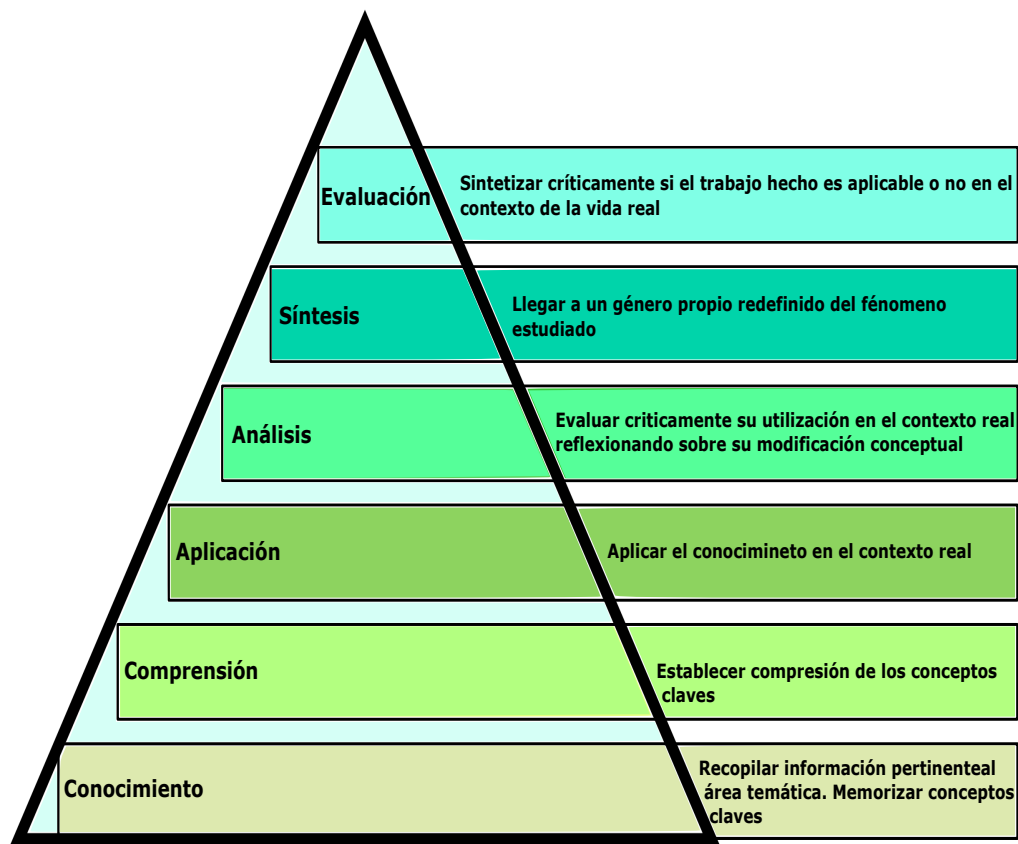
Esta métrica se evalúa tomando como referencia la taxonomía de Bloom renovada, presentada inicialmente por el Dr. Benjamin Bloom (Hyder & Bhamani, 2017). El propósito del modelo taxonómico de Bloom es asegurar que el aprendizaje se transforme en niveles más altos de pensamiento, en lugar de un mero acto o proceso de recordar los hechos en una estructura bien definida (Rupani, 2011). Además, garantizar que los resultados del aprendizaje se diseñen de tal manera que permitan a los docentes llevar gradualmente a los alumnos desde la adquisición de información sobre la materia hasta su aplicación práctica en el contexto real y, en última instancia, crear significado propio de lo mismo (Riazi, 2010).

La taxonomía de Bloom se compone de seis niveles conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación (Bloom, 1956). En la Figura 3-6 se presenta los niveles de la

taxonomía de Bloom. Aunque existen otros esquemas jerárquicos que otorgan taxonomía al aprendizaje como el propuesto por (Komárek, & Mares, 2012), el de Bloom es el más destacado. En la Figura 2-7 se presenta el modelo de nivel de aprendizaje planteado por Bloom.

El nivel del conocimiento es un requisito para el alumno poder memorizar los temas aprendidos previamente y revisarlos a medida que se han aprendido, y así lograr recordar hechos, condiciones, pensamientos fundamentales y respuestas. En siguiente nivel, que es la comprensión, el alumno debe poder ilustrar la comprensión de hechos y pensamientos mediante la categorización, comparación, traducción, comprensión, realización de descripciones y condicionar las ideas principales. Así mismo podrán reformular la información usando sus propias declaraciones, interpretar el conocimiento por medio de diagramas, tablas, gráficos, y dibujos (Krau, 2011).

Figura 2-7: Modelo de nivel de aprendizaje planteado por Bloom



Nombre de la fuente: Modificado por el autor

36 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

El nivel de aplicación el alumno es capaz de resolver problemas aplicando los nuevos conocimientos adquiridos, información obtenida, hechos y estrategias de una manera diferente. El análisis va a permitir que el alumno observe y divida el conocimiento en partes al reconocer propósitos, razones o inferencias y encontrar confirmación para apoyar la generalización. En la síntesis, el alumno de manera individual recopila información de una manera diferente uniendo fundamentos en un nuevo modelo o sugiriendo alternativas, y lograr diseñar experimentos y probar hipótesis.

En último nivel el alumno puede presentar y defender opiniones por medio de la construcción de juicios sobre conocimiento, fuerza de pensamiento o excelencia de trabajo basado en un conjunto de principios (Anees, 2017).

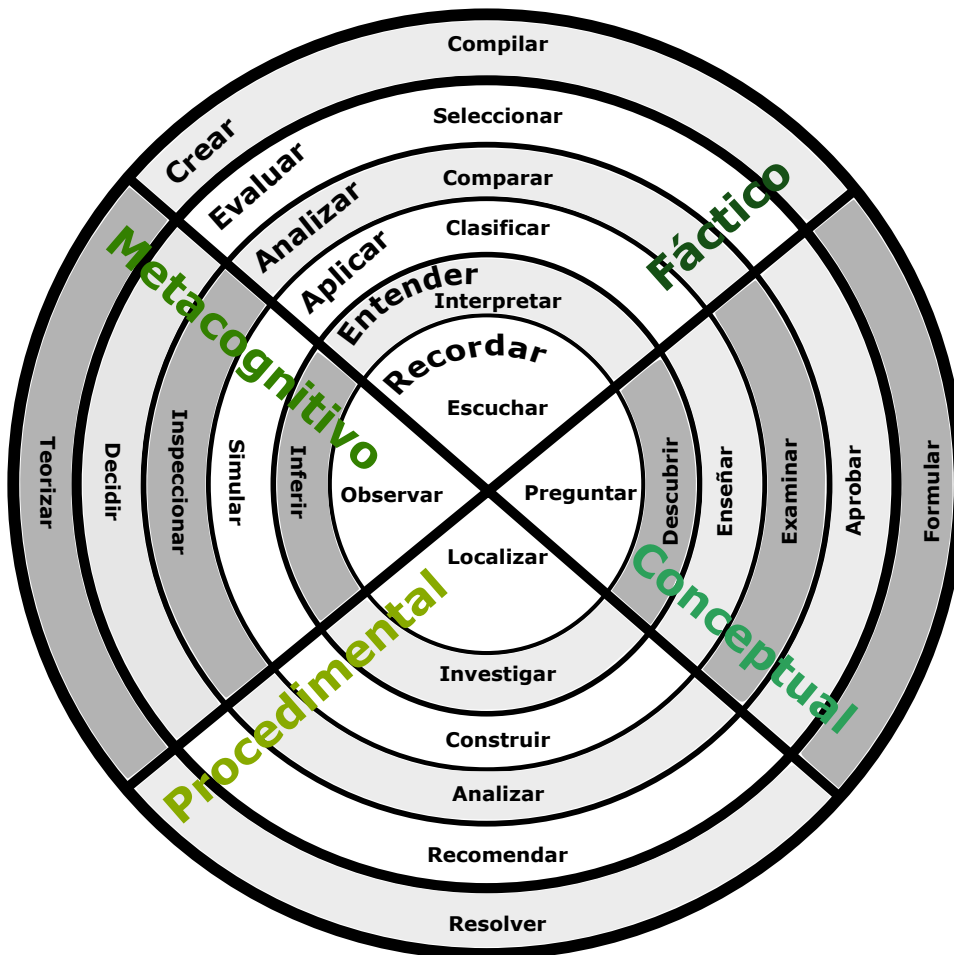
En año 2001 la taxonomía fue revisada por David Krathwohl (Anderson & Krathwohl, 2001), uno de los colaboradores de Bloom y su grupo de investigadores, dando y origen a La taxonomía de Bloom revisada o taxonomía para la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. La descripción revisada usó verbos dinámicos en lugar de los sustantivos originales para describir el pensamiento del alumno: Conocimiento se cambió a Recordar, Comprensión se convirtió en Entender, Aplicar, Analizar, Evaluar y Síntesis pasó a llamarse Crear (Tuma & Nassar, 2021).

La taxonomía de Bloom revisada se divide en dos dimensiones: la dimensión del proceso cognitivo y del conocimiento. La primera se refiere los verbos que describen acciones específicas como recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar, crear) que aumentan en complejidad y el requisito cognitivo. La dimensión del conocimiento permite a los estudiantes progresar del pensamiento concreto al más abstracto en una construcción definida por conocimiento fáctico, conceptual, procedimental y metacognitivo.

En el diseño de objetivos para una actividad o curso, estas dos dimensiones se usan conjuntamente, y todos los verbos en la dimensión del proceso cognitivo se pueden emplear en

cualquier área de la dimensión del conocimiento (Waite et al., 2020). En Figura 2-8 se muestra la taxonomía de Bloom revisada.

Figura 2-8: Taxonomía de Bloom revisada



Nombre de la fuente: Modificado por el autor

▪ **Indicadores de logro**

Se opta por seleccionar los indicadores de evaluación terciaria (IET) (NZQA, 2016), desarrollados en 2009 y revisados en 2010 por el Marco de Calificaciones en Nueva Zelanda (NZQA), por sus siglas en inglés. Estos indicadores Siguen los principios del marco de aseguramiento de la calidad evaluativa (MACE), lo que significa que: i) se basan en las necesidades; ii) se centran en los resultados; iii) son flexibles en su aplicación; iv) equilibran la confianza y la responsabilidad; v) no conciben la calidad de una sola manera. El objetivo principal de las IETs es proporcionar a

38 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

las organizaciones de educación terciaria (OETs) puntos comunes de referencia de lo que puede ser "bueno" en la educación y la formación. El peso de cada indicador puede variar según el tipo OET, además de la educación que proporciona, naturaleza de sus programas y las características de los alumnos. Los indicadores proponen factores que podrían ser relevantes cuando se considera el desempeño educativo y capacidad de autoevaluación en las OETs, pero el uso e interpretación varía según el contexto de uso (NZQA, 2016).

Las OETs deben emplear la tabla de los IETs para identificar qué indicadores son los más relevantes, cómo se aplican en su contexto, la naturaleza, los tipos, el alcance y la calidad de las pruebas disponibles. Las IETs proporcionan un esquema organizado para resolver preguntas sobre la evaluación en las instituciones educativas, sin embargo, es flexible y permite incluir nuevos indicadores. Estos indicadores son un apoyo para que los estudiantes puedan alcanzar el mayor éxito posible mediante la provisión, logro y resultado, y poder incluir aquellos estudiantes que requieren educación y habilidades básicas. En la Figura 2-9 se presenta la tabla con IETs (NZQA, 2016).

Las preguntas claves se dividen de la siguiente forma: la pregunta 1 y 2 se relacionan con los resultados de educación terciaria y las otras cuatro preguntas están relacionadas con los procesos claves que contribuyen o están asociados con los resultados. En relación con la pregunta 1, ¿Qué tan bien se desempeñan los estudiantes? Los logros de los estudiantes involucran:

- Finalización del curso(s)/calificación(es)
- Evidencia de que los estudiantes obtienen los conocimientos, habilidades y atributos del programa o calificación en el nivel
- Evidencia de ganancias en habilidades personales, cognitivas, estudio, comunicación y sociales

- Evidencia del 'valor agregado' para los estudiantes como se demuestra a través del seguimiento académico y progreso personal (para individuos y/o grupos o cohortes de estudiantes) (NZQA, 2016)

Figura 2-9: Indicadores de evaluación terciaria (IET)

Indicadores de evaluación terciaria

← Resultados de los indicadores Indicadores del proceso →

Logros y resultados	Necesidades que se ajustan al programa	Compromiso del estudiante	Gobernanza y gestión	Cumplimiento
Estos indicadores son relevantes para evaluar: 1. Qué tan bien se desempeñan los estudiantes? 2. Cuál es el valor de los resultados para las partes interesadas, incluidos los estudiantes?	Estos indicadores son relevantes para evaluar: 3. Qué tan bien se hace el diseño del programa y se entrega, incluido el aprendizaje y actividades de evaluación, coinciden las necesidades de los estudiantes y otros partes interesadas relevantes?	Estos indicadores son relevantes para evaluar: 4. Qué tan efectivamente se apoya e involucra a los estudiantes en su aprendizaje?	Estos indicadores son relevantes para evaluar: 5. Cuán efectiva es la gobernanza y gestión en el apoyo al logro educativo?	Estos indicadores son relevantes para evaluar: 6. Cuán efectivos son las responsabilidades de cumplimiento administrado?
Los estudiantes adquieren habilidades útiles y conocimientos y desarrollan sus habilidades cognitivas	Los programas mantienen la relevancia para las partes interesadas y comunidades	Los objetivos de aprendizaje de los estudiantes están bien comprendidos	El propósito y dirección de la organización es claro	Las políticas y prácticas son legales y éticas
Los estudiantes completan cursos y/o obtienen calificaciones	Los programas se revisan periódicamente y se actualizan para cumplir con los requisitos existentes y necesidades emergentes de los estudiantes y partes interesadas	La información sobre el estudio oportuno y comprensivo brinda asesoramiento para ayudar a los estudiantes a perseguir su vocación	El Liderazgo académico organizacional es efectivo	La OET tiene cumplimiento efectivo de los procesos de gestión
Los estudiantes obtienen un empleo relevante y/o se acoplan con éxito con estudios mas avanzados	Los entornos de aprendizaje están planificados y estructurados para el beneficio y necesidades de los estudiantes	Las respuestas a las necesidades de bienestar de los estudiantes son apropiadas	Se asignan recursos suficientes para apoyar el aprendizaje, la enseñanza y la investigación	La legislación, reglas y regulaciones más relevantes son cumplidas
Los estudiantes aplican nuevas habilidades y conocimiento y contribuyen positivamente a sus comunidades locales	Los estándares académicos y la integridad se mantienen	El entorno de aprendizaje es inclusivo	El análisis de los datos se utiliza de manera eficaz en toda la organización	
Los estudiantes mejoran su bienestar y potencian sus habilidades y atributos	Las actividades de aprendizaje y los recursos son eficaces para involucrar a los estudiantes	Las políticas y los procedimientos minimizan barreras para el aprendizaje	El reclutamiento y desarrollo del personal es efectivo	
	Las partes interesadas, incluidos los estudiantes, están claramente identificados y el compromiso es el apropiado y en curso	Los estudiantes tienen oportunidades para aplicar conocimientos y habilidades en una variedad de contextos	El personal es valorado	
	La evaluación es justa, válida, consistente y apropiada	Los estudiantes son apoyados para establecer apoyo social y redes de soporte académico eficaces	La organización educativa se anticipa y responde con eficacia al cambio	
	La evaluación proporciona a los estudiantes y maestros por medio de retroalimentaciones útiles su progreso	Los estudiantes reciben información útil y retroalimentación oportuna sobre su progreso	La innovación, capacidad de respuesta y continuidad están equilibradas	
	Las actividades de aprendizaje y las tareas evaluativas están alineadas deliberadamente con los resultados del aprendizaje		La OET opera de forma sostenible el modelo de negocio, el cual está alineado con su finalidad educativa	

Nombre de la fuente: Modificado por el autor.

40 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Para la pregunta 2, Los posibles resultados incluyen beneficios e impactos a corto, mediano y largo plazo como:

- Mejora las destrezas personales y cognitivas, habilidades y atributos (estudiantes/graduados)
- Volverse empleable y/o obtener un empleo relevante (estudiantes/graduados)
- Se satisfacen las necesidades regionales/nacionales de empleo, negocios e industria (estudiantes/graduados/partes interesadas)
- Mayores beneficios sociales, económicos, culturales o ambientales (estudiantes/graduados/partes interesadas) (NZQA, 2016).

En respuesta a la pregunta 3, ¿Qué tan bien se hace el diseño del programa y se entrega, incluido el aprendizaje y actividades de evaluación, coinciden las necesidades de los estudiantes y otros partes interesadas relevantes? Esta pregunta aborda el diseño y la entrega de programas que se ajusten a las necesidades de los estudiantes y las partes interesadas. El diseño del programa (incluyendo actividades de aprendizaje y tareas de evaluación) deben alinearse con los resultados de aprendizaje previstos y los resultados esperados del perfil de egresado (NZQA, 2016).

Un buen apoyo y orientación ayudan a los maestros y a otras personas a identificar y responder a las necesidades de los estudiantes. También ayudan a involucrar a los estudiantes de manera activa y exitosa, y a mantenerlos comprometidos hasta la finalización de su curso. Esto hace referencia a la pregunta 4, ¿Qué tan efectivamente se apoya e involucra a los estudiantes en su aprendizaje? (NZQA, 2016).

La siguiente pregunta, ¿Cuán efectiva es la gobernanza y gestión en el apoyo al logro educativo? Esta pregunta trata sobre un enfoque sistemático y propositivo de toda la organización para maximizar el rendimiento educativo. El enfoque debe ilustrar un propósito claro organizacional,

informado por la autorreflexión basada en datos dirigidos alcanzar objetivos articulados, coherentes y claros (NZQA, 2016).

La última pregunta, ¿Cuán efectivos son las responsabilidades de cumplimiento administrado? Esta pregunta se enfoca principalmente en qué tan bien la OET maneja sus responsabilidades regulatorias bajo la Ley de Educación y Capacitación de 2020 y las reglas asociadas de NZQA. Esto significa una efectiva autogestión de la OET de:

- Procesos para gestionar el cumplimiento
- Cumplimiento de las normas pertinentes de la NZQA, incluidas las aprobaciones de programas (NZQA, 2016).

2.3 Entornos de aprendizaje

La aparición y adopción de las tecnologías emergentes en la educación han planteado cambiar la metodología tradicional de aprender y enseñar desde las aulas de clase a una metodología más interactiva y ágil, la cual puede ser efectiva y eficiente con las herramientas de simulación de aprendizaje adecuadas e instructores o profesores capacitados. Diversas investigaciones han identificado factores que son la clave de las buenas prácticas de enseñanza por parte de los docentes donde destacan los procesos de calidad en el aula (Wang, 2022). En los últimos años se han desarrollado las dimensiones del modelo de calidad instruccional, conformado por tres dimensiones las cuales son gestión del aula de clase, apoyo personal al aprendizaje y activación cognitiva (Klieme et al., 2009) y (Lipowsky et al, 2009).

La gestión del aula se refiere a la creación de un entorno de aprendizaje seguro y estimulante. Este término combina la personalidad del docente, sus habilidades y conducta profesional diseñada para llevar todos sus roles profesionales, así como los procesos que se dan en un grupo de estudiantes y los resultados de estos procesos (Wang et al., 1993). Además, este concepto abarca diversos aspectos como la gestión del espacio, tiempo, actividades, materiales, mano de obra, relaciones sociales y comportamiento de los estudiantes (Djigic & Stojiljkovic, 2011). El apoyo personal al aprendizaje se refiere a la ayuda y acompañamiento brindado por el maestro a los estudiantes, la relación entre los estudiantes y el maestro, así como la retroalimentación constructiva (Wang, 2022). (Klieme et al., 2009) y (Lipowsky et al, 2009) describen la activación cognitiva como establecer tareas desafiantes, practicar el discurso

42 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

relacionado con el contenido y activar el conocimiento previo, además definen tres elementos que son claves en la activación cognitiva: nivel cognitivo de los estudiantes, instrucción conceptual y discurso reflexivo.

El avance en la tecnología ha permitido el desarrollo de entornos de aprendizaje más sociales, interactivos, flexibles y centrados en el estudiante, definidas como “aulas inteligentes”. Las aulas inteligentes se refieren a un aula física que integra formas avanzadas de tecnología educativa para aumentar la capacidad de los instructores y poder facilitar el aprendizaje de los estudiantes al igual que la capacidad de los estudiantes para participar en experiencias de aprendizaje educativo de más alto nivel (MacLeod et al., 2018). Dentro de los entornos de aprendizaje de la metodología propuesta se consideran aspectos como la pedagogía, sensibilización alimentaria y actividades lúdicas, que son fundamentales para el desarrollo y adopción del modelo.

2.3.1 Pedagogía

La pedagogía utilizada dentro de los entornos de aprendizaje es la basa en problemas, que a continuación se profundiza más sobre ella.

▪ Aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) surgió como solución a los programas de educación terciaria, con el fin de preparar y entrenar a los estudiantes de medicina a un contexto práctico. Esta enseñanza de origen constructivista presenta uno o varios problemas desconocidos para los estudiantes y se les otorgan diferentes herramientas y estrategias para darle solución a los problemas. Uno de los objetivos del ABP es fomentar el aprendizaje autodirigido, la solución efectiva a los problemas, comunicación y las habilidades colaborativas. En el desarrollo de las actividades el maestro actúa como tutor o guía para monitorear el proceso de los estudiantes. Usualmente los estudiantes trabajan en grupos de forma colaborativa para darle solución a los problemas que se les plantean (Lonergan, 2022).

Se ha demostrado que el ABP genera una comprensión más profunda de un tema, una mayor retención de información y hábitos positivos de aprendizaje permanente en las personas [108] (Brown, 2022). Según (Dolmans & Gijbels, 2013) el ABP tiene las siguientes características:

- Aprendizaje en pequeños grupos;
- Un profesor facilita el aprendizaje en el grupo;
- El aprendizaje tiene lugar por medio de problemas que primero se discuten en el grupo;
- Aprendizaje por medio del autoaprendizaje, seguido de una discusión.

(Capon & Kuhn, 2004) plantean que existen argumentos cognitivos que demuestran que integrar el ABP en el plan de estudio favorece en aspectos como la adquisición superior de nuevo material (debido a las estructuras de conocimiento previamente activadas a las que se conecta el nuevo material), recuerdo superior de material nuevo (debido a un mayor número de vías de recuperación cognitiva) e integración superior del nuevo material con las estructuras de conocimiento existentes (lo que conduce a una reestructuración y una mayor coherencia conceptual). Así mismo existen métricas asociadas a la ABP que han sido respaldadas por investigaciones que miden los efectos en el aprendizaje como son los efectos locales y globales. Los efectos locales son aquellos que se encuentran dentro del plan de estudio y benefician el desempeño de los estudiantes en las evaluaciones, y los globales se expanden más allá del plan de estudio, donde el estudiante desarrolla hábitos de aprendizaje independiente a largo plazo. Ambos efectos son claves para el desarrollo en otros aspectos como en el rendimiento global, autopercepción y el aprendizaje permanente (Brown, 2022).

Algunos desafíos que se presentan en el ABP son relacionados con el papel que desempeña el tutor o maestro, debido al cambio que se da en la enseñanza de estilo magistral, otros son los relacionados con algunas restricciones definidas por las instituciones de educación y los programas académicos la mayoría de las veces están diseñados a objetivos y métricas que requieren las instituciones para evaluar la calidad en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

En la literatura se pueden encontrar varios modelos de construcción de problemas para mitigar algunos de los desafíos relacionados con el ABP. De acuerdo con (Duch, Groh, & Allen, 2001) las características de un buen problema en el ABP, se puede interpretar con la manera en que

44 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

el docente se gana la atención de los estudiantes, temas relacionados con el área a tratar en donde los estudiantes no tienen conocimiento, con una alta complejidad. Además, (Duch, Groh, & Allen, 2001) sugieren que el educador debe vincular los componentes del problema con los objetivos de aprendizaje del programa y contactar a expertos en el tema que puedan servir como guías a los estudiantes. En la Figura 2-10 se presenta el modelo para resolución de problemas planteado por (Jonassen, 2000).

Figura 2-10: Modelo para resolución de problemas



Nombre de la fuente: (Jonassen, 2000).

El espectro va desde problemas 'lógicos' y de 'algoritmos' que se espera que requieran reglas ya aprendidas para resolverlos, hasta 'dilemas', que tienen una gran complejidad y es posible que ni siquiera tengan una solución (Jonassen, 2000). Se podrían considerar otros aspectos dentro del modelo, pero este sería un marco útil para el desarrollo por primera vez del ABP.

2.3.2 Sensibilización alimentaria

Con el fin de garantizar que la metodología que se plantea en esta investigación se adopte de manera satisfactoria, se desarrollan un conjunto de actividades ligadas a la sensibilización alimentaria como lo son la seguridad alimentaria y nutricional, hábitos alimenticios, impacto ambiental y métodos de cultivo alternativos.

2.3.3 Actividades lúdicas

Uno de los principales retos que tienen los docentes es mantener a los estudiantes motivados, por tal razón se han realizado diversas investigaciones que buscan fomentar un aprendizaje agradable. La “*Gamification*” o gamificación del aprendizaje es un enfoque basado en la creencia que a través de los juegos se puede aprender de manera divertida. Los entornos de aprendizaje pueden propiciar un aprendizaje divertido para que los estudiantes se motiven y despierten la curiosidad. Algunos ejemplos de entornos de aprendizaje son los museos de ciencias, espacios de recreación o grupos de codificación (Tisza & Panos, 2021). Así mismo, se ha identificado la importancia de adoptar la diversión como estrategia de enseñanza en las personas adultas. Algunos investigadores señalan que las personas adultas se expresan de una manera positiva y alegre sobre los nuevos conceptos adquiridos de manera lúdica (Lucardie, 2014).

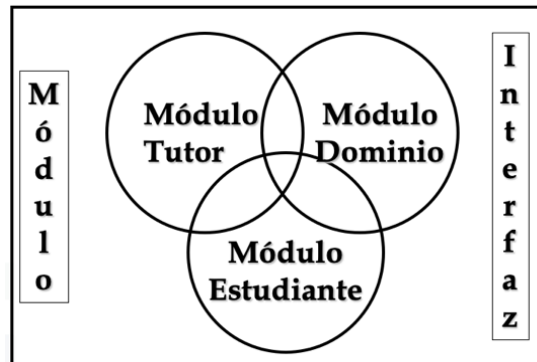
El concepto de diversión está estrechamente ligado a la interacción hombre computador (HCI), por tal motivo cuando se abordan temas como los videojuegos se despierta fácilmente el interés de las personas y lo asocian con diversión y tecnología. Las tecnologías “Maker” o de fabricación han despertado el interés de muchos investigadores por el enorme potencial que estas tienen para transformar la educación. Por consiguiente, los investigadores han considerado dos enfoques, el primero se centra en integrar estas tecnologías a los currículos de educación básica y el segundo en entornos no formales como en informática, programación o robótica (Pienimäki, Kinnula & Iivari, 2021)

▪ Sistema tutor inteligente (STI)

Son utilizados cuando además de lograr en el estudiante un nivel de destreza en el dominio de enseñanza, el sistema asume adaptativamente, las funciones de orientación y apoyo al aprendiz, tal como lo haría un tutor humano. Estos sistemas hacen un análisis del estudiante para luego plasmarlo en un modelo que viene incluido en su arquitectura. El propósito de este modelo es para observar el comportamiento de cada aprendiz para poderle brindar la estrategia pedagógica adecuada. En resumen, tratan de simular un buen maestro humano en su labor de impartir educación, son más flexibles, adaptados a los intereses del estudiante y con métodos que facilitan el proceso de aprendizaje. En la Figura 2-11 se presenta la arquitectura del STI.

46 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 2-11: Arquitectura del sistema tutor inteligente (STI)



Nombre de la fuente: (Arias, Jiménez & Ovalle, 2009)

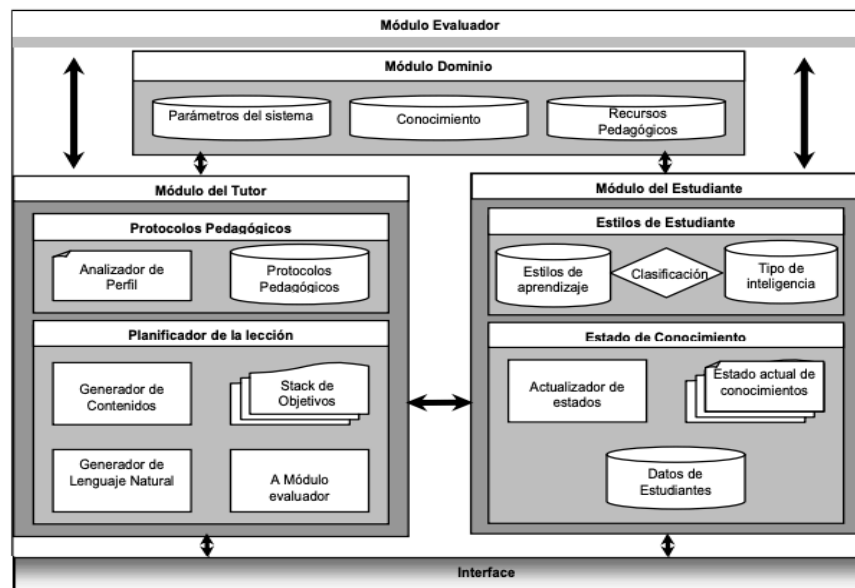
El módulo entorno gestiona la interacción de los otros componentes del sistema y controla la interfaz hombre/máquina (Durango & Pascuas, 2015), el tutor del STI se encarga de definir y aplicar la estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Además, selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado. Este módulo está compuesto de protocolos pedagógicos, que se almacenan en una base de datos con su respectivo gestor. Un planificador de lección que se encarga de organizar los contenidos de la base de datos y el analizador de perfil es el que analiza las características del alumno con el fin de seleccionar la estrategia pedagógica más conveniente (Zulma & Lage, 2009).

El diseño del módulo del alumno sucede cuando se analizan las debilidades y fortalezas del alumno en el momento de asimilar los contenidos de una asignatura. Proporciona información que puede ser retroalimentada a través del ITS y tiene estrecha vinculación con los contenidos y el método pedagógico del módulo del tutor, con los que se instruyen al estudiante, así como con la interfaz de usuario en la que se presentan los contenidos por el módulo de dominio (Suárez et al., 2016).

El módulo dominio proporciona los conocimientos presentados en forma adecuada para que el alumno pueda adquirir las habilidades y conceptos, es decir, la capacidad de generar preguntas, explicaciones, respuestas y tareas, y además debe ser capaz de dar respuesta a los problemas y corregir las soluciones presentadas y analizar las diferentes aproximaciones válidas a la solución (Zulma & Lage, 2009). Según (Anderson, 1988), los modelos expertos se pueden agrupar en tres categorías. En el de caja negra se pueden resolver los problemas sobre el dominio, y las soluciones a los problemas planteados se usan como ejemplo para que los alumnos puedan determinar si las soluciones presentadas correctas o incorrectas.

Por otra parte, en el de caja de cristal cada paso en el razonamiento puede ser revisado e interpretado. Para construirlo, se debe utilizar la metodología de un sistema experto. Por último, el objetivo de los modelos cognitivos es descomponer el conocimiento en componentes con significado, y usar ese conocimiento de modo similar al humano. La construcción de modelos cognitivos es complicado y largo, ya que se requiere determinar los componentes psicológicos fundamentales para el modelo del aprendizaje y poder reducir la complejidad computacional (Anderson, 1988). En la Figura 3-12 se presenta el esquema de un STI con sus módulos principales.

Figura 2-12: Esquema de un STI con sus módulos principales

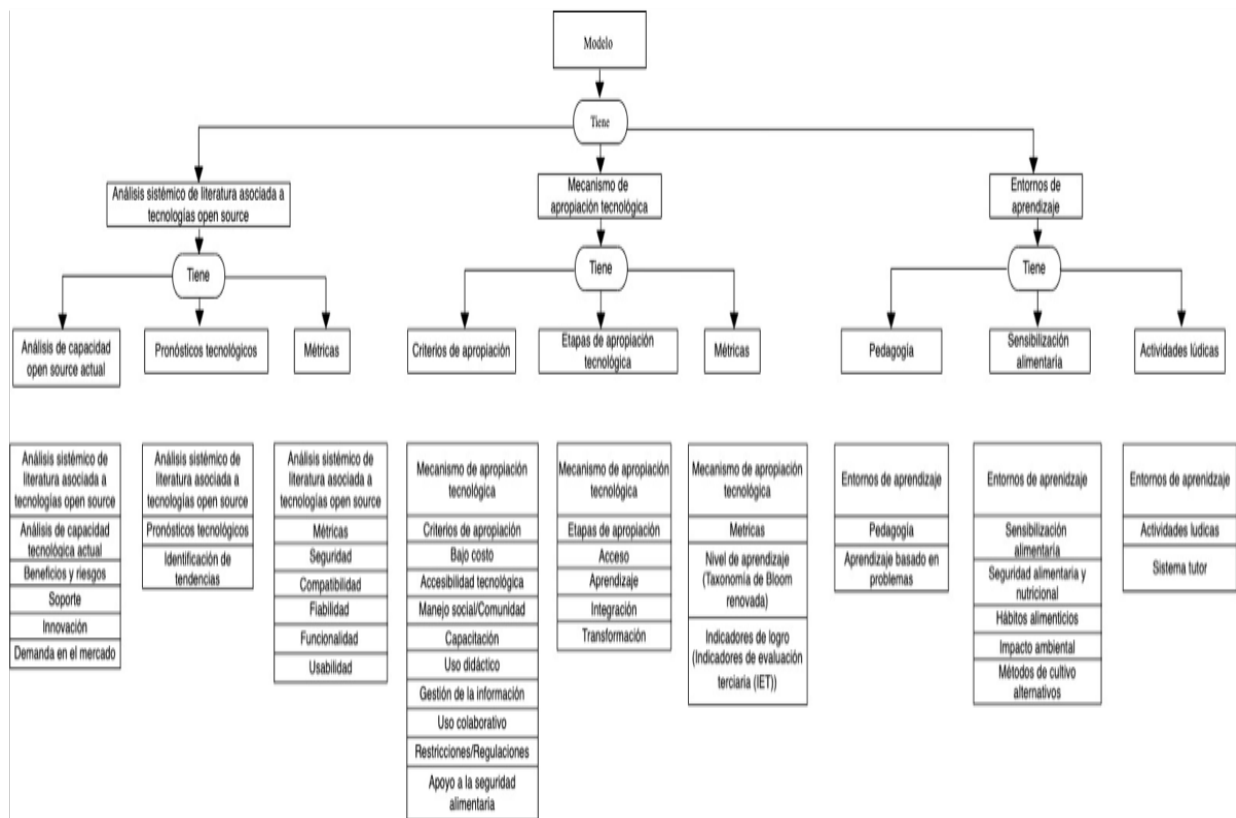


Nombre de la fuente: (Cataldi & Lage, 2009)

48 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

En la Figura 2-13 se presenta el modelo para la apropiación de la tecnología orientada al mejoramiento de la seguridad alimentaria.

Figura 2-13: Modelo para la apropiación de la tecnología orientada al mejoramiento de la seguridad alimentaria



Nombre de la fuente: Autor

Todo lo anteriormente discutido hace parte del diseño metodológico propuesto en esta tesis, siendo pertinente mencionar que los requerimientos fueron incorporados como parte del diseño metodológico en la etapa de “Mecanismos de apropiación tecnológica”, entre los cuales se contemplan el bajo costo, accesibilidad tecnológica, uso didáctico y apoyo a la seguridad

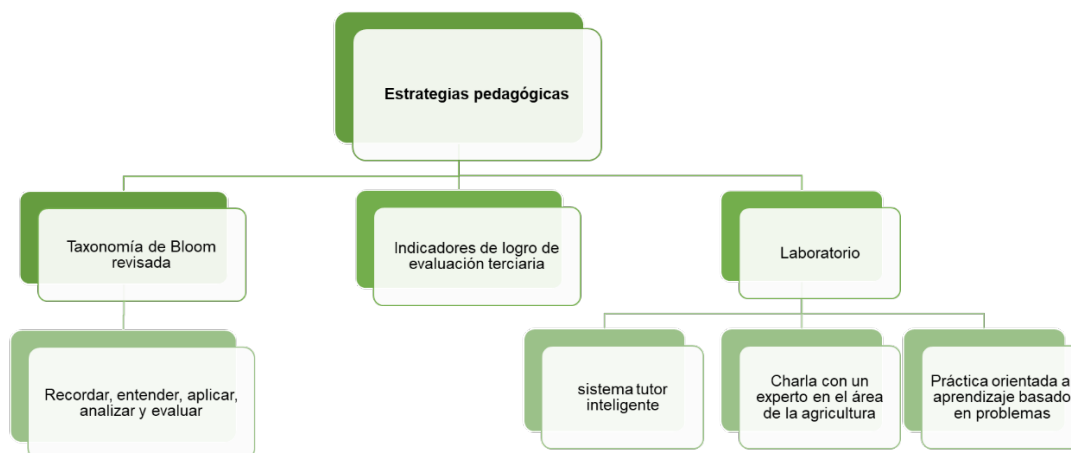
alimentaria. Igualmente, se incorporan agentes sociales como el manejo social/comunidad con el fin de garantizar que sean los entes territoriales de orden municipal o departamental los actores responsables de las adquisiciones de los componentes necesarios para la construcción del prototipo y los costos que este conlleva.

3. Implementación de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta y el correcto uso de las tecnologías que esta incorpora por parte de la población vulnerable

3.1 Conjunto de estrategias pedagógicas que faciliten la apropiación de la metodología propuesta

El modelo la Figura 2-13 incorpora las estrategias pedagógicas para la apropiación de la tecnología orientada al mejoramiento de la seguridad alimentaria como se ilustra en las etapas de mecanismos de apropiación tecnológica y entornos de aprendizaje como se ilustra en la Figura 3-1.

Figura 3-1 Estrategias pedagógicas



Nombre de la fuente: Autor

La taxonomía de Bloom revisada incorpora dos dimensiones: la dimensión del proceso cognitivo y del conocimiento. La primera se refiere los verbos que describen acciones específicas como recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar, crear, que aumentan en complejidad y el requisito cognitivo. La dimensión del conocimiento permite a los estudiantes progresar del pensamiento concreto al más abstracto en una construcción definida por conocimiento fáctico, conceptual, procedimental y metacognitivo, tal como se muestra en la Figura 2-8. El conocimiento fáctico se basa en hechos reales, el conceptual establece conceptos en forma de lenguaje, el procedimental se refiere al saber como hacer y saber hacer. El metacognitivo hace alusión a la capacidad de las personas de hacer juicios sobre sus pensamientos.

Los indicadores de evaluación terciaria (IET) establecen el nivel de conocimiento obtenido durante las pruebas piloto conducidas en este trabajo. Se contemplaron diez pruebas denotadas de P1 a P10 como se indica en la Figura 4-23. Estas pruebas se llevaron a cabo en diferentes secciones del curso en la plataforma Moodle, las cuales se consigan a continuación.

- P1. ¿Cuáles son las principales diferencias entre la agricultura urbana y la tradicional?
- P2. ¿Cuáles son las dimensiones de la seguridad alimentaria?
- P3. ¿Que son las redes de seguridad alimentaria?
- P4. ¿En el método aeropónico las raíces de las plantas están todo el tiempo disuelto en un solvente de nutrientes?
- P5. Porque es importante la industria 4.0 en la agricultura?
- P6. ¿Cuántos sensores se pueden desplegar y configurar dentro de un cultivo inteligente?
- P7. ¿Qué factores influyen en el crecimiento de un cultivo?
- P8. ¿Cuáles son las variables ambientales que mide el sistema híbrido construido propuesto por los autores?
- P9. ¿Porque es impostaste el uso de nuevas tecnologías como la visión artificial para el monitoreo de los cultivos?
- P10. ¿Cuál es la variable ambiental principal para garantizar el correcto desarrollo de las plantas?

El laboratorio está compuesto por un sistema tutor inteligente virtual en la plataforma Moodle, cuyo nombre del sitio es smartfood.moodlecloud.com, (Anexo A). Además, el grupo piloto tuvo interacción con un experto en al área de agricultura para resolver dudas relativas al curso de Moodle. El primer curso “Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria”,

52 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

se realiza una encuesta sobre hábitos alimenticios, además se abordan temas como las dimensiones de la seguridad alimentaria, duración de la seguridad alimentaria, la vulnerabilidad y el hambre, la malnutrición y la pobreza.

El segundo curso, Métodos alternativos para la producción de alimentos, se divide en siete temáticas, la primera denominada una introducción a la agricultura urbana, donde a través de ayudas audiovisuales se apoya el tema de estudio. En los temas dos, tres y cuatro se explican los métodos de cultivo alternativo como son la aeropónica, hidroponía y acuaponía, respectivamente. En el quinto tema se habla de la sensórica aplicada en la agricultura en general, el impacto ambiental se trata en la siguiente temática y por último se realiza un estudio de las variables ambientales que inciden en los cultivos. El tercer curso se realiza una descripción y funcionamiento del sistema híbrido en donde en la primera parte se realiza se describen los componentes del sistema, arquitectura y funcionamiento. En la siguiente sección se estudian los factores que influyente en la formulación de soluciones nutritivas y finalmente las variables ambientales del sistema.

En la práctica orientada al aprendizaje basado en problemas se realiza una práctica experimental con el fin de que las personas por medio de una serie de problemas que se les plantea puedan entender más el funcionamiento del prototipo híbrido construido. Además, se integran los aplicativos como aplicación móvil y servidor web IoT para que los participantes puedan apropiarse de forma didáctica de estas tecnologías, herramientas y servicios de apoyo para una fácil comprensión del funcionamiento de las tecnologías que este modelo incorpora.

3.2 Elementos del experimento

3.2.1 Descripción y funcionamiento del sistema

Básicamente el sistema tiene como objetivo principal asegurar las condiciones adecuadas de los cultivos y los peces mediante el monitoreo de las variables ambientales tales como pH,

temperatura, humedad, nivel y clorosis de las plantas. Por tal motivo se deben realizar tareas constantes y otras periódicamente para garantizar el correcto funcionamiento del ecosistema.

El sistema híbrido automatizado, está diseñado bajo los tres métodos de producción sostenible: aeropónico, hidropónico y acuapónico, tomando este último como base para construcción del dispositivo por los siguientes motivos:

- Integración de la hidroponía.
- El beneficio e interacción que se da entre las plantas, peces y microorganismos en la producción de alimentos orgánicos.
- Los desechos metabólicos de los peces se aprovechan como nutrientes para los cultivos, mientras que las plantas se encargan de eliminar los compuestos como amoníaco y nitratos que son tóxicos para los peces.
- El sistema acuapónico es beneficioso incluso en un entorno crítico como el de los desiertos, climas cálidos y fríos.

En la parte inferior, se encuentra un contenedor principal con agua donde habitan los peces y se ubican dispositivos como la minibomba de agua encargada de la recirculación del agua del sistema y un aireador para oxigenar el agua. En este depósito se encuentran dos sensores, uno de pH para medir la alcalinidad del agua y otro de nivel, para garantizar el mínimo agua para evitar daños en la minibomba de agua. En la parte superior se encuentran dos bandejas o recipientes, una de ellas para el cultivo de lentejas en la que se emplea la aeroponía y en la otra se toma la hidroponía como método para el cultivo de alverja.

En esta sección se encuentran los sensores de humedad y temperatura encargados de sensar las variables ambientales y poder garantizar las condiciones ideales del ambiente controlado para los peces y el cultivo. La selección del cultivo se hace con relación a los índices de nutrientes que otorgan al cuerpo, fácil incorporación a cualquier dieta nutricional y rápida germinación

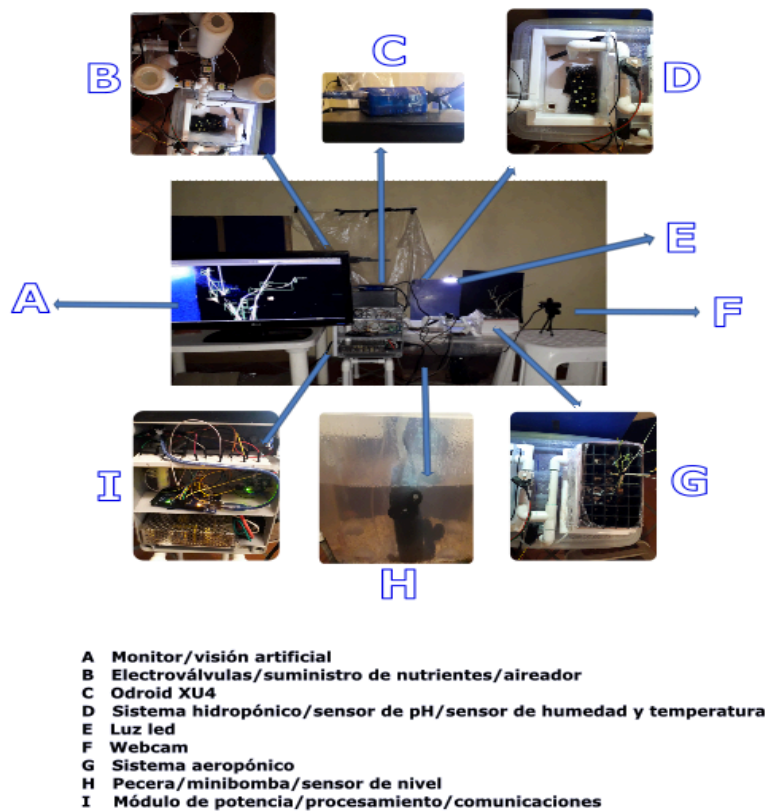
El funcionamiento del sistema se divide en tres tareas; sensado de las variables ambientales y calidad de las plantas; control de actuadores y suministro de nutrientes; transmisión de los datos a los servidores Thingspeak y Firebase. Inicialmente se debe garantizar que el sistema realice la ejecución automática de las ordenes programadas en los algoritmos, por consiguiente, para la

54 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

automatización del minicomputador Odroid XU4 se hace uno del cron, que son daemons o demonios, que permiten la ejecución de cada uno de los procesos y tareas del sistema requeridas de manera automática y programada.

En la Figura 3-2 se presenta el prototipo construido y sus partes.

Figura 3-2: Prototipo construido y sus partes



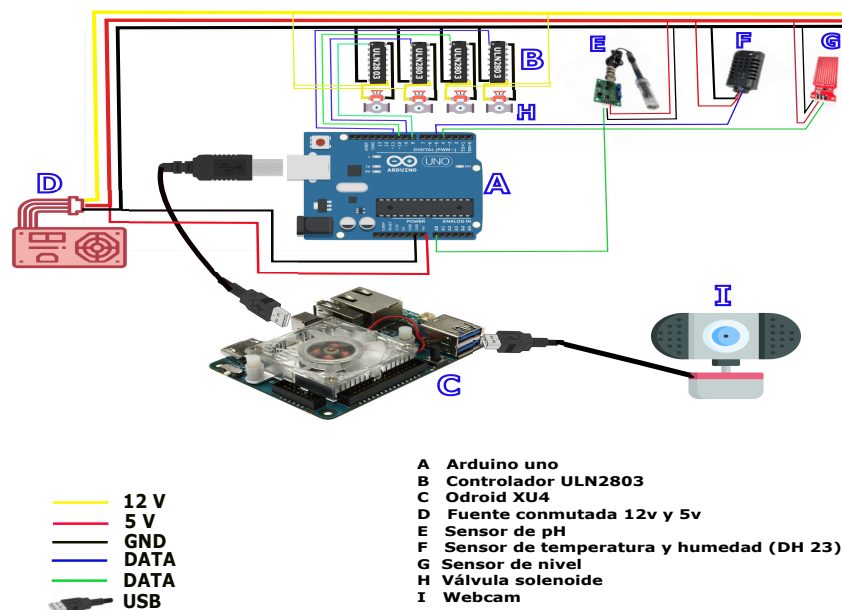
Nombre de la fuente: Autor

Para el sensado de las variables de hace uso de la placa de procesamiento Arduino Mega, en el cual mediante el lenguaje de programación C++ se diseña un algoritmo para que realice un muestreo cada 2 segundos de las variables ambientales del sistema y enviar los datos de obtenidos por los sensores por el puerto serial al minicomputador con Linux embebido Odroid

XU4, en cual por medio del lenguaje de programación Python se procesan los datos y se envían al servidor web IoT Thingspeak y Firebase de manera inalámbrica por medio de la red Wifi. El valor de referencia de la temperatura está entre 25 °C Y 28 °C, el de la humedad es de entre 50 y 75, el del pH entre 7 y 8, y el del nivel no puede estar por debajo del 70 %, en caso de que esta condición no se cumpla se realizara una notificación automática por medio de los múltiples servicios explicados más adelante.

El modelo propuesto no especifica una implementación particular para interiores o exteriores. Sin embargo, para instalaciones interiores se deberán incorporar fuentes de luz, preferiblemente led, y un mecanismo para detección de clorosis (ver página 15). Tal mecanismo puede ser implementado a bajo costo mediante técnicas de visión por computador. En la Figura 3-3 se Observa como una cámara se conecta al dispositivo de procesamiento principal para la detección de clorosis y el módulo de control y conexiones. En el caso de instalaciones exteriores, la visión por computador puede ser omitida para reducir costos.

Figura 3-3: Módulo de control y conexiones.



Nombre de la fuente: Autor

56 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

El procesamiento que se lleva a cabo para la detección de clorosis se describe a continuación. La imagen es captada por el dispositivo de video, por lo cual se hace uso de la librería de código abierto de visión por computador OpenCV. Como la clorosis se detecta a nivel de color, se trabaja con un algoritmo simple de detección de color, en donde se toma la imagen con formato RGB, pero por trabajar con OpenCV el marco de imagen es BGR, y se realiza un cambio de BGR al espacio de colores HSV (Matiz, saturación, valor). El matiz describe un color en términos de saturación, la saturación representa la cantidad de color gris en ese color y el valor describe la intensidad del color. Dicho cambio se realiza porque el HSV tiene un espacio de colores menos sensible a la luz incidente sobre el objeto que se observa. Como las plantas enfermas tienen una tonalidad amarillenta o rojiza, se determina la tonalidad según sea el color mediante un umbral de colores determinado por un límite inferior y superior. Para las plantas que no presentan clorosis, que son de color verde el límite inferior es (35, 52, 72) y superior (102, 255, 255). Para las plantas que presentan clorosis el límite inferior es (25, 100, 20) y superior (30, 255, 255) para color amarillo y límite inferior (170, 87, 111) y superior (180, 255, 255) para color rojo.

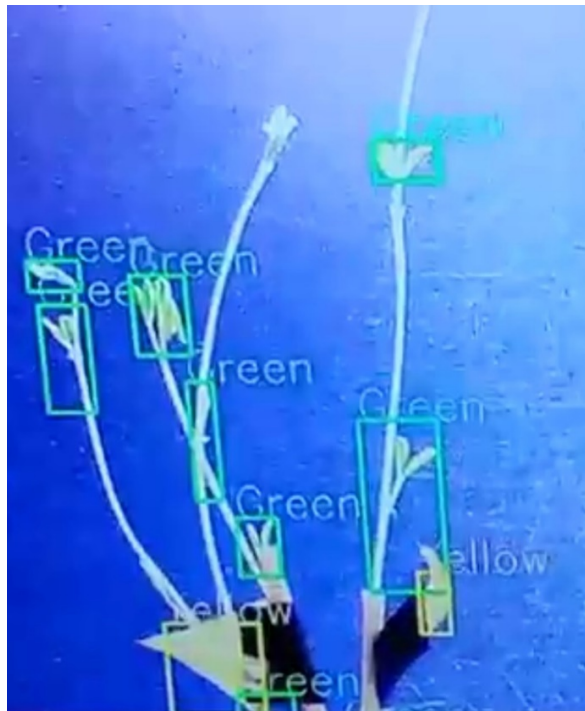
A continuación, se describe el funcionamiento del algoritmo para la detección de clorosis por medio de pseudocódigo.

1. Entrada: captura video a través de la cámara Web.
2. Leer la transmisión de video en cuadros de imagen.
3. Convertir el marco de imagen en BGR (espacio de color RGB representado como tres matrices de rojo, verde y azul con valores enteros de 0 a 255) a espacio de color HSV (valor de saturación de tono). Esto se puede representar como tres matrices en el rango de 0-179, 0-255 y 0-255 respectivamente.
4. Definir la gama de cada color y crear la máscara correspondiente.
5. Transformación Morfológica: Dilatación, para eliminar ruidos de las imágenes.
6. bitwise_and entre el marco de la imagen y la máscara se realiza para detectar específicamente un color en particular y descartar otros.

7. Crear un contorno para los colores individuales para mostrar distintivamente la región coloreada detectada.
8. Salida: Detección de los colores en tiempo real.

En la Figura 3-4 se muestra el resultado obtenido por el algoritmo para la detección de clorosis en el germinado de lentejas, donde se detecta color verde (Green) y amarillo (Yellow).

Figura 3-4: Detección de clorosis en el germinado de lentejas



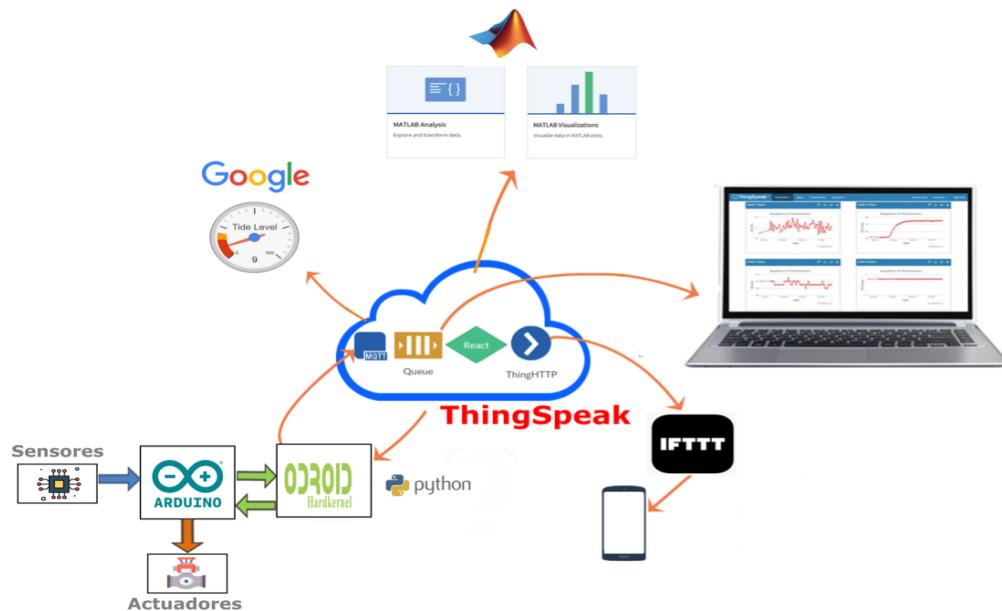
Nombre de la fuente: Autor

La segunda tarea controla la apertura de las cuatro electroválvulas mediante Arduino y el driver ULN2803. Tres electroválvulas de suministro automático de nutrientes, donde una de ellas se encarga de suministrar los microorganismos cada dos días, una segunda válvula se encarga los extractos cada tres días y la tercera se encarga de suministrar el suplemento biológico para de eliminar el nitrito y amoníaco en exceso cada siete días. La cuarta válvula se encarga del control de la aperción de las raíces del cultivo aeropónico, con un periodo de aperción de dos horas, cada dos horas. Además, se controla la luz led para plantas con el fin de simular la luz solar durante diez horas, todos los días.

58 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

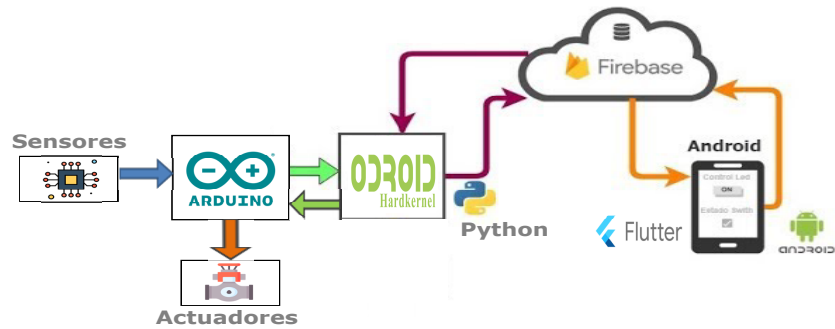
La tercer tarea corresponde al alojamiento de los datos enviados por el embebido Odroid y se realizan las tareas de supervisión y manipulación de la información por medio de dos servidores. En Firebase se alojan los datos para luego ser consumidos por la aplicación móvil desarrollada bajo el kit de desarrollo de software (SDK) Flutter. En el servidor web IoT Thingspeak, además de realizar el alojamiento y gestión de la información, se realiza una estadística de los datos y se hace uso de una de sus herramientas, REACT, para la integración del servicio web IFTTT (If this then that) para generar servicios como el de mensajería instantánea, notificaciones e incluso llamadas por si se detecta un cambio o comportamiento inusual en la plantación. Además, se visualiza la información recolectada por los sensores, así como el estado de los actuadores. Esta última etapa es muy importante para el usuario final, puesto que se requiere que la información y el estado del cultivo sea entendida y bien interpretada por las personas que están en el proceso de aprendizaje y capacitación para la correcta apropiación de la tecnología que se incorpora en este modelo. En la Figura 3-5 se muestra la arquitectura de conexión con Thinkspeak y en la Figura 3-6 la arquitectura de conexión con Firebase y la App móvil.

Figura 3-5: Arquitectura de conexión con Thinkspeak



Nombre de la fuente: Modificado por el autor

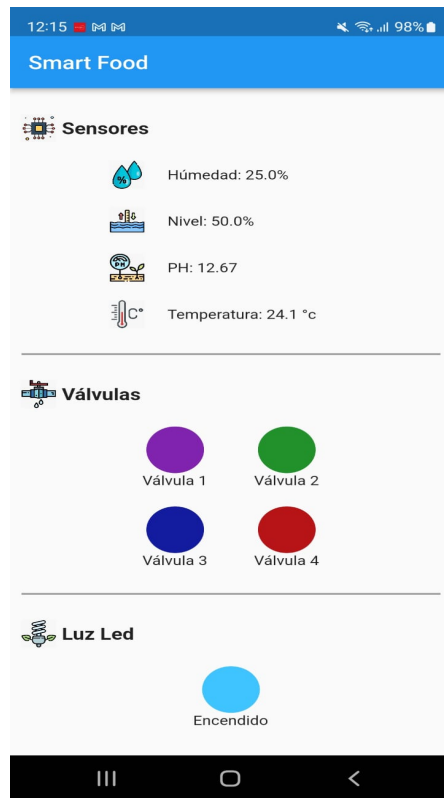
Figura 3-6: Arquitectura de conexión con Firebase y la App móvil



Nombre de la fuente: Modificado por el autor

En la Figura 3-7 se presentan los datos recibidos en la aplicación de Android “Smart food” y en la Figura 3-8 los datos alojados el servidor Thingspeak.

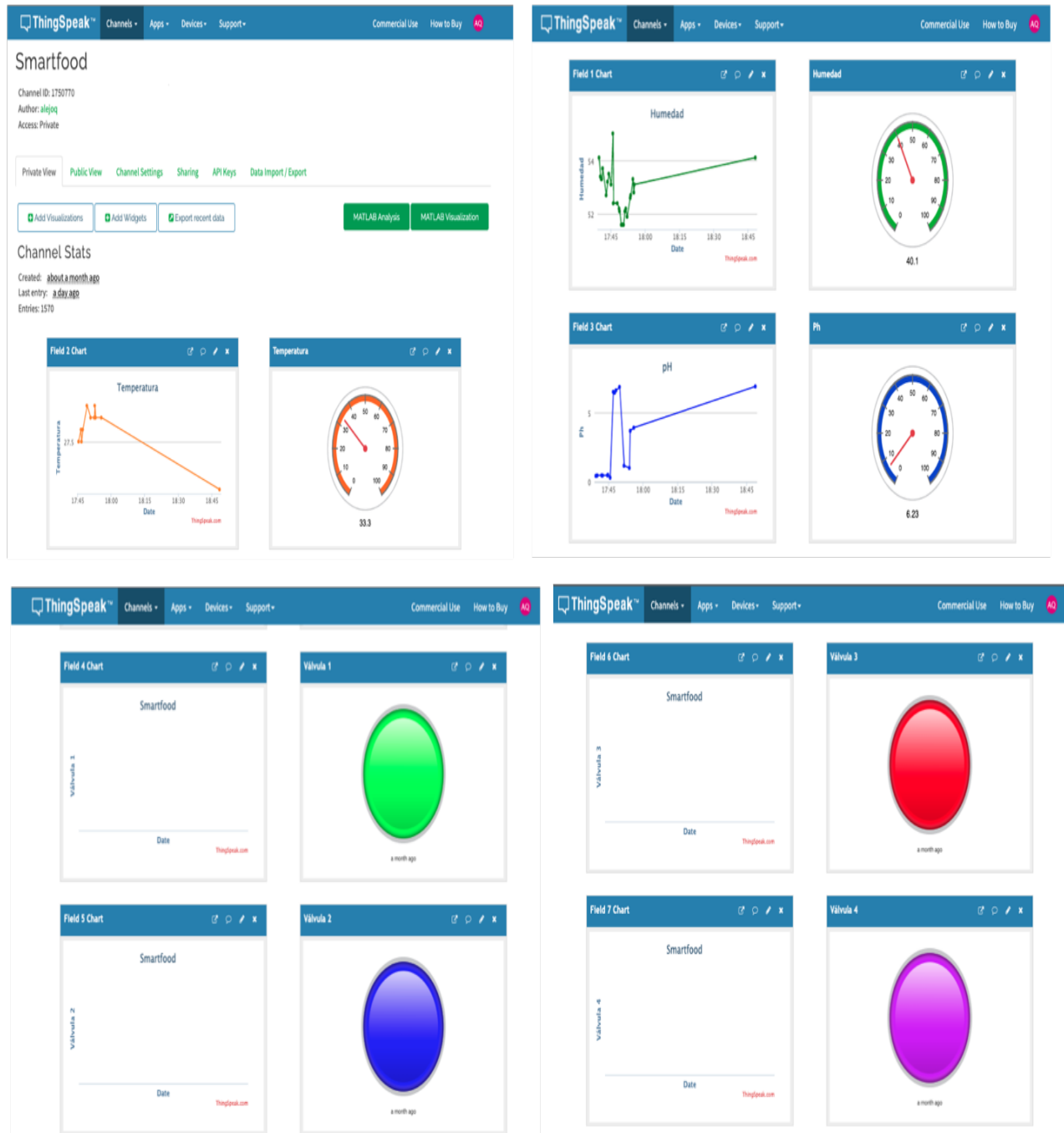
Figura 3-7: Aplicación Smart food



Fuente: Autor

60 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 3-8: Servidor Thingspeak



Fuente: Autor

3.2.2 Configuración de aplicaciones y dispositivos

▪ **Odroid XU4**

Para la configuración del minicomputador es necesario contar con un ordenador de escritorio con monitor, teclado y ratón o un ordenador portátil para preparar el soporte de arranque para el XU4 y depurar el proceso de inicio. Como todos los minicomputadores necesitan un sistema operativo para arrancar, se graba el sistema operativo Ubuntu 14.04 LTS. Para el correcto funcionamiento de los periféricos como teclado, mouse y cámara web se otorgan los debidos permisos por la línea de comandos de Linux. Así mismo, se habilitan los puertos para la conexión del Arduino al Odroid y poder realizar la recepción y transmisión de los datos por el puerto serial, en la cual se emplea librería Pyserial, que se instala en el entorno de desarrollo de Python. Adicionalmente, se instalan las librerías OpenCv y Numpy para la implementación del algoritmo de visión artificial y para la automatización de las tareas se hace uso de los Crontabs. La conexión del Odroid XU4 al servidor Firebase y Thingspeak se hace de manera inalámbrica por medio de la red Wifi.

▪ **Arduino**

Para la puesta en marcha del Arduino es necesario descargar su IDE o entorno de desarrollo el cual es un editor, compilador, depurador y constructor de interfaz gráfica (GUI) y así poder cargar el programa a la placa Arduino. Para la configuración en la arquitectura propuesta en este trabajo se configuran las válvulas como salidas en los puertos 4,5,6, y 7 del Arduino, en puerto 8 la luz led y en el nueve el sensor de nivel. Para el sensor de humedad y temperatura se hace uso de la librería DHT21 y se configura el puerto 8 del Arduino como una entrada. En el sensor de pH se configura en el puerto análogo A0 como lectura. Los datos recopilados por los sensores son enviados por el puerto serial a Python para su procesamiento y posterior envío a las aplicaciones Firebase y Thingspeak. Así mismo la manipulación remota de los actuadores se controla a través Python, en donde se envía un dato de tipo Sting por puerto serial y según sea este se ejecuta una tarea específica en Arduino.

▪ **Thingspeak**

Una vez creada la cuenta, se configura el canal, el cual tiene la posibilidad de hacerlo público o privado. Por temas de privacidad y seguridad de los datos se configura el canal de tipo privado. La configuración del canal se realiza en base a la cantidad de variables que se van a monitorear, que para este caso son humedad, temperatura, pH y las cuatro electroválvulas. Para efectos de

62 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

monitoreo de las variables se hace uso de uno del servicio React propio servidor, el cual permite configurar alarmas en caso de que se presente una anomalía o cambio en alguna de las variables definidas. Los datos de los sensores se actualizan cada cinco segundos, mientras que el de los actuadores solo cuando se presenta un cambio de estado. La comunicación entre el minicomputador y el servidor se hace a través de la API que ofrece Thingspeak, la cual se configura en un script de Python haciendo uso de la librería Thingspeak para poder realizar la petición en el servidor y actualizar el valor de variable.

▪ **Firestore**

Para el envío de los datos al servidor Firestore, es necesario instalar la librería `firebase_admin` en Python para poder realizar el envío de los datos. Dentro del servidor se debe configurar con la opción Realtime Database y en la pestaña Datos se crea un Parent que contiene todas las variables que se van a almacenar; luz led, sensor humedad, sensor temperatura, sensor nivel, sensor ph y las 4 electroválvulas, los cuales son los datos que se va a consumir la aplicación móvil. En la pestaña Reglas se configura con restricción de escritura, en donde solo las personas con credenciales pueden editar la información, permitiendo que cualquier persona que descargue la aplicación móvil solo pueda ver la información más no modificarla.

▪ **Flutter**

Inicialmente, para conectar la aplicación con la base de datos, se debe agregar la app al proyecto de Firestore, siguiendo las instrucciones que se muestran aquí <https://firebase.google.com/docs/flutter/setup?hl=es-419&platform=ios>, luego se definen las reglas de acceso a los datos, lo cual incluye la autenticación obligatoria para que se permita la modificación de algún campo en la base de datos.

Después de haber agregado la app al proyecto en Firestore, se realiza el importe de librerías y paquetes necesarios en la app para escuchar las actualizaciones de la base de datos (<https://firebase.google.com/docs/database/flutter/start?hl=es-419>). Los archivos desarrollados se dividen de la siguiente forma:

- lib/core -> aquí se encuentran la definición del dominio de la app, los modelos y estilos comunes a todas las partes de la app
- lib/main.dart -> aquí se encuentra toda la lógica de conexión a Firebase y la implementación de la interfaz de usuario diseñada.

Al finalizar el desarrollo, se construye el archivo de instalación. apk para poder instalar la app en el dispositivo final.

En la Tabla 3-1 se muestran las versiones de las herramientas de software empleado

Tabla 3-1: Versiones de las herramientas de software y librerías empleadas

Software	Versión
Ubuntu	14.04 LTS
Python	3.8
Pyserial - Python	3.5
OpenCv - Python	4.4
Numpy - Python	1.19.3
Firebase_admin - Python	6.0.1
Thingspeak - Python	1.0.0
Firebase	31.1.0
Thingspeak	1.01
Flutter	3.3.7
Arduino IDE	2.0
DHT21 - Arduino	1.4.3

Cabe mencionar, que la conexión se realiza por medio de wifi.

3.2.3 Seguridad y fiabilidad de los datos

Para la seguridad y fiabilidad de los datos no se desarrolló ningún protocolo de seguridad, sin embargo, se hizo uso de los protocolos de seguridad que proveen cada una de los servidores y herramientas utilizadas, que a continuación se describe su protocolo de seguridad.

64 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

▪ **Firestore**

Los datos están conectados a la app mediante Firestore Realtime Database, la cual es una base de datos en la nube que permite la sincronización de los datos en tiempo real, esta característica permite que cada vez que se actualice el valor de los sensores, los dispositivos conectados con la aplicación, reciban la actualización en cuestión de milisegundos, garantizando que se muestran datos actuales y confiables, incluso si el dispositivo no tiene conexión a internet se muestra al usuario la última actualización recibida (almacenada en el caché del dispositivo) y se recibe el nuevo dato tan pronto se restablezca la conexión.

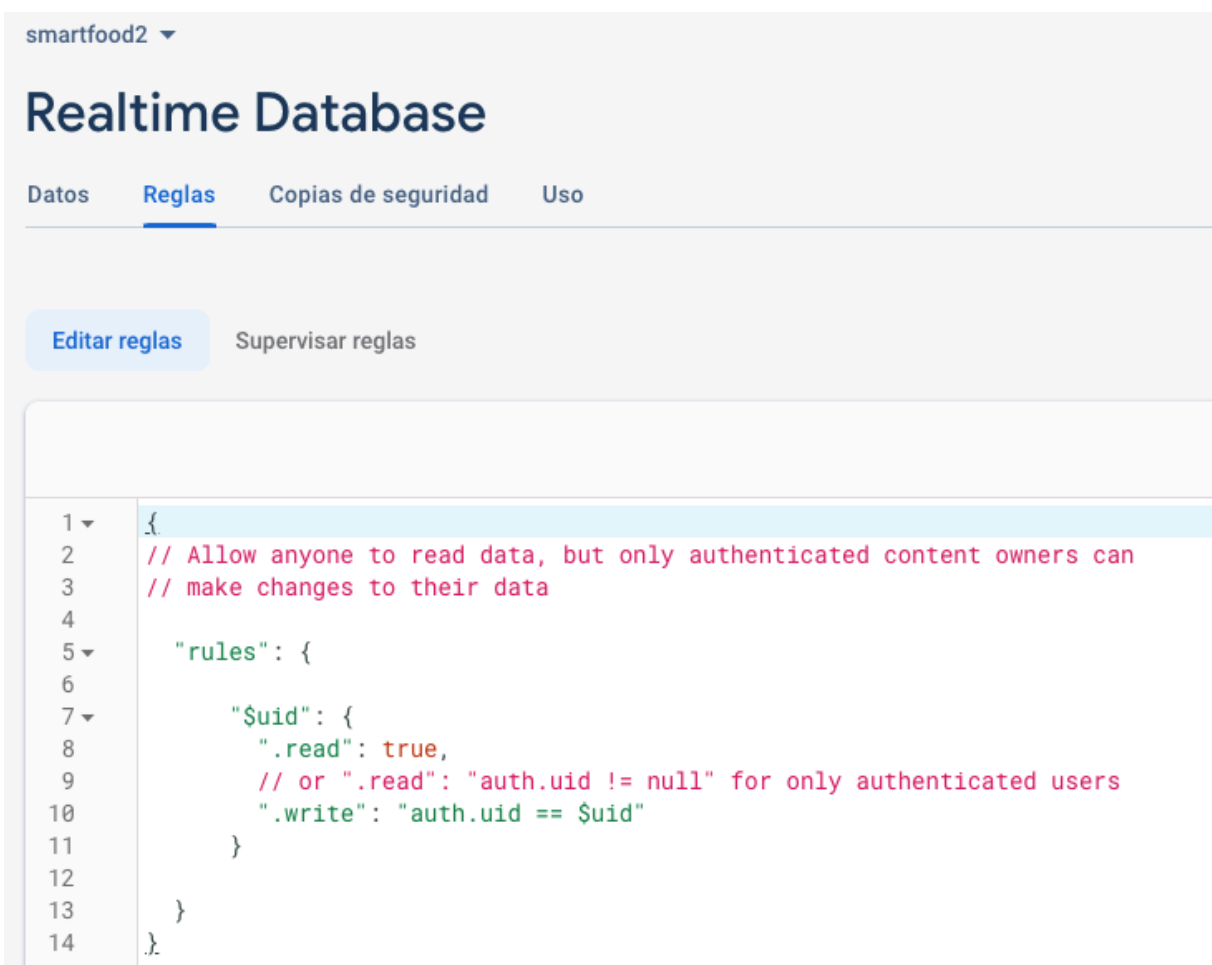
Adicionalmente, los servicios de Firestore encriptan los datos con HTTPS y se integra con Firestore Authentication, una herramienta para controlar y autenticar usuarios. Mediante la autenticación de usuarios se solicita el uid, que es un ID de usuario único, asignado al usuario solicitante y un token o mapa de valores recopilados por Authentication (Firestore, 2022). Dicha integración permite controlar el acceso a los datos dependiendo de la identidad del usuario mediante la definición de reglas. En la base de datos de esta arquitectura, se definieron reglas que concede a cualquier usuario (sin autenticación) leer o visualizar los datos, sin embargo, solo una persona autenticada con usuario y puede modificar los datos, de esta manera se garantiza la accesibilidad a la información a cualquier usuario y se protege de cualquier modificación no autorizada. Los tipos de reglas definidas en el servidor son leer (".read"), escribir (".write"), validar (".validate") y obtener índice (".indexOn"). Algunas de las variables que se pueden utilizar en las reglas son:

- **auth:** esta variable tiene todos los datos relacionados con la autenticación del usuario como el UID el proveedor de autenticación. Un valor de null indica que el usuario no está autenticado (Firestore, 2022).
- **now:** son los milisegundos desde EPOCH (1 de enero de 1970) (Firestore, 2022)..
- **data:** hace referencia a los datos relacionados con la petición de lectura o escritura. Suministra un **RuleDataSnapshot* con diferentes métodos para encontrar el contenido de un dato en concreto (Firestore, 2022).

- **newData:** es un **RuleDataSnapshot* creado después de que una petición de escritura sea aprobada.
- **root:** **RuleDataSnapshot* con el árbol de la base de datos (Firebase, 2022).

En la Figura 3-9 se muestran las reglas de seguridad definidas en el servidor Firebase, en donde por ser una versión de prueba cualquier usuario puede leer, pero solo los usuarios autenticados, que para este caso solo el rol administrador puede modificar la información.

Figura 3-9: Reglas de seguridad definidas en el servidor Firebase



```
1 {
2 // Allow anyone to read data, but only authenticated content owners can
3 // make changes to their data
4
5 "rules": {
6
7   "$uid": {
8     ".read": true,
9     // or ".read": "auth.uid != null" for only authenticated users
10    ".write": "auth.uid == $uid"
11  }
12
13 }
14 }
```

Fuente: Autor

▪ Thingspeak

Este servidor encripta los datos con HTTPS, además mediante el uso de la API Key única que se proporciona a cada canal, se garantiza una autenticación para enviar y recibir los datos sin

66 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

correr el riesgo de enviar datos a un canal diferente o ser interceptados. Adicionalmente, para garantizar la privacidad de los datos y restringir el acceso al canal se configura el canal de manera privada, donde solo los usuarios que se le otorguen permisos puedan visualizar la información (MathWorks, 2022). En la Figura 3-10 se muestran las diferentes API Key que otorga el servidor Thingspeak.

Figura 3-10: API Key que otorga el servidor Thingspeak

Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key

Note

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

[Add New Read API Key](#)

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- Write API Key: Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click Generate New Write API Key.
- Read API Keys: Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click Generate New Read API Key to generate an additional read key for the channel.
- Note: Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

API Requests

Write a Channel Feed

GET

Read a Channel Feed

GET

Read a Channel Field

GET

Read Channel Status Updates

GET

Fuente: Autor

3.2.4 Objetivos de aprendizaje

- Capacitar a las personas pertenecientes al grupo piloto por medio de un sistema tutor inteligente alojado en la plataforma de aprendizaje Moodle.
- Realizar una encuesta de valoración relacionada con los hábitos alimenticios.
- Crear conciencia sobre hábitos alimenticios e impacto ambiental
- Acceder a la información de las variables ambientales de interés del sistema de híbrido de producción de alimentos orgánicos por medio de un servidor web IoT y una aplicación para dispositivos móviles.
- Realizar un ejercicio práctico por medio del planteamiento de un conjunto de problemas simulando algunos cambios y eventualidades en el sistema de híbrido desarrollado.

3.2.5 Ejercicio práctico – Aprendizaje basado en problemas

Para esta estrategia pedagógica se establece un ejercicio conformado por ocho preguntas en las que se busca que el estudiante resuelva las preguntas, las contextualice con los compañeros y se apoye en el experto en el área de agricultura. Ver Anexo B.

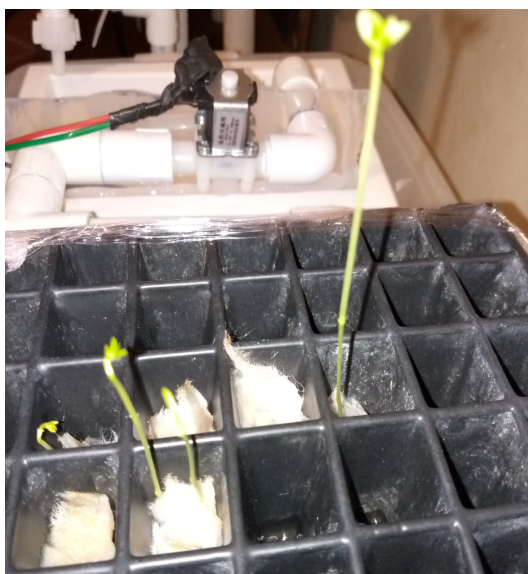
3.2.6 Resultados obtenidos en el sistema híbrido

Como se mencionó anteriormente, se cultivó lentejas en el sistema aeropónico en la fase inicial del proyecto, con el fin de poder validar si las condiciones del sistema y medio ambiente eran las ideas para este germinado. Luego de obtener resultados positivos se evidenció que las lentejas empezaron a germinar al cuarto día de sembrado. En el día quince se decide realizar un segundo sembrado, el cual consistió en sembrar más lentejas y se adicionó al sistema aeropónico la alverja para poder determinar el comportamiento de esta en este método de cultivo. Adicionalmente, se comenzó la siembra de alverja en el sistema hidropónico donde se obtuvieron resultados desde el segundo día. Así como en el sistema aeropónico, en el sistema hidropónico se realizó un sembrado de lentejas, esto con el fin de poder determinar en qué método de producción se realiza el germinado de los cultivos con mayor eficiencia y calidad. Para esta primera etapa solo se realiza la validación del sistema con alverja y lenteja.

En la Figura 3-11 y Figura 3-12 se presenta el día cuatro y quince del germinado de lentejas en el sistema aeropónico, respectivamente. En la Figura 3-13 se presenta el día dos de la segunda fase del cultivo en el sistema aeropónico y en la Figura 3-14 la del sistema hidropónico.

68 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 3-11: Día cuatro del germinado de lentejas



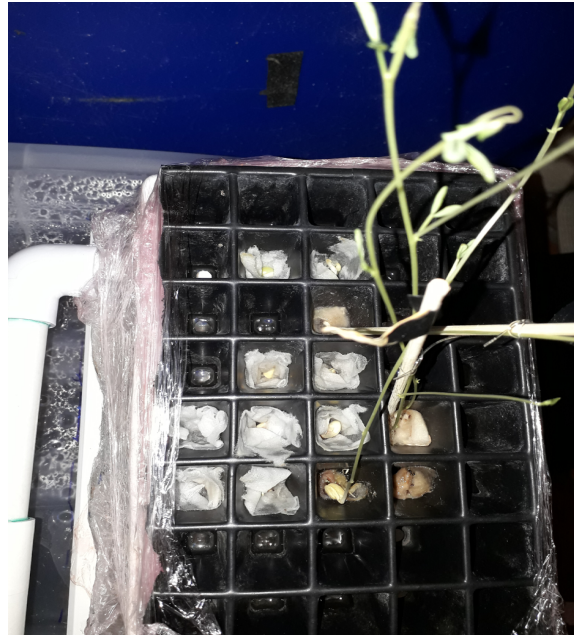
Fuente: Autor

Figura 3-12: Día quince del germinado de lentejas



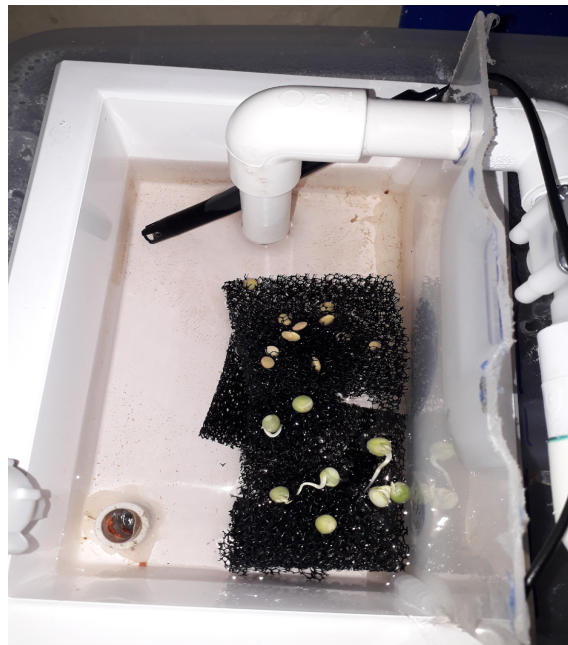
Fuente: Autor

Figura 3-13: Día dos de la segunda fase del cultivo en el sistema aeropónico



Fuente: Autor

Figura 3-14: Día dos de la segunda fase del cultivo en el sistema hidropónico



Fuente: Autor

70 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

En la Figura 3-15 se presentan los resultados obtenidos en el cuarto día de la segunda cosecha en el sistema hidropónico, en la Figura 3-16 los del sistema aeropónico y el Figura 3-17 el ciclo completo de producción.

Figura 3-15: Día cuatro de la segunda fase del cultivo en el sistema hidropónico



Fuente: Autor

Figura 3-16: Día cuatro de la segunda fase del cultivo en el sistema aeropónico



Fuente: Autor

Actualmente se cuenta con un cultivo de medio metro cuadrado por restricciones de espacio en el que se producen cada diez días 100 gramos de germinado de lentejas y alverja, pudiendo ser escalable por su modularidad a un cultivo de aproximadamente cinco metros cuadrados. En la Figura 3-16 se muestra el ciclo de producción completo.

Figura 3-17 Día diez – Germinado con el ciclo completo



Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos se identifica que en el sistema aeropónico las lentejas germinan mucho más rápido que en el sistema hidropónico, deduciendo que estas no necesitan estar constantemente en el solvente de nutrientes. Por otra parte, las alverjas tienen un desarrollo similar en cualquiera de los dos sistemas. No se testaron otros cultivos, sin embargo, se optó por plantas con ciclos de germinados rápido y alto valor nutricional como fueron la lenteja y la alverja. Otras alternativas que se pudieron haber considerado son el frijol, garbanzo y soya.

72 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

3.2.7 Costos y adquisición de la tecnología

En esta primera etapa se realizó un prototipo a pequeña escala en donde los gastos totales se presentan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Costos del sistema

Item	Cantidad	Costos
Minicomputador Odroid XU4	1	350.000
Software Open source	5	0
Arduino	1	50.000
Fuente conmutada	1	54.000
Electroválvulas	4	240.000
Sensor de humedad y temperatura DH 23	1	20.000
Sensor de pH	1	93.000
Sensor de nivel	1	3.000
Lampara led	1	26.500
Webcam	1	70.000
Driver ULN2803	4	6.500
Gabinete	1	50.000
Pecera	1	30.000
Peces	5	20.000
Recipientes plásticos	1	140.000
Tuberías y accesorios	1	150.000
Accesorios eléctricos	1	30.000
Insumos agrícolas	1	30.000
Costos mensuales (agua, energía y comida para peces)	1	30.000
Total		1.309.300

Este trabajo se orientó a impactar la seguridad alimentaria en el área metropolitana del Valle de Aburrá para sectores poblacionales afectados por el desplazamiento y la violencia. Donde cabe resaltar las circunstancias de una reciente pandemia que afectó notablemente la generación de empleo para la población en general. En tal sentido el modelo de apropiación tecnológica incorpora unos agentes sociales fundamentales para que se dé una correcta apropiación tecnológica que redunde en la seguridad alimentaria.

La implementación del modelo requiere unas inversiones a nivel de cada una de las huertas que se pretenden implementar, favoreciendo las soluciones tecnológicas de bajo costo y fácil acceso. En tal sentido el modelo propone que deben ser los entes territoriales de orden municipal o departamental los actores responsables de las adquisiciones.

Se favorecieron las herramientas Open source a nivel de software como son Arduino IDE, Python, Firebase, Thingspeak y Moodle, y como hardware Open source de bajo costo y fácil adquisición a nivel del área metropolitana del Valle de Aburrá como el ODROID XU4 y el Arduino Uno. El termino Open source no indica que los dispositivos sean gratis, este se refiere a que existen planos disponibles para la fabricación de los mismos, aunque por factores de costo no se justifica la construcción de pocas unidades, es más conveniente comprarlos ensamblados y listos para ser usados. Para el caso de los servidores Firebase y Thingspeak se utiliza la versión gratuita, que para efectos de este primer acercamiento cumplen con los requisitos.

Firestore en su versión gratuita o plan Spark ofrece 1GB de almacenamiento, permite realizar 20000 escrituras, 50000 lecturas y 20000 eliminaciones, todas por día. Todos los servicios que presta este servidor son gratuitos como la autenticación, almacenamiento, funciones en la nube y base de datos en tiempo real, ideal para aplicaciones pequeñas o en fase de desarrollo. En la Tabla 3-3 se presenta un comparativa entre el plan Spark y Blaze (Firestore, 2022). En cuanto a Thingspeak, el servidor maneja 4 tipos de licencia, gratis, académica, hogar y estándar. Para este caso se realizará la comparativa entre la gratis y la de uso comercial que hace referencia a la estándar.

Todos los servicios que ofrece este servidor son gratuitos, pero con limitaciones en el número de canales, número de mensajes, tiempo de actualización de los mensajes, entre otros. Para esta fase de la metodología se toma este servidor en la versión gratuita ya que cubre el número de

74 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

variables del sistema que se deben monitorear y el número de mensajes que se requieren enviar, además esta metodología aún está en fase de pruebas por lo que la versión gratis permite una correcta cobertura. En la Tabla 3-4 se realiza una comparativa entre el plan Gratuito y Estándar (Thingspeak, 2022).

Tabla 3-3: Comparativa entre el plan Spark y Blaze de Firebase

Funcionalidad Firebase	Spark (Gratis)	Blaze (Pago)
Almacenamiento (base de datos)	1 GB	\$0,18/GB
Conexiones simultáneas	100	200000/base de datos
Bases de datos por proyecto	1	Múltiple
Alojamiento	10 GB	\$0,026/GB
Primeras 10,000 autenticaciones	Gratis	Gratis

Tabla 3-4: Comparativa entre el plan Gratuito y Estándar de Thingspeak

Funcionalidad Thingspeak	Gratuito	Estándar
Precio por año	0	675 UDS
Número de canales	4	250
Uso comercial	No	Si
Actualización de los mensajes	Cada 15 segundos	Cada segundo
Número de mensajes	3 millones/año (~8200/día)	33 millones/año (~90.000/día)
Mensajes para envío de imágenes	No	100

La plataforma Moodle, ofrece diferentes planes según la cantidad de usuario que requieran ingresar a la plataforma, en la Tabla 3-5 se presenta la comparativa entre los diferentes planes que se ofrecen.

Tabla 3-5: Comparativa entre los diferentes planes de la plataforma Moodle

Características	Gratuito (45 días)	Principiante	Pequeño	Mediano	Largo
Precio por año	0	100 USD	360 USD	830 USD	1,600 USD
Número de usuario	50	50	200	500	1000
Almacenamiento	200 Mb	250 Mb	1 GB	2,5 GB	5 GB

El software de desarrollo de aplicaciones móviles Flutter es gratuito, sin embargo, si se considera publicar la aplicación en App Store se debe realizar un pago único de 25 USD.

4. Validación de la metodología propuesta con un grupo piloto

4.1 Diseño de experimentos

Es necesario para realizar la validación de la metodología un modelo de diseño de experimentos para poder determinar los factores que influyen en una variable de interés y, en caso de que exista alguna influencia de algún factor, poder cuantificar dicha influencia. Para este caso se busca estudiar el rendimiento de los participantes del grupo piloto de la metodología propuesta. Existen dos tipos de experimentos, el primero es el experimento absoluto, cuyo principal interés es la estimación y la determinación de las propiedades físicas de la población a estudiar y se espera que estas propiedades sean constates. El segundo tipo es el comparativo, como su nombre lo dice tienden a ser comparados, sus resultados tienden a ser razonablemente estables. Además, la teoría de la estadística del diseño de experimentos se relaciona con los experimentos comparativos. Para el caso de esta validación se realizó un experimento comparativo (Melo, López & Melo, 2020).

4.2 Unidades experimentales y muestras

Un elemento básico en los experimentos comparativos es la unidad experimental (UE). Este concepto se usa con los elementos sobre los cuales se hacen las mediciones y a los cuales un tratamiento puede ser asignado aleatoriamente e independientemente, y se denomina unidad experimental (UE). Al conjunto de unidades experimentales se denomina material experimental. Cada UE contiene una o más unidades muestrales u observacionales (UO) en las cuales las condiciones experimentales planeadas previamente se realizan (Melo, López & Melo, 2020).

4.3 Análisis factorial confirmatorio

Este evalúa hasta qué punto un conjunto de factores organizados teóricamente se ajustan a los datos. En este tipo de análisis, el investigador desempeña un papel mucho más importante, pues, a mayor conocimiento del problema, tiene mayor capacidad para formular y probar hipótesis mucho más concretas y específicas (Méndez & Rondo, 2022).

4.3.1 Tamaño de la muestra

Los investigadores y literatura sugieren que la muestra no debe tener menos de cincuenta observaciones y preferiblemente la muestra debe tener al menos cien. Como regla general debe tener mínimo cinco observaciones por número de variables que se vayan a analizar, y es más aceptable que el tamaño de la muestra tenga una relación 10:1 (Streiner, 1994).

Tabla 4-1: Margen de error y desviación estándar

Nivel de confianza (NC)	Z-score
60%	1
70%	1.1
80%	1.282
90%	1.645
95%	1.96
99%	2.576

Para el estudio se pretendió trabajar con un error máximo de 10% con un nivel de confianza del 90%. La proporción de estudiantes para la prueba piloto está dada por:

$$n = ZNC^2 \frac{1}{4e^2} \quad (2)$$

$$n = 1.645^2 \frac{1}{4 \times 0.1^2} = 67.65 \text{ personas}$$

Donde el es el error máximo, ZNC es la relación del nivel de confianza y la propiedad de la distribución Normal. Como solo se logró realizar la prueba piloto con veintiún estudiantes el nivel de confianza es del 60%.

4.4 Prueba piloto

Según lo descrito anteriormente, es necesario realizar una validación con un grupo de al menos cien participantes, por lo que se realizan dos pruebas pilotos, la primera con un grupo de veintiún estudiantes del grado 11 de la institución educativa INEM José Félix De Restrepo y la segunda con un grupo de veintidós estudiantes de Ingeniería en instrumentación y control del Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Por falta de equipos de cómputo en la primera prueba piloto se conforman siete grupos de tres personas para la resolución de cada una de las actividades propuestas; curso en la plata forma Moodle, charla por parte del profesional en agricultura y laboratorio.

78 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

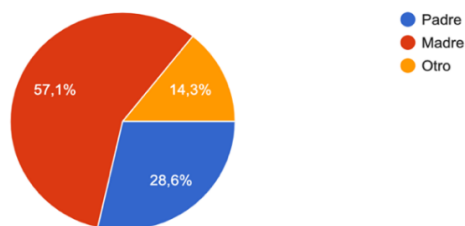
Inicialmente se realizó una contextualización del proyecto y se dieron las respectivas indicaciones para el desarrollo del curso mediante la metodología de sistema tutor inteligente.

Los cursos ofrecidos en la plataforma Moodle cuentan con lecturas, ayudas audiovisuales y actividades evaluativas, si bien el curso está diseñado para personas con o sin conocimiento en las áreas abordadas en este proyecto, se estimó que el curso tiene una duración de tres horas para personas con un conocimiento previo en el uso de las TIC y para aquellas personas sin algún acercamiento o experticia con herramientas tecnológicas se planteó realizar el curso en tres días. En el Anexo C se presenta la lista de asistentes a la prueba piloto 1, el Anexo D presenta la lista de asistentes a la prueba piloto 2, en el Anexo E, un representante por cada uno de los siete grupos conformados para el desarrollo del curso y en el Anexo F, el consentimiento informado.

Una parte fundamental de esta metodología es concientizar a las personas sobre los buenos y correctos hábitos alimenticios, por consiguiente, se realiza una encuesta de valoración para detectar problemas asociados a la desinformación y malos hábitos alimenticios en la parte inicial del primer curso ofrecido en la plataforma Moodle. El cuestionario se diseñó con veintidós preguntas, esto con el fin de poder buscar un factor determinante en los factores asociados a la inseguridad alimentaria. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la primera prueba piloto.

Figura 4-1: Resultado obtenido en la pregunta 1 de la encuesta

¿Quién compra los alimentos en su casa?
7 respuestas

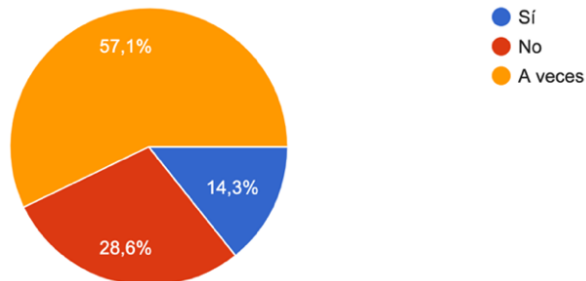


Fuente: Autor

Figura 4-2: Resultado obtenido en la pregunta 2 de la encuesta

¿Realizan una lista para la compra de alimentos?

7 respuestas

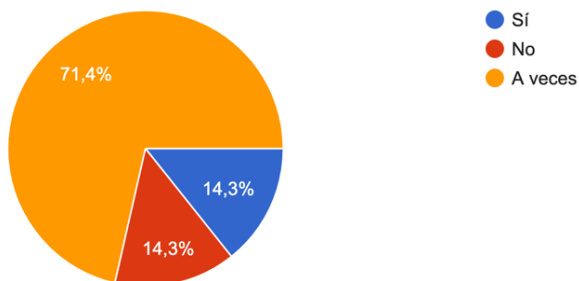


Fuente: Autor

Figura 4-3: Resultado obtenido en la pregunta 3 de la encuesta

¿Las compras las realizan en familia?

7 respuestas

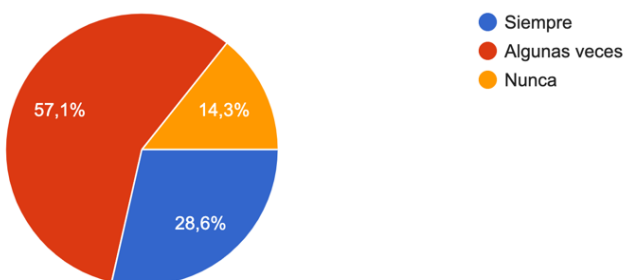


Fuente: Autor

Figura 4-4: Resultado obtenido en la pregunta 4 de la encuesta

A la hora de hacer la compra, ¿revisan las etiquetas de los alimentos?

7 respuestas



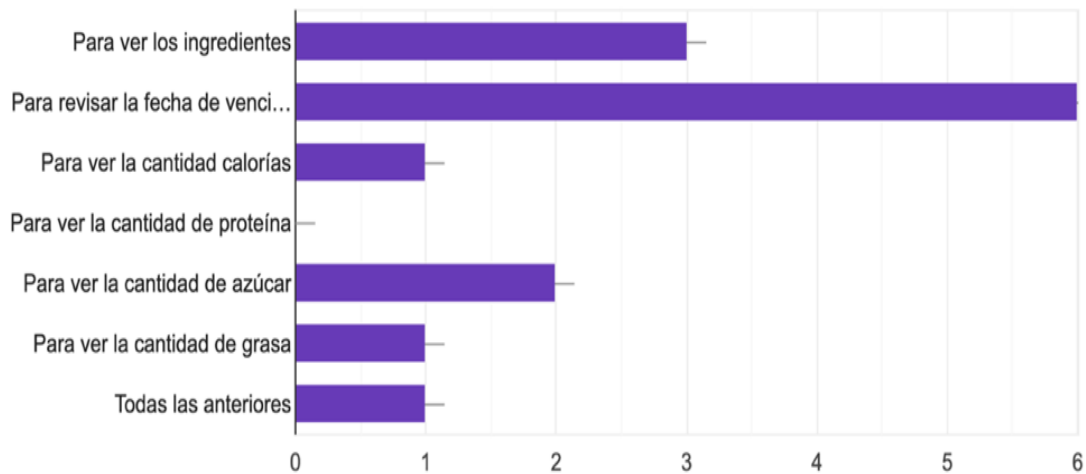
Fuente: Autor

80 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-5: Resultado obtenido en la pregunta 5 de la encuesta

En caso de revisar las etiquetas de los alimentos, ¿Cuál es el motivo?

7 respuestas

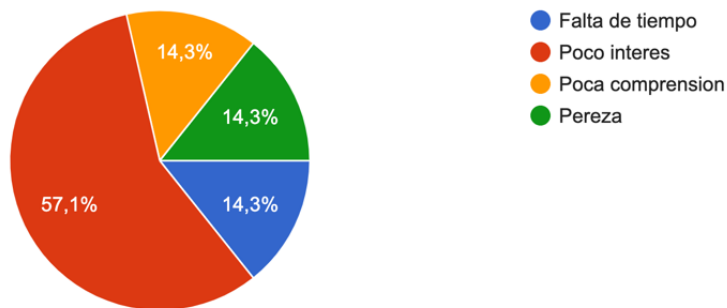


Fuente: Autor

Figura 4-6: Resultado obtenido en la pregunta 6 de la encuesta

En caso de no revisar las etiquetas de los alimentos, ¿Cuál es el motivo?

7 respuestas

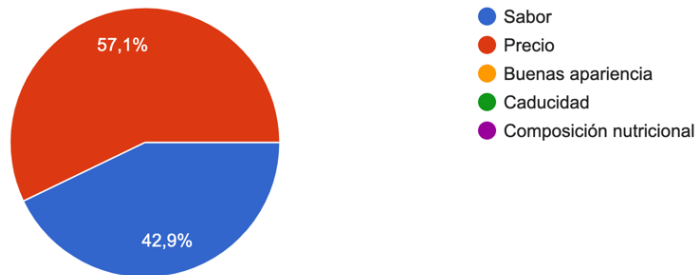


Fuente: Autor

Figura 4-7: Resultado obtenido en la pregunta 7 de la encuesta

¿Qué factor consideras más importante al elegir un alimento para su consumo?

7 respuestas

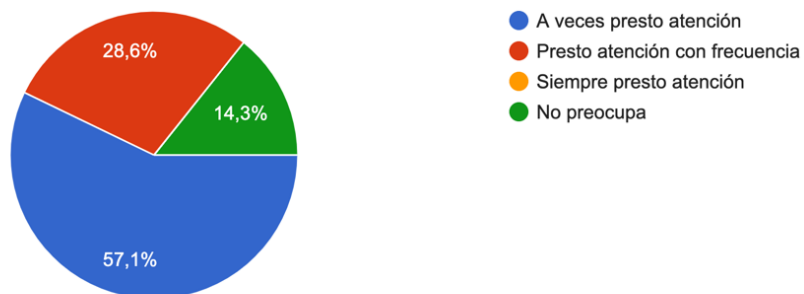


Fuente: Autor

Figura 4-8: Resultado obtenido en la pregunta 8 de la encuesta

¿Se preocupa por elegir alimentos saludables a la hora de comer?

7 respuestas

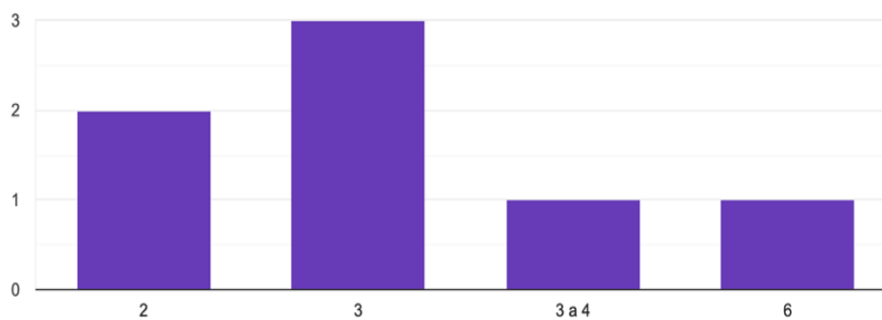


Fuente: Autor

Figura 4-9: Resultado obtenido en la pregunta 9 de la encuesta

¿Cuántas comidas realiza al día?

7 respuestas

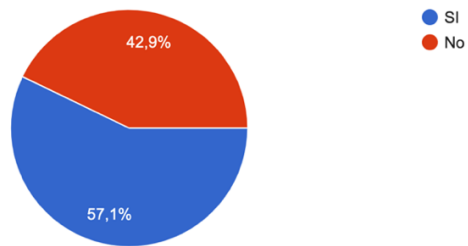


Fuente: Autor

82 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-10: Resultado obtenido en la pregunta 10 de la encuesta

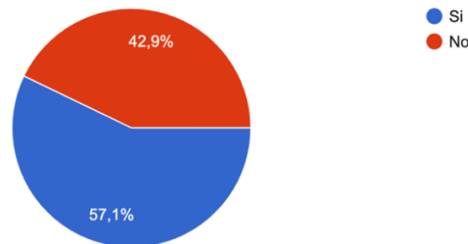
¿Tienen horarios fijos para las comidas en casa?
7 respuestas



Fuente: Autor

Figura 4-11: Resultado obtenido en la pregunta 11 de la encuesta

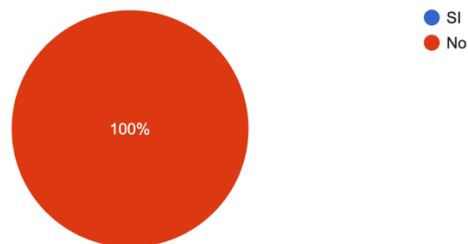
¿Comen todos juntos cuando están en casa?
7 respuestas



Fuente: Autor

Figura 4-12: Resultado obtenido en la pregunta 12 de la encuesta

¿Planifica los menús de cada comida?
7 respuestas

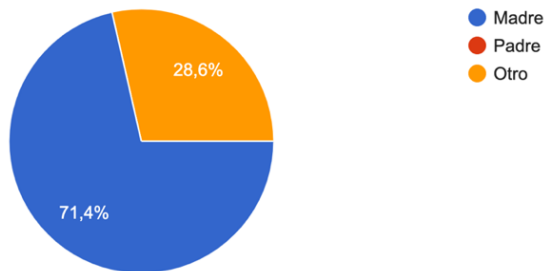


Fuente: Autor

Figura 4-13: Resultado obtenido en la pregunta 13 de la encuesta

¿Quién prepara los alimentos en casa?

7 respuestas

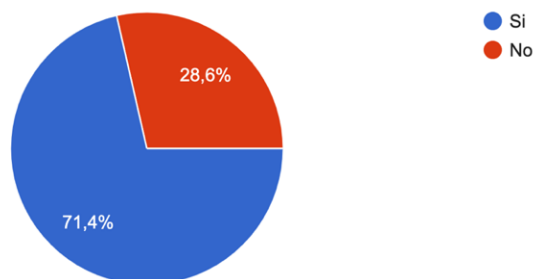


Fuente: Autor

Figura 4-14: Resultado obtenido en la pregunta 14 de la encuesta

¿Adapta el tamaño de las porciones a las necesidades de cada miembro de la familia?

7 respuestas

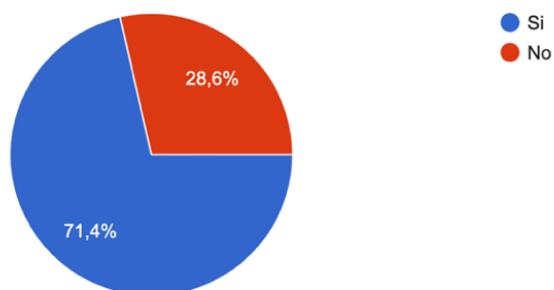


Fuente: Autor

Figura 4-15: Resultado obtenido en la pregunta 15 de la encuesta

¿Realizan otras actividades como ver la TV, leer...mientras comen?

7 respuestas

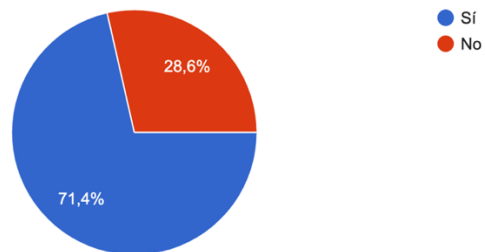


Fuente: Autor

84 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-16: Resultado obtenido en la pregunta 16 de la encuesta

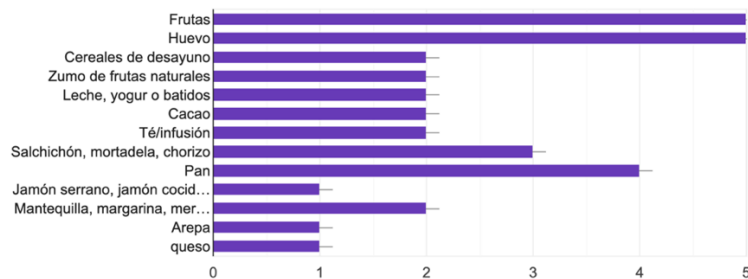
¿Suele desayunar habitualmente?
7 respuestas



Fuente: Autor

Figura 4-17: Resultado obtenido en la pregunta 17 de la encuesta

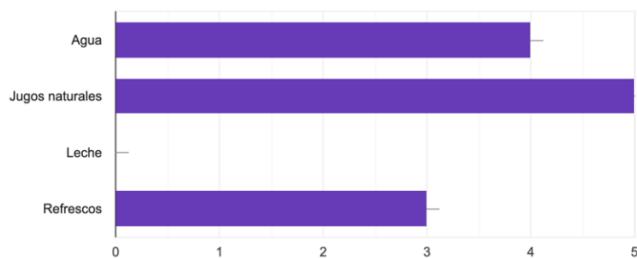
En caso que sí lo haga, ¿qué desayuna?
7 respuestas



Fuente: Autor

Figura 4-18: Resultado obtenido en la pregunta 18 de la encuesta

¿Qué suele beber en mayor cantidad durante el día?
7 respuestas

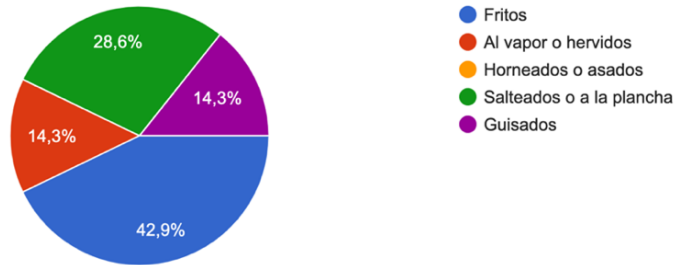


Fuente: Autor

Figura 4-19: Resultado obtenido en la pregunta 19 de la encuesta

¿Cuál es la preparación más habitual de sus alimentos?

7 respuestas

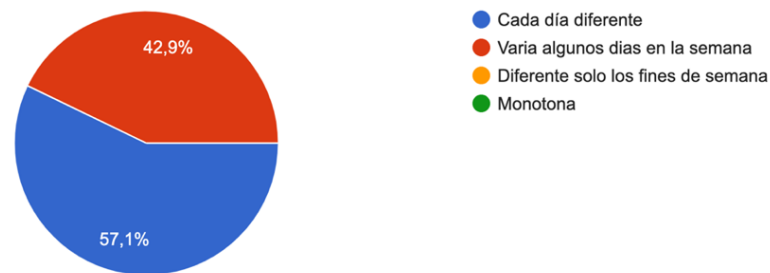


Fuente: Autor

Figura 4-20: Resultado obtenido en la pregunta 20 de la encuesta

Considera que su dieta es:

7 respuestas

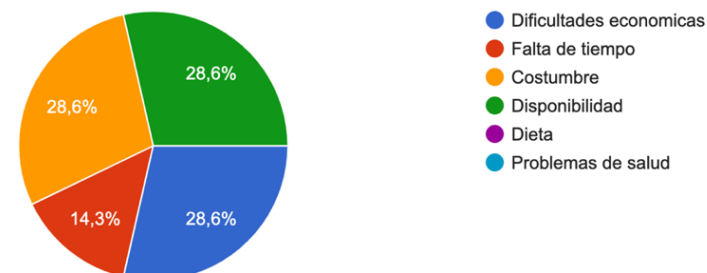


Fuente: Autor

Figura 4-21: Resultado obtenido en la pregunta 21 de la encuesta

Motivo de sus hábitos alimenticios

7 respuestas



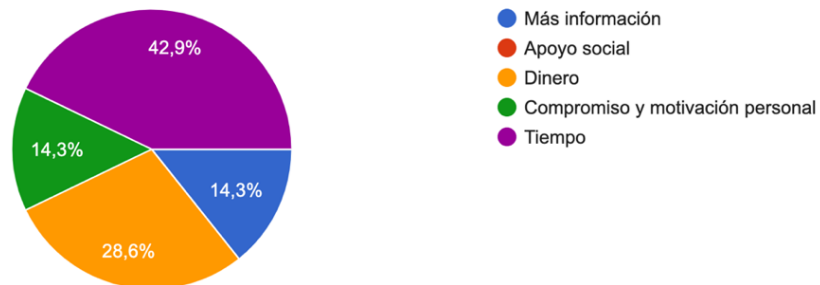
Fuente: Autor

86 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-22: Resultado obtenido en la pregunta 22 de la encuesta

¿Qué consideras que te hace falta para mejorar tu alimentación?

7 respuestas



Fuente: Autor

Con los resultados obtenidos en la encuesta, claramente se evidencian problemas asociados a la desinformación, factores económicos y falta de tiempo. Por consiguiente, es clave antes de que las personas adopten la metodología propuesta en este trabajo, enseñarles la importancia de saber comer y la correcta selección de los alimentos para la dieta diaria. El mito o creencia que la comida con mayor índice nutricional es más cara, cada vez más es desestimado, debido a la adopción de los métodos de producción de alimentos alternativos, investigación de alimentos y charlas sobre nutrición y salud. Una vez los estudiantes terminan los cursos se realiza una evaluación con el fin de valorar el nivel de los conceptos adquiridos durante el curso y poder reforzarlos con la posterior charla magistral en agricultura y correctos hábitos alimenticios. En la Figura 4-23 y Figura 4-24, se muestran los resultados obtenidos por algunos estudiantes.

En la última fase de la prueba piloto se desarrolló un laboratorio tomando el aprendizaje basado en problemas como metodología para evaluar el conocimiento adquirido de los participantes, capacidad de solucionar problemas a partir de la adopción de las TIC propuestas en este trabajo por medio de app móvil, el servidor web IoT y capacidad de proponer mejoras a la metodología y al prototipo construido. La forma de desarrollar esta actividad consistió en otorgarle una pregunta de las propuestas en el laboratorio a cada grupo con el fin de darle solución a la pregunta y poder socializarla con los demás grupos, en los casos en los que no se dio solución

a las preguntas propuestas, los estudiantes se apoyaron en el experto para darle solución a la pregunta y retroalimentar su conocimiento.

Figura 4-23: Resultados obtenidos por algunos estudiantes del Inem Jose Felix Restrepo en la prueba piloto

Apellido(s)	Nombre	Número de ID	Dirección de correo	Estado	Comenzado el	Finalizado	Tiempo requerido	Calificación/10.00	P. 1 /1.00	P. 2 /1.00	P. 3 /1.00	P. 4 /1.00	P. 5 /1.00	P. 6 /1.00	P. 7 /1.00	P. 8 /1.00	P. 9 /1.00	P. 10 /1.00	
Correa	Samuel		samuel.correa.cordoba@inemjose.edu.co	Finalizado	19 de julio de 2022 14:42	19 de julio de 2022 14:46	4 minutos 50 segundos	8.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33
Osorio	Juan Manuel		juan.osorionolondono@inemjose.edu.co	Finalizado	19 de julio de 2022 14:48	19 de julio de 2022 14:57	9 minutos 6 segundos	9.33	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Segura	Laura Valentina		laura.segura@inemjose.edu.co	Finalizado	19 de julio de 2022 14:56	19 de julio de 2022 14:59	3 minutos 11 segundos	8.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33
Promedio general								8.67	0.78	1.00	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.56

Fuente: Autor

88 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Figura 4-24: Resultados obtenidos por algunos estudiantes del Politécnico Jaime Isaza Cadavid en la prueba piloto 2.

Apellido(s)	Nombre	Número de ID	Estado	Comenzado el	Finalizado	Tiempo requerido	Calificación/10.00	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10
Soto Gelves	Laura	20	Finalizado	17 de diciembre de 2022 7:30	17 de diciembre de 2022 7:36	6 minutos 15 segundos	8.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.90	0.90	0.50
Martinez Ospina	Sebastian	9	Finalizado	17 de diciembre de 2022 7:33	17 de diciembre de 2022 7:39	6 minutos 33 segundos	9.43	1.00	1.00	1.00	0.84	0.79	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90
Medina Rios	Juan	3	Finalizado	17 de diciembre de 2022 7:30	17 de diciembre de 2022 7:40	10 minutos 34 segundos	9.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	0.90	1.00	0.80
Promedio general							9.08	1.00	1.00	1.00	0.94	0.93	0.80	0.77	0.93	0.96	0.73

Fuente: Autor

Con Los resultados obtenidos en la prueba piloto con ambos grupos de muestra que mediante una buena metodología, actividades y apoyo, se logra desarrollar un nuevo conocimiento en áreas en las que inicialmente tenían poco o ningún conocimiento. Además, se evidencia que los promedios de los estudiantes en ambos grupos están muy cercanos, esto se podría ser a causa que los participantes del segundo grupo piloto tienen algunas más habilidades cognitivas desarrolladas por estar cursando un programa profesional.

4.5 Prueba de campo adicional

Tal y como sugirió el director de este trabajo de grado de maestría Jovani Alberto Jimenez Builes y el jurado Victor Hugo Capacho Alfonso, se realiza un trabajo de campo asociado con las actividades propuestas en los objetivos específicos en el que se decide cultivar frijol cargamanto, muy popular en la dieta de las personas pertenecientes al Valle de Aburrá, cuyo aporte nutricional en 100 gramos provee 71 calorías, 4,07 gramos de proteína, 13,3 gramos de carbohidratos, 3,6 gramos de fibra y 0,29 gramos de grasa. En la Tabla 4-2 se muestra el desarrollo del germinado de frijol durante diez días.

Tabla 4-2: Desarrollo del germinado de frijol durante diez días

Día	Comentario	Altura(h) cm	Gradiente cm
1	Sembrado del frijol	0	0
2	Imbición - absorción de agua por la semilla seca	0	0
3	Radícula - Se rompen las cubiertas de las semillas, permitiendo que la radícula salga en forma de raíz primaria	1	1
4	Hipocótilo - Espacio entre la radícula y la plúmula. Posteriormente con la germinación de las semillas esta parte se convertirá en el tallo de la planta.	2	1
5	Cubierta de la semilla comienza a desprenderse	3.6	1.6
6	Cotiledón - Primeras hojas de las plantas.	8.5	4.9
7	Fase de germinación – Reducción en la absorción de agua y activación generalizada del metabolismo de la semilla	16	7.5
8	Fase de germinación – Reducción en la absorción de agua y activación generalizada del metabolismo de la semilla	22.8	6.8
9	Fase de crecimiento – Aumento de la absorción de agua	31.2	8.4
10	Fase de crecimiento – Aumento de la absorción de agua	36.4	5.2

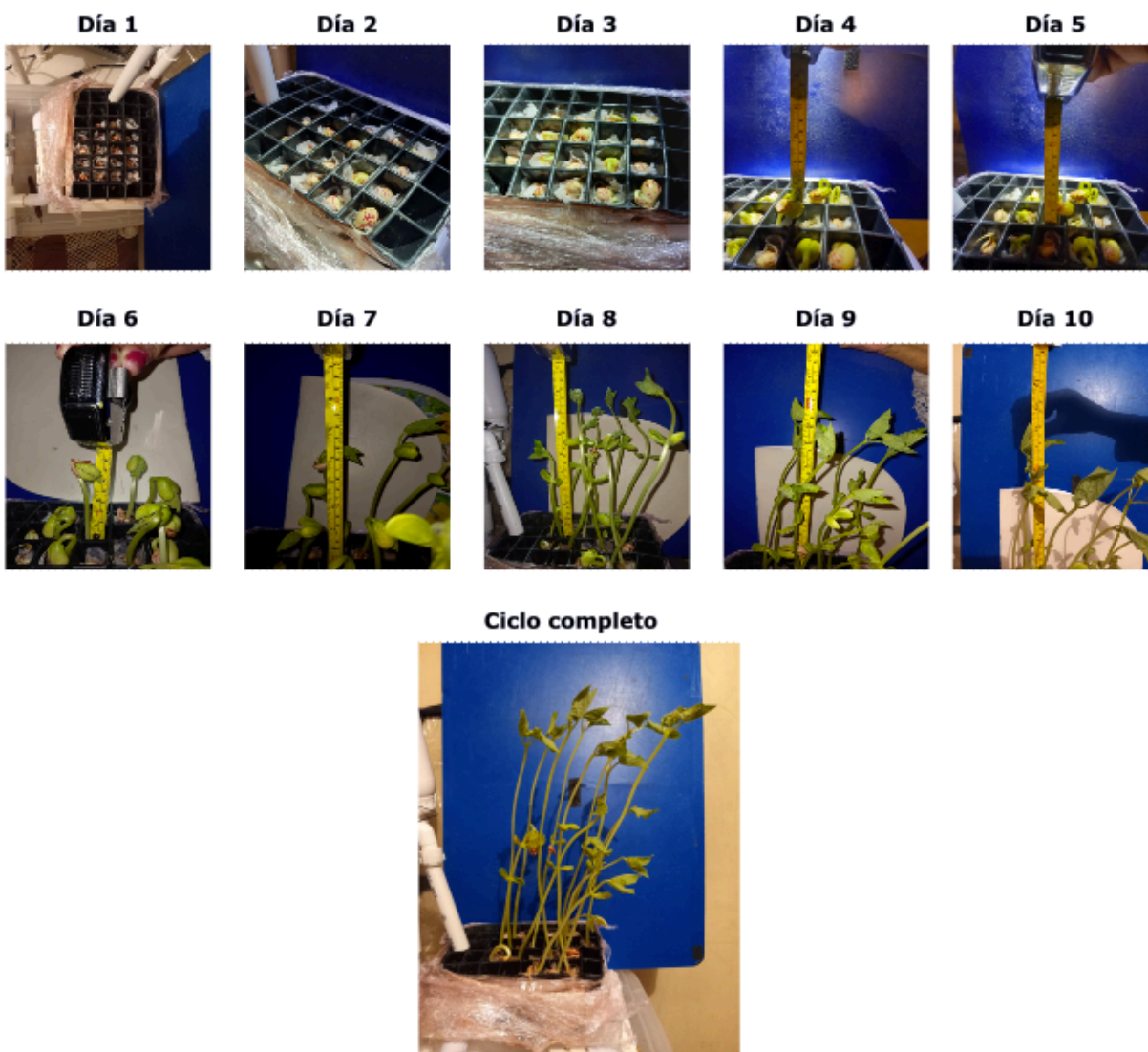
En la ecuación 3, se presenta la expresión para calcular el gradiente de altura

$$\text{Gradiente} = \frac{\text{Altura actual} - \text{Altura anterior}}{\text{Tiempo de muestra}} \quad (3)$$

90 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

En la Figura 4-25 se muestra las fases del ciclo del germinado de frijol.

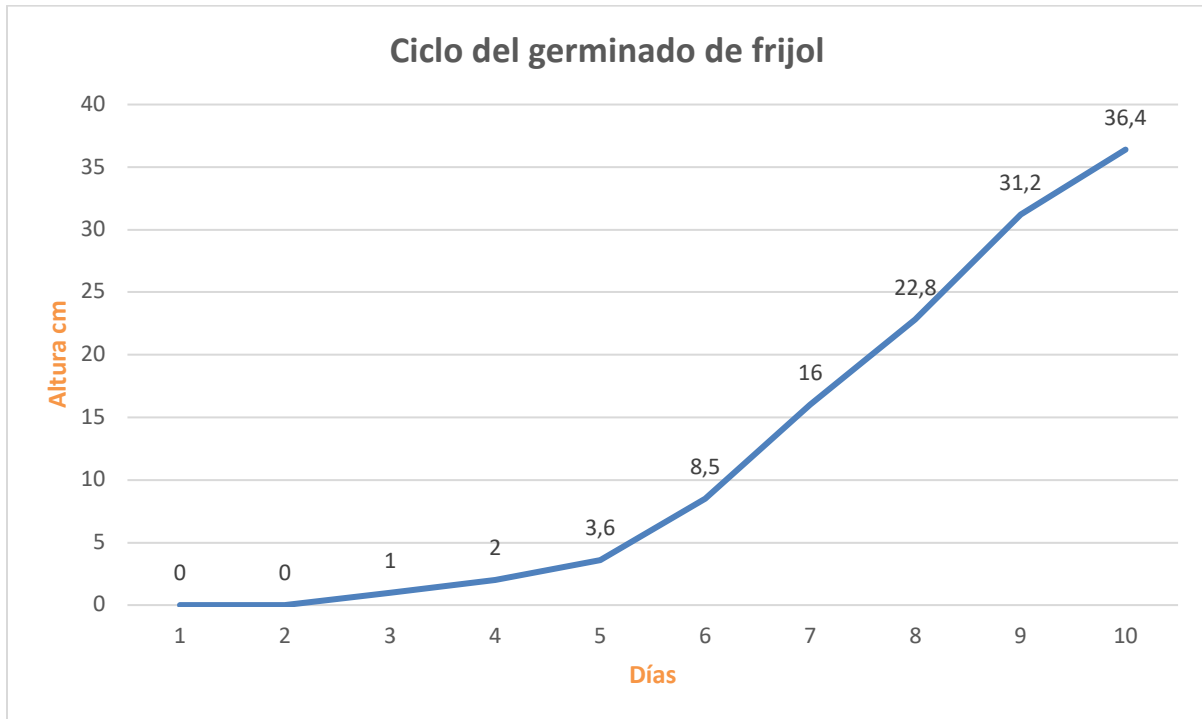
Figura 4-25: Fases del ciclo del germinado de frijol



Fuente: Autor

En la Figura 4-26 se muestra la gráfica del ciclo del germinado de frijol.

Figura 4-26: Gráfica del ciclo de germinado de frijol



Fuente: Autor

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

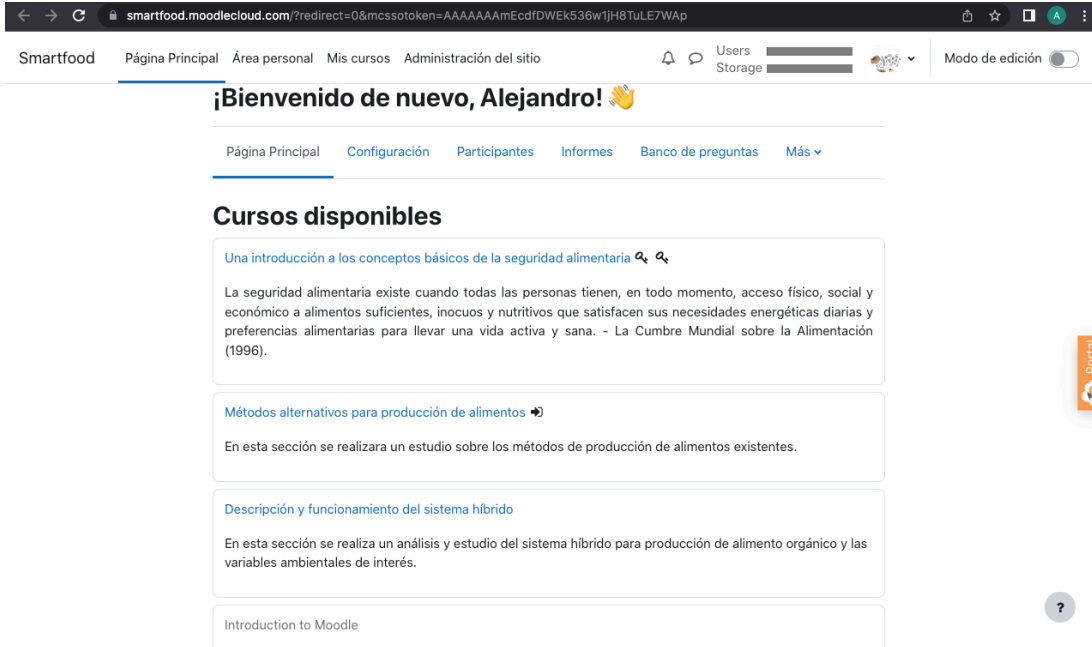
- La selección de la tecnología que se debe incorporar a proyectos de carácter social debe ser de robusta, de fácil uso e intuitiva para que pueda ser apropiada por cualquier persona. Adicionalmente se deben evaluar características como beneficios y riesgos, soporte, innovación y demanda en el mercado.
- Si bien son muchas las métricas que se pueden considerar en el ámbito de las tecnologías Open source, las seleccionadas en este trabajo se fundamentan en los pesos de las características de un modelo de calidad de ecosistemas IoT propuesto por el autor.
- Es fundamental definir qué criterios de apropiación son los que más se ajustan al modelo, puesto que el modelo debe permitir ser ajustado según el grupo en el que se vaya a implementar la metodología.
- Aunque todas las variables incluidas en el sistema son importantes, el pH es la variable base para el correcto funcionamiento del sistema híbrido construido, puesto que un desbalance en esta variable puede afectar a los peces y cultivos. Por tal motivo el pH se debe monitorear constantemente.
- La integración del IoT y la aplicación móvil a este sistema ha permitido una gestión más eficiente de todos los recursos que se necesitan para mantener en equilibrio el ecosistema, pudiendo llegar a reducir costos en muchos de los suministros y mejorar los procesos.
- La técnica de visión artificial utilizada en este trabajo permite poder tratar de manera temprana enfermedades en las plantas y poder garantizar así alimentos de alta calidad.

-
- Mediante la metodología propuesta en este trabajo se pudo capacitar al grupo piloto en las áreas de interés de este proyecto mediante el uso de las TIC, logrando no solo alcanzar los objetivos de los mecanismos de apropiación tecnológica y entornos de aprendizaje, sino también generar en muchos de ellos ideas para desarrollar y mejorar algunas de sus iniciativas.
 - En este trabajo se propuso un modelo de apropiación tecnológica el cual fue validado con una población piloto dividida en dos grupos, que, si bien no es tan numerosa, permitió validar dicho modelo.
 - El aprendizaje basado en problemas motivó a muchos de los participantes del grupo piloto a dar sugerencias de mejora para el sistema híbrido construido.
 - Por medio de la encuesta de sensibilización alimentaria se evidenció que la gran mayoría de problemas de hábitos alimenticios se deben más a la desinformación que a factores relacionados con lo económico.
 - Con los resultados obtenidos en el sistema híbrido propuesto en este trabajo se identificó al realizar la comparación entre la hidroponía y aeroponía cual método es el más adecuado para las especies germinadas en esta investigación.
 - Con la visión artificial se pueden solucionar diversas problemáticas presentes en un cultivo como plagas o fitopatologías como la clorosis tratada en esta investigación, las cuales en algunas ocasiones suelen ser difíciles de detectar de manera temprana.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda ubicar el sistema híbrido donde las plantas puedan obtener luz solar de manera natural o generar luz artificial con alimentación de paneles solares, debido a que el incremento en los servicios puede llegar a incrementar un poco.
- Las horas de capacitación para el grupo piloto deben variar según a quien vaya dirigido, se recomienda que para personas con un conocimiento básico en las TIC se desarrolle entre tres y cinco horas, y para personas con un nivel bajo de dos a cuatro días, con tres horas de intensidad diarias.
- Se recomienda seguir realizando pruebas de validación de la metodología propuesta en diversos públicos y contextos, para poder así corregir las falencias que se vayan detectando y ajustar el modelo.
- Es necesario incorporar otras variables ambientales como oxígeno disuelto, nitritos y nitratos, amonio y evotranspiración para darle mayor robustez al sistema.
- Las variables ambientales del sistema deben ser monitoreadas de manera constante, debido a que un incremento o decremento significativo pueden generar daños irreversibles en el ecosistema.
- Se recomienda continuar realizando más fases de cosechas para poder estudiar a fondo el comportamiento de los germinados en el prototipo construido.
- En relación con la metodología, se debería considerar dos grupos de personas, un grupo de control sin acceso a la metodología y otro con acceso, y así poder comparar los resultados de ambos grupos y determinar la eficiencia de la metodología.

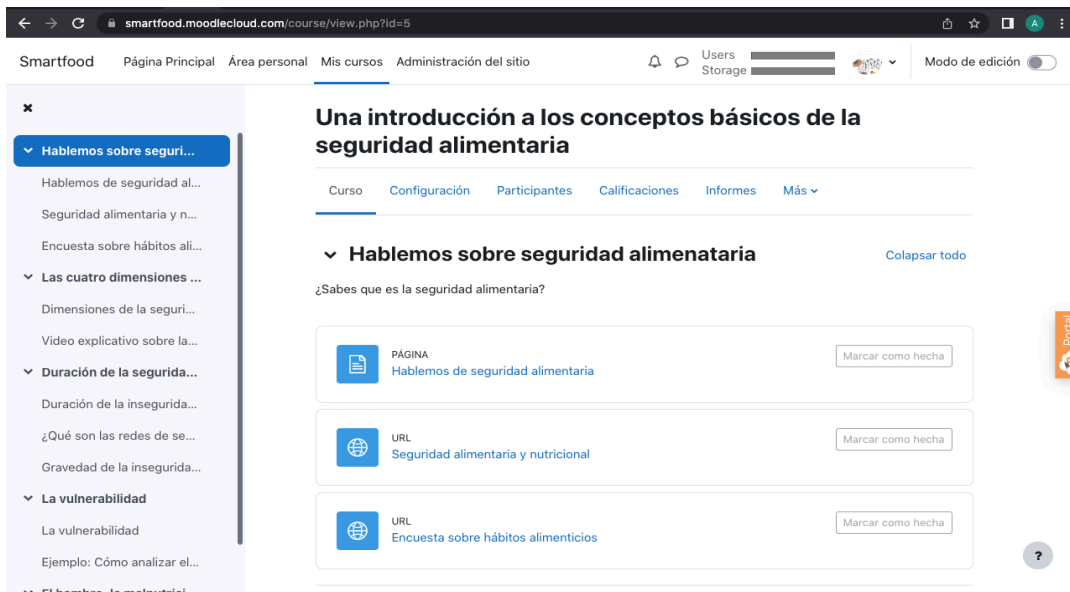
A. Anexo: Curso en la plataforma Moodle



The screenshot shows the Moodle course homepage for 'Smartfood'. The browser address bar shows 'smartfood.moodlecloud.com/?redirect=0&mcstoken=AAAAAAmEcdfDWEK536w1jH8TuLE7WAp'. The navigation menu includes 'Smartfood', 'Página Principal', 'Área personal', 'Mis cursos', and 'Administración del sitio'. A user profile for 'Users Storage' is visible. The main content area features a welcome message: '¡Bienvenido de nuevo, Alejandro!' with a hand icon. Below this is a breadcrumb trail: 'Página Principal > Configuración > Participantes > Informes > Banco de preguntas > Más'. The 'Cursos disponibles' section lists three courses:

- Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria**: La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana. - La Cumbre Mundial sobre la Alimentación (1996).
- Métodos alternativos para producción de alimentos**: En esta sección se realizará un estudio sobre los métodos de producción de alimentos existentes.
- Descripción y funcionamiento del sistema híbrido**: En esta sección se realiza un análisis y estudio del sistema híbrido para producción de alimento orgánico y las variables ambientales de interés.

An 'Introduction to Moodle' link is also present at the bottom of the list.

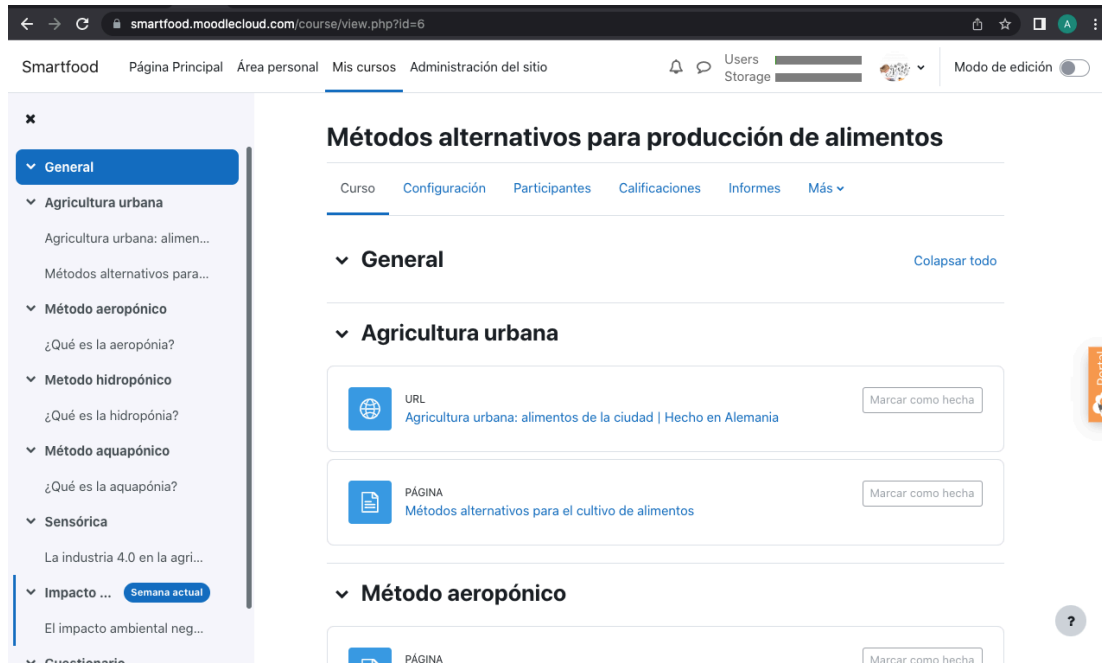


The screenshot shows the course page for 'Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria'. The browser address bar shows 'smartfood.moodlecloud.com/course/view.php?id=5'. The navigation menu includes 'Smartfood', 'Página Principal', 'Área personal', 'Mis cursos', and 'Administración del sitio'. The main content area features the course title and a breadcrumb trail: 'Curso > Configuración > Participantes > Calificaciones > Informes > Más'. The course content is organized into sections:

- Hablemos sobre seguridad alimentaria**: This section contains three items:
 - PÁGINA**: Hablemos de seguridad alimentaria (with a 'Marcar como hecha' button)
 - URL**: Seguridad alimentaria y nutricional (with a 'Marcar como hecha' button)
 - URL**: Encuesta sobre hábitos alimenticios (with a 'Marcar como hecha' button)

A left sidebar menu is visible, listing various course topics such as 'Hablemos de seguridad al...', 'Seguridad alimentaria y n...', 'Encuesta sobre hábitos ali...', 'Las cuatro dimensiones ...', 'Duración de la insegurida...', '¿Qué son las redes de se...', 'Gravedad de la insegurida...', 'La vulnerabilidad', and 'La vulnerabilidad'.

96 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá



smartfood.moodlecloud.com/course/view.php?id=6

Smartfood | Página Principal | Área personal | Mis cursos | Administración del sitio

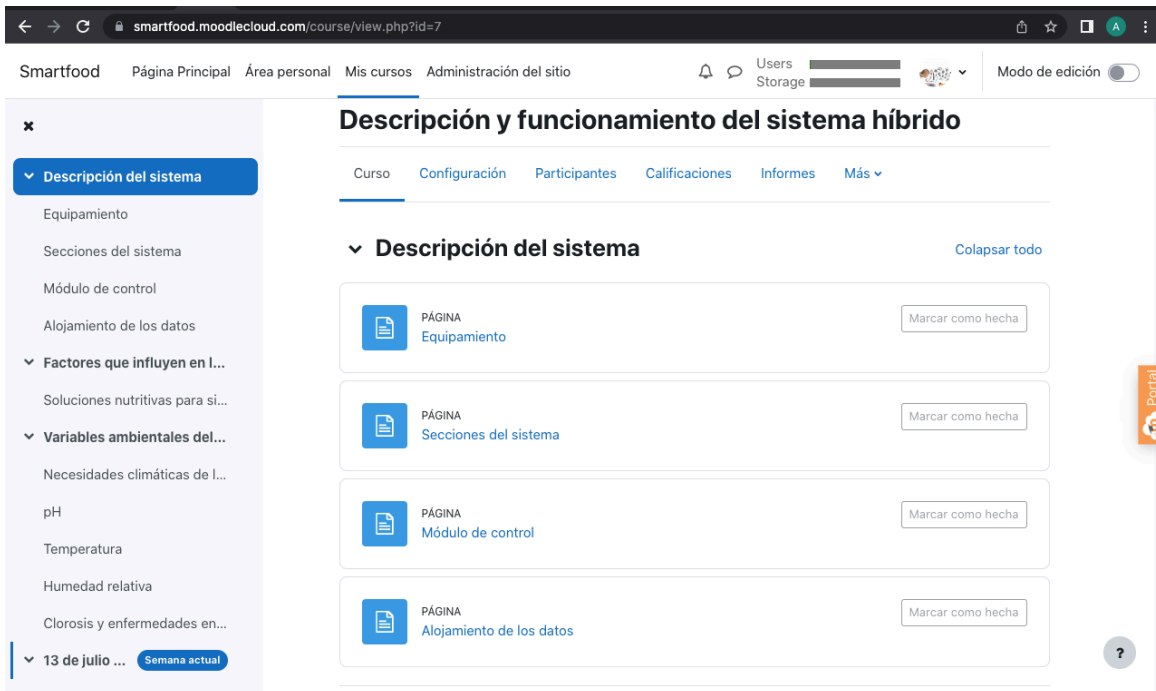
Users Storage | Modo de edición

Métodos alternativos para producción de alimentos

Curso | Configuración | Participantes | Calificaciones | Informes | Más

- General
- Agricultura urbana
 - Agricultura urbana: alimen...
 - Métodos alternativos para...
- Método aeropónico
 - ¿Qué es la aeroponía?
- Metodo hidropónico
 - ¿Qué es la hidroponía?
- Método aquapónico
 - ¿Qué es la aquaponía?
- Sensórica
 - La industria 4.0 en la agri...
- Impacto ... **Semana actual**
 - El impacto ambiental neg...
- Questionario

Portal



smartfood.moodlecloud.com/course/view.php?id=7

Smartfood | Página Principal | Área personal | Mis cursos | Administración del sitio

Users Storage | Modo de edición

Descripción y funcionamiento del sistema híbrido

Curso | Configuración | Participantes | Calificaciones | Informes | Más

- Descripción del sistema
- Equipamiento
- Secciones del sistema
- Módulo de control
- Alojamiento de los datos
- Factores que influyen en l...
- Soluciones nutritivas para si...
- Variables ambientales del...
- Necesidades climáticas de l...
- pH
- Temperatura
- Humedad relativa
- Clorosis y enfermedades en...
- 13 de julio ... **Semana actual**

Portal

smartfood.moodlecloud.com/course/view.php?id=7

Smartfood | Página Principal | Área personal | Mis cursos | Administración del sitio

Users Storage | Modo de edición

Descripción y funcionamiento del sistema híbrido

Curso | Configuración | Participantes | Calificaciones | Informes | Más

Descripción del sistema Colapsar todo

- PÁGINA Equipamiento** Marcar como hecha
- PÁGINA Secciones del sistema** Marcar como hecha
- PÁGINA Módulo de control** Marcar como hecha
- PÁGINA Alojamiento de los datos** Marcar como hecha

13 de julio ... **Semana actual**

Portal

B. Anexo: Laboratorio - Aprendizaje basado en problemas

Se comienza recordando a los participantes del grupo piloto el concepto de pH. El pH es un índice de la intensidad del ion de hidrogeno (H^+). Por definición, el pH es el logaritmo negativo de la actividad H^+ (concentración efectiva de H^+). La actividad del ion de hidrogeno y la concentración de H^+ generalmente son similares, y la concentración de H^+ se usará aquí. En agua a 25 grados-C y pH 7, hay concentraciones de 0,0000001 molar (10^{-7} M) de H^+ e ion hidroxilo (OH^-), y el log negativo (pH) de 10^{-7} M es 7.

La reacción de H^+ es acida, mientras que la reacción de OH^- es básica (alcalina). Se deduce que a pH 7, el agua pura es neutra (ni acida ni básica). Cuando H^+ aumenta en relación con OH^- , el pH cae por debajo de 7 y cuanto menor es el pH, mayor es la reacción acida del agua. Cuando H^+ disminuye en relación con OH^- , el pH aumenta por encima de 7 y cuanto mayor es el pH, mayor es la reacción básica del agua.

El pH influye en la supervivencia y el crecimiento de los animales acuícolas. Los efectos habituales en los animales acuáticos a la exposición continua a diferentes niveles de pH se ilustran en la Tabla 1. Con un pH de alrededor de 4 y entre 10 y 11, los animales acuáticos morirán. Por lo general, crece mejor en el rango de pH 6,5-8,5, y el pH 7-8 probablemente sea óptimo para la mayoría de las especies.

pH

1. ¿En la situación de registrar un aumento de PH en la solución, cual es el PH optimo y el procedimiento para restaurarlo?
2. ¿En la situación de registrar una disminución de PH en la solución, cual es el pH optimo y el procedimiento para restaurarlo?

Temperatura

1. ¿Al presentarse un aumento de temperatura por encima del tolerado, cual es el protocolo?

2. Al presentarse una disminución de la temperatura por debajo de lo tolerado, ¿Cuál es el protocolo y el rango de temperatura adecuado?

3. ¿Como se llama la relación entre temperatura y humedad relativa?

Humedad

1. Al presentar una humedad relativa alta, ¿qué protocolos se pueden aplicar para normalizarla y cual es el rango optimo?

2. Al presentar una humedad relativa baja, ¿qué protocolos se pueden aplicar para normalizarla y cual es el rango optimo?

Clorosis en las plantas

1. ¿Al presentar un color amarillo en hojas jóvenes cual es el protocolo de observación y toma de decisiones de aplicación de producto?

100 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

C. Anexo: Listado de asistencia a la prueba piloto 1

UNIVERSIDAD DE LA PAZ		LISTADO ASISTENCIA		Código: FH05	
				Versión: 03	
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: <u>Apropiación de las TIC para la Seguridad alimentaria</u>					
FACILITADOR: <u>Alfonso Quiroz Salcedo</u>					
FECHA: <u>19 de Julio de 2022</u>		INTENSIDAD:		HORARIO:	
LUGAR: <u>Poli JEC</u>		DIAS: <u>1</u>		Desde <u>1 PM</u> Hasta <u>4 PM</u>	
NOMBRES Y APELLIDOS	CÉDULA	EMAIL			
1. <u>Laura Valentina Segura Bedoya</u>	<u>10131041180</u>	<u>laura.segura@inempose.edu.co</u>			
2. <u>Valery Barrera Ocampo</u>	<u>1023523011</u>	<u>Valery.barreraocampo@inempose.edu.co</u>			
3. <u>Diego Barro Buena</u>	<u>1021804449</u>	<u>Diego.BarroBuena@inempose.edu.co</u>			
4. <u>Emmanuel Pérez Bedoya</u>	<u>1013627072</u>	<u>emmanuel.perezbedoya@inempose.edu.co</u>			
5. <u>Deiner Andres Polgarin</u>	<u>704920243</u>	<u>Deiner.polgarin@inempose.edu.co</u>			
6. <u>Kevin Steven Montoya</u>	<u>1023883804</u>	<u>KevinMontoya29@gmail.com</u>			
7. <u>Kevin Steven Masu Rodriguez</u>	<u>1101390087</u>	<u>Kevin.masurodriguez@inempose.edu.co</u>			
8. <u>Mateo Sánchez Lopez</u>	<u>1022144033</u>	<u>mateosanchezlopez@inempose.edu.co</u>			
9. <u>Santiago Alvarez Montoya</u>	<u>1018234126</u>	<u>SantiagoAlvarezMontoya@inempose.edu.co</u>			
10. <u>Juan Diego Marin Marin</u>	<u>103622004</u>	<u>Juanmarinmarin@inempose.edu.co</u>			
11. <u>Franlito Gaviria Sánchez</u>	<u>1011393405</u>	<u>franlito.gaviria.sanchez@inempose.edu.co</u>			
12. <u>Manuela Villada Garcia</u>	<u>1072447126</u>	<u>Manuela.Villadagarcia@inempose.edu.co</u>			
13. <u>Santiago Piedrahíta Galeano</u>	<u>1010416672</u>	<u>Santiago.piedrahita@inempose.edu.co</u>			
14. <u>Josmely Andriana Tevar</u>	<u>958794502005</u>	<u>Josmely.Tevar@inempose.edu.co</u>			
15. <u>Diego Acevedo Piza</u>	<u>1018666222</u>	<u>diego.acevedopiza@inempose.edu.co</u>			
16. <u>Juan Manuel Osorio Londono</u>	<u>1035138389</u>	<u>Juan.osoriolondono@inempose.edu.co</u>			
17. <u>David Zapata Piza</u>	<u>1023627219</u>	<u>David.zapatapiza@inempose.edu.co</u>			
18. <u>Alejandro usuga cañas</u>	<u>101506686</u>	<u>Alejandro.usuga.canas@inempose.edu.co</u>			
19. <u>Miguel Angel Salas Anuls</u>	<u>1032980949</u>	<u>MiguelAngelSalasAnuls@inempose.edu.co</u>			
20. <u>Samuel Correa Cordoba</u>	<u>1023762311</u>	<u>samuel.correacordoba@inempose.edu.co</u>			
21. <u>Maily Valeria Henao Pineda</u>	<u>1007767951</u>				
22. <u>Yessica Orozco O.</u>	<u>102308466</u>	<u>Yessica.orozco@inempose.edu.co</u>			
23.					
24.					

D. Anexo: Listado de asistencia a la prueba piloto 2





	LISTADO ASISTENCIA	Código: FGH05
		Versión: 05

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD: Aproximación de IoT TIC Para la Seguridad Administrativa			
FACILITADOR: Alejandro Quiroz Estrada			
FECHA: 17 de Diciembre de 2022	INTENSIDAD: 3 horas	HORARIO:	
LUGAR: Politécnico JIC	DIAS: 1	Desde: 6 AM	Hasta: 9 AM

NOMBRES Y APELLIDOS	CÉDULA	FIRMA
1. Juan Esteban Medina Ríos	1035441954	<i>[Firma]</i>
2. Catalina Arcees Londero	1001539663	<i>[Firma]</i>
3. Sebastian Altale Sierra	1033551111	Sebastian A.
4. Juan David Gallon H	1037642267	<i>[Firma]</i>
5. Andres Garavito Gonzalez	1001214554	<i>[Firma]</i>
6. Sebastian Torres Jimenez	1051568512	Sebastian Torres J
7. Juan David Gallon	1036785772	Juan David Cortales Morán
8. Ivan Leonardo Peña M.	1032451320	Ivan Peña
9. Sebastián Martínez Ospina	1036683545	<i>[Firma]</i>
10. Laura Cristina Soto Bettes	1037365666	Laura S. Soto
11. Rafael Antonio Ceballos Ramirez	710915500	Rafael Ceballos
12. Daniela Torres	1000193384	Daniela Torres
13. David Esteban Caballero B.	1037644638	David Caballero
14. Victor Alfonso Mayano E	1036653270	Victor Mayano
15. Harold B. Cuarta M.	1077409955	<i>[Firma]</i>
16. Camila Millan Lopez	1040755359	Camila Millan L.
17. Jeferan Gollage Obesera	1035910238	<i>[Firma]</i>
18. Edwin Peetz Barcia	71388974	Edwin Peetz B.
19. Esteban Vázquez Cano	102030705	Esteban V.
20. Juan Manuel Tello Hamey	110.494.863	Juan Tello
21. Pedro Alejandro Sánchez Osorio	4.026.110.890	Pedro A. Sánchez
22. Simon Uribe Pastro	1037655730	Simon Uribe P.



E. Anexo: Usuario del representante de cada equipo en la plataforma Moodle























Smartfood [Página Principal](#) [Área personal](#) [Mis cursos](#) [Administración del sitio](#)  Users  Storage  [Modo de edición](#) 

8 Usuarios

▼ Nuevo filtro

Nombre completo del usuario

[Mostrar más...](#) [Añadir filtro](#)

Nombre / Apellido(s)	Número de ID	Dirección de correo	Ciudad/Pueblo	País	Último acceso	Editar
Alejandro Quiroz		aqiroze@unal.edu.co		Colombia	13 segundos	
Deiner Pulgarin		deinereusse8@gmail.com		Colombia	8 horas 29 minutos	  
Juan diego Marin		juan.marinmarin@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 26 minutos	  
Juan Manuel Osorio		juan.osoriolondono@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 37 minutos	  
Laura Valentina Segura		laura.segura@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 32 minutos	  
Manuela Villada		manuela.villadagarcia@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 38 minutos	  
Samuel Correa		samuel.correacordoba@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 22 minutos	  
Yeins Mesa		yeins.mesarodriguez@inemjose.edu.co		Colombia	8 horas 24 minutos	  

[Añade un nuevo usuario](#)



F. Anexo: Consentimiento informado

Documento de consentimiento informado para la recolección de datos para la validación de la prueba piloto asociada a la “Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá”

Este formulario de consentimiento informado va dirigido a los estudiantes y docentes del INEM José Félix De Restrepo a los cuales muy formalmente se les invita a participar en la prueba piloto en cuestión.

Investigador Principal: Alejandro Quiroz Estrada

Organización: Universidad Nacional de Colombia

Proyecto: Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Este documento de consentimiento informado tiene dos partes:

- Información (proporciona información sobre el estudio).
- Formulario de consentimiento (Digital). El cual leerán una vez se inscriban en los cursos de la plataforma Moodle.

PARTE I: Información

Introducción

La presente prueba piloto está relacionada como parte de la metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de I. Este es un estudio realizado como parte de un trabajo de grado de maestría.

104 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Propósito

Se pretende realizar una validación de la metodología propuesta con el fin de poder determinar la eficiencia del modelo, falencias y futuras mejoras.

Tipo de intervención de investigación

La investigación se clasifica como una investigación sin riesgo.

Participación voluntaria

Su participación en esta prueba piloto es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aun cuando haya aceptado antes.

Procedimiento y protocolo

La prueba piloto está dividida en tres actividades: curso en la plataforma Moodle con una duración de 45 minutos, charla por parte del profesional en agricultura y un laboratorio.

Incentivos

No hay ningún incentivo económico al participar de esta investigación.

Confidencialidad

No se compartirá la identidad de aquellos que participen en la investigación.

La información recogida de este proyecto de investigación se mantendrá confidencial. La información acerca de usted que se recogerá durante la investigación será puesta fuera de alcance de terceros y nadie, sino los investigadores tendrán acceso a verla.

Si tiene cualquier pregunta puede hacerla ahora o más tarde, incluso depuse de haberse iniciado el estudio.

PARTE II: Formulario de Consentimiento

He sido invitado a participar en la prueba piloto de la metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá . He sido informado que existen riesgos asociados. Se que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensara económicamente. Se me ha proporcionado el nombre del investigador que puede ser fácilmente contactado dentro de la institución universitaria.

He leído la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera.

Nombre del participante _____

Firma del participante _____

Fecha _____

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Se Confirma que el individuo ha dado su consentimiento libremente.

Nombre del investigador principal _____

Firma del investigador principal _____

Fecha _____

Bibliografía

Unidad para la atención y reparación integral a las víctimas. (2021). Víctimas de conflicto.

Tomado de: <https://www.unidadvictimas.gov.co/es/registro-unico-de-victimas-ruv/37394>

Gobernación de Antioquia. (2019). Perfil alimentario y nutricional de Antioquia 2019. Tomado de:

[http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/ba8c4eac-](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/ba8c4eac-c8ad43aa9a6f7f9f143d28a0/resumen_ejecutivo_perfil_alimentario_FINAL.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n3658bG)

[c8ad43aa9a6f7f9f143d28a0/resumen_ejecutivo_perfil_alimentario_FINAL.pdf?MOD=AJPERES](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/ba8c4eac-c8ad43aa9a6f7f9f143d28a0/resumen_ejecutivo_perfil_alimentario_FINAL.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n3658bG)

[&CVID=n3658bG](http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/ba8c4eac-c8ad43aa9a6f7f9f143d28a0/resumen_ejecutivo_perfil_alimentario_FINAL.pdf?MOD=AJPERES&CVID=n3658bG)

OMS. (2004). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. *Biblioteca de la OMS*. ISBN 92 4 359222 X.

Naciones Unidas. (2019). Población. Tomado de:

<https://www.un.org/es/sections/issuesdepth/population/index.html#:~:text=Se%20espera%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,de%2011.000%20millones%20para%202100.>

Per, A., “Is it time to take vertical indoor farming seriously?”, *Global Food Security*, 17, 233–235, 2018.

Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (2003), Construir la Sociedad de la Información: un desafío global para el nuevo milenio. Tomado de:

<https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/dop-es.html>

Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (2017), Informe sobre el 20º período de sesiones. Tomado de: https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162017d4_es.pdf

Xiaopu, P., *et al.* “Exploiting Renewable Energy and UPS Systems to Reduce Power Consumption in Data Centers”, *Big Data Research*, 27, 2022.

Cobos, A. (2016). Diseño e implementación de una arquitectura IoT basada en tecnologías Open Source. (Tesis en Master Universitario De Ingeniería De Telecomunicación), Departamento de Ingeniería Telemática, Escuela Técnica Superior De Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla.

García, J., Hassan, S., Ibaq, N., Mumtaz, R., Raza & S., Shafi. "Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications", *Sensors Journal.*, 19(17), 3796, 2019.

Chandra, R., *et al.* "FarmBeats: An IoT Platform for Data-Driven Agriculture. FarmBeats: An IoT Platform for Data-Driven Agriculture", *14th USENIX Symposium on Networked Systems.*, 515-559, 2017.

Mahroof, K., Omar, a., Rana N. P., Sivarajah, U.& Weerakkody, V. "Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development", *Journal of Cleaner Production.*, 287, 2021.

Avgoustaki, D. D. & Xydis, G. "How energy innovation in indoor vertical farming can improve food security, sustainability, and food safety?", *Advances in Food Security and Sustainability*, *Elsevier.*, 5, 1-51, 2020.

Suparwoko & Taufani, B. "Urban Farming Construction Model on the Vertical Building Envelope to Support the Green Buildings Development in Sleman, Indonesia", *Procedia Engineering.*, 71,258-264, 2017.

Armanda, D., Guinée, J. B., & Tukker, A. "The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability – A review", *Global Food Security.*, 22, 13-24, 2019.

Silva, W., *et al.* "Urban challenges and opportunities to promote sustainable food security through smart cities and the 4th industrial revolution", *Land Use Policy.*, 87, 2019.

FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables, 2020. Tomado de: https://data.unicef.org/wpcontent/uploads/2020/07/Espanol___In_Brief.pdf

Tuomisto, H. L. "Vertical Farming and Cultured Meat: Immature Technologies for Urgent Problems", *One Earth.*, 1(3), 275-277, 2019.

108 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Mack, E. A., Shubham Agrawal & Sicheng Wang. "The impacts of the COVID-19 pandemic on transportation employment: A comparative analysis", *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 12, 2021.

Veysel, I., *et al.* "The nexus between renewable energy, CO2 emissions, and economic growth: Empirical evidence from African oil-producing countries", *Energy Reports*, 8, 1634-1643, 2022.

Smart Plant Factory. "Design and Control of Smart Plant Factory: The next generation indoor vertical farms", *Springer.*, 51-55, 2018.

Miranda, J., *et al.* "Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0", *Computers in Industry.*, 108, 21-36, 2019.

Chapman, B. J., Linton, R. H. & McSwane, D. Z. "Chapter 31 - Food safety postprocessing: Transportation, supermarkets, and restaurants", *Foodborne Infections and Intoxications (Fifth Edition)*, *Academic Press*, 523-544, 2021.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Informe de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 2002. Tomado de: <http://www.fao.org/3/a-y7106s.pdf>

Boratyńska, K. & Tofiq, R. "Huseynov, An innovative approach to food security policy in developing countries", *Journal of Innovation & Knowledge.*, 2(1), 39-44, 2017.

Naciones Unidas. Función de la ciencia, la tecnología y la innovación en la garantía de la seguridad alimentaria para el año 2030. 20º Periodo de sesiones, Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2017. Tomado de: https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162017d3_es.pdf

Gentry, M. "Local heat, local food: Integrating vertical hydroponic farming with district heating in Sweden", *Energy*, 174, 191-197, 2019.

Wong, C., Zhi, Wei, N., T., Shen, L. & Yu, H. "Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming", *Trends in Food Science & Technology.*, 106, 48-63, 2020.

Kotzen, B., Emerenciano, M.G.C., Moheimani, N. & Burnell G.M. "Aquaponics: Alternative Types and Approaches. Aquaponics Food Production Systems", *Springer.*, 301-330, 2019.

Mehra, M., *et al.* "IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks" *Computers and Electronics in Agriculture.*, 155, 473-486, 2018.

Ezzahoui, I., Abdelouahid, R., Taji, K. & Marzak, A. "Hydroponic and Aquaponic Farming: Comparative Study Based on Internet of things IoT technologies", *Procedia Computer Science*, 191, 499-504, 2021.

DELL Technologies. Indoor vertical farm uses data-driven insights from IoT deployment to increase yields, conserve resources and improve flavor, 2017. Tomado de: https://aerofarms.com/wpcontent/uploads/2017/10/delltechnologies_aerofarms_case_study_v7_fnl.pdf

Larsson, M. "Local Production and Distribution Systems. In: Circular Business Models", *Palgrave Macmillan.*, 99-126, 2018

Agricultura Vertical Eficiente (AVE), 2019. Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=psRQtIijQWc>

Sadowski, S. & Spachos, P. "Wireless technologies for smart agricultural monitoring using internet of things devices with energy harvesting capabilities", *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 2020.

Rahaman, M. M. & Azharuddin, M. "Wireless sensor networks in agriculture through machine learning: A survey", *Computers and Electronics in Agriculture*, 197, 2022.

110 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Mehra, M., Saxena, S., Sankaranarayanan, S., Jackson, R. & Veeramanikandan, T.M. "IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks", *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 473-486, 2018.

Martikkala, A., *et al.* "Trends for Low-Cost and Open-Source IoT Solutions Development for Industry 4.0", *Procedia Manufacturing*, 55, 298-305, 2021.

McCauley, D. M., Nackley, L. L. & Kelley, J. "Demonstration of a low-cost and open-source platform for on-farm monitoring and decision support", *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 2021.

B. Kitchenham. (2004) Procedures for Performing Systematic Reviews [Internet], Keele University Technical Report, Disponible desde: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>.

Mohammad A., F. & Miremadi, I. "The impact of technological and social capabilities on innovation performance: a technological catch-up perspective", *Technology in Society*, 68, 2022.

Tonhauser, M. & Ristvej, J. "Implementation of New Technologies to Improve Safety of Road Transport", *Transportation Research Procedia*, 55, 1599-1604, 2021.

Di Bona, G., Cesarotti, V., Arcese, G. & Gallo, T. "Implementation of Industry 4.0 technology: New opportunities and challenges for maintenance strategy", *Procedia Computer Science*, 180, 424-429, 2021.

Marocco, M. & Garofolo, I. "Integrating disruptive technologies with facilities management: A literature review and future research directions", *Automation in Construction*, 131, 2021.

Yue, K. & Shen, Y. "An overview of disruptive technologies for aquaculture", *Aquaculture and Fisheries*, 7(2), 111-120, 2022.

Nagaraj, S.V. "Disruptive technologies that are likely to shape future jobs", *Procedia Computer Science*, 172, 502-504, 2020.

Hopster, J. "What are socially disruptive technologies?", *Technology in Society*, 67, 2021.

Schuelke-Leech, B. "Disruptive technologies for a Green New Deal", *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 2021.

Love, P., Matthews, J. & Zhou, J. "Is it just too good to be true? Unearthing the benefits of disruptive technology", *International Journal of Information Management*, 52, 2020.

Kopalle, P., *et al.* "Examining artificial intelligence (AI) technologies in marketing via a global lens: Current trends and future research opportunities", *International Journal of Research in Marketing*, 2021.

Sanka, A. I., *et al.* "A survey of breakthrough in blockchain technology: Adoptions, applications, challenges and future research", *Computer Communications*, 169, 179-201, 2021.

Zhang, K. & Aslan, A. B. "AI technologies for education: Recent research & future directions", *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 2021.

Zou, B., Guo, F. & Guo, J. Absorptive capacity, technological innovation, and product life cycle: a system dynamics model. *SpringerPlus* 5, 1662, 2016.

112 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Jena, A. & Patel, S.K. "Analysis and evaluation of Indian industrial system requirements and barriers affect during implementation of Industry 4.0 technologies", *Int J Adv Manuf Technol*, 120, 2109–2133, 2022.

Farooq, M.U., *et al.* "Understanding 5G Wireless Cellular Network: Challenges, Emerging Research Directions and Enabling Technologies", *Wireless Pers Commun* 95, 261–285, 2017.

Cui, L., *et al.* "Security and Privacy in Smart Cities: Challenges and Opportunities", *IEEE Access*, 1-12, 2018.

Chu, W., *et al.* "Cloud Control System Architectures, Technologies and Applications on Intelligent and Connected Vehicles: a Review", *Chin. J. Mech. Eng.* 34, 139, 2021.

Gittler, T., *et al.* "International Conference on Advanced and Competitive Manufacturing Technologies milling tool wear prediction using unsupervised machine learning", *Int J Adv Manuf Technol*, 117, 2213–2226, 2021.

Clark, D., *et al.* "Bench to bedside: The technology adoption pathway in healthcare", *Health Technol.* 10, 537–545, 2020.

Shin, J. *et al.* "Extended technology acceptance model to explain the mechanism of modular construction adoption", *Journal of Cleaner Production*, 342, 2022.

Di Bona, G., *et al.* "Implementation of Industry 4.0 technology: New opportunities and challenges for maintenance strategy", *Procedia Computer Science*, 180, 424-429, 2021.

Criado, J. I. & de Zarate-Alcarazo, L. "Technological frames, CIOs, and Artificial Intelligence in public administration: A socio-cognitive exploratory study in Spanish local governments", *Government Information Quarterly*, 2022.

Shin, J. *et al* “Extended technology acceptance model to explain the mechanism of modular construction adoption”, *Journal of Cleaner Production*, 342, 2022.

Fakhimi, M. & Miremadi, I. “The impact of technological and social capabilities on innovation performance: a technological catch-up perspective”, *Technology in Society*, 68, 2022.

Calderoni, L., Magnani, A. & Maio, D. “IoT Manager: An open-source IoT framework for smart cities”, *Journal of Systems Architecture*, 98, 413-423, 2019.

Zapata, C. M., *et al.*, “Esquemas preconceptuales ejecutables”, *Revista Avances en Sistemas e Informática.*, 7, 2011.

Quiroz, A, Jiménez, J. A., Acosta, G. A., Espinosa A. & Zapata, C. M. “Modelo de medición de ecosistemas inteligentes desarrollados bajo el paradigma del internet de las cosas (IoT): Desafíos y algunos problemas de las arquitecturas IoT”, *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 10 (1), 42-56, 2022.

Carroll, J., *et al.* “Just What Do the Youth of Today Want? Technology Appropriation by Young People”. *Hawaii International Conference on System Sciences*, 5, 131b, 2002.

Ylipulli, J., *et al.* “Municipal WiFi and interactive displays: Appropriation of new technologies in public urban spaces”, *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 145-160, 2014.

Carroll, J., *et al.* “Identity, Power And Fragmentation in Cyberspace: Technology Appropriation by Young People” *Proc. ACIS*, 6, 2001.

Ylipulli, J., *et al.* “Municipal WiFi and interactive displays: Appropriation of new technologies in public urban spaces”, *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 145-160, 2014.

Uotinen, J. “How Computer is Domesticated — The Signification Process of Information Technology”, *HIST Seminar*, 2005.

114 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Eun-Jung, K., A-Hyun, K., & Sang-Soo K. "Toward the understanding of the appropriation of ICT-based Smart-work and its impact on performance in organizations", *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 2021.

Vázquez, J. "Nuevos escenarios y tendencias universitarias", *Revista de Investigación Educativa*, 33(1), 13-26, 2015.

Card, S.K. (2018). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. CRC Press, 2018. isbn: 9781351409452. Tomado de: <https://books.google.com.co/books?id=iUtaDwAAQBAJ>

Bakhtin, M. M. (1981). *The dialogic imagination: Four essays* (M. Holquist, Ed. & Trans.; C. Emerson, Trans.). Austin: University of Texas Press. (Translation of *Voprosyl iteratury i estetiki*). Tomado de: <https://books.google.com/books?isbn=0292782861>

Lund, A. (2004, November). Teacher expertise as appropriation: Emergence of transformed practices. ProLearn conference, Oslo, Norway.

Fonlon, B. N. (2010). *Challenge of culture in Africa: From restoration to integration*. Bamenda: Langaa. (Original work published 1965 and 1967). Tomado de: <https://books.google.com/books?isbn=9956578983>

Hountondji, P. J. (2002). *The struggle for meaning: Reflections on philosophy, culture, and democracy in Africa* (J. Conteh-Morgan, Trans.). Athens: Ohio University for International Studies. (Original work published 1942 in French was titled *Combats pour le sens: un itinéraire africain*). Tomado de: <https://books.google.com/books?isbn=0896802256>

Latour, B. "Technology is Society Made Durable", *The Sociological Review*, XXXVIII, S1, 103-131, 1990.

Law, J. "Introduction: Monsters, Machines and Sociotechnical Relations", *The Sociological Review*, XXXVIII, S1, 1-23, 1990.

Subercaseaux, B. "La apropiación cultural en el pensamiento y la cultura de América Latina", *Revista Estudios Públicos*, 30, 11, 1988. Tomado de: http://www.cepchile.cl/dms/archivo_1193_1127/rev30_subercaseaux.pdf. Consultado el 2 de mayo de 2016.

Hooper, S. & Rieber, L. P. (1995). *Teaching with technology*. En A. C. Ornstein (Ed.), *Teaching: Theory into practice*, (pp. 154-170). Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

UNESCO (2002). *Information and Communication Technology in Education. A Curriculum for Schools and Programme of Teacher Development*. Tomado de: <http://unesdoc.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=129538&gp=1&mode=e&lin=1>

ISTE (2008). *NETS for Teachers: National Educational Technology Standards for Teachers, Second Edition, 2008*, iste (International Society for Technology in Education). Tomado de: http://www.iste.org/docs/pdfs/nets-for-teachers-2008_spanish.pdf?sfvrsn=2

Adell, J. (2008). *Competencia digital de los profesores*. Recuperado de www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=sLLlwJcQ--Y

Quezada H. C. & Pérez, M. "De telegrafía sin hilos a radiodifusión: Apropiación tecnológica de la radio en Chile", 1901-1931. *Revista de Historia Iberoamericana*, 9(1), 2016.

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. 3ª Edición.

Bhagwati, P & Sinha, G. & Naveen, G." *Introduction to sensors*", 2020. Tomado de: <https://iopscience.iop.org/chapter/978-0-7503-2707-7/bk978-0-7503-2707-7ch1.pdf>

Tujil, E. *et al.* "Opportunities and Challenges of Urban Agriculture for Sustainable City Development", *European Spatial Research and Policy*, 25(2), 5-22, 2018.

116 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Hyder, S. & Bhamani, S. "Bloom's Taxonomy (Cognitive Domain) in Higher Education Settings: Reflection Brief", 2017. Tomado de: https://www.researchgate.net/publication/311614702_Bloom's_Taxonomy_Cognitive_Domain_in_Higher_Education_Settings_Reflection_Brief.

Rupani, C. M. "Evaluation of existing teaching learning process on Bloom's Taxonomy", *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 1, 119-126, 2011.

Riazi, A. M. "Evaluation of learning objectives in Iranian high-school and pre-university English textbooks using Bloom's taxonomy", *The Electronic Journal for English as a Second Language*, 13(4), 2010. Tomado de: <http://www.tesl-ej.org/wordpress/issues/volume13/ej52/ej52a5/>

Bloom, B. S., (1956). *The cognitive domain: Taxonomy of educational objectives handbook I*. New York: David McKay Co Inc

Anees, S. "Analysis of Assessment Levels of Students' Learning according to Cognitive Domain of Bloom's Taxonomy", Institute of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Social Sciences, University of Agriculture, Faisalabad-Pakistan, 2017.

Komárek, J., & Mareš, J. "An update to modern taxonomy (2011) of freshwater planktic heterocytous cyanobacteria", *Hydrobiologia*, 698(1), 327-351, 2012.

Tuma, F. & Nassar, A. K. "Applying Bloom's taxonomy in clinical surgery: Practical examples", *Annals of Medicine and Surgery*, 69, 2021.

Krau, S. D. "Creating Educational Objectives for Patient Education Using the New Bloom's Taxonomy", *Nursing Clinics of North America*, 46(3), 299-312, 2011,

Waite, L. H., Zupec, J. F., Quinn, D. H. & Poon, C. Y. "Revised Bloom's taxonomy as a mentoring framework for successful promotion", *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 12(11), 1379-1382, 2020.

Anderson, L.W. & Krathwohl D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.

NZQA. Tertiary Evaluation Indicators. 2016. Tomado de: <https://www.nzqa.govt.nz/providers-partners/self-assessment/makeself-assessment-happen/tools-and-resources/tertiary-evaluation-indicators/>

Wang, J., Tigelaar, D., Luo, J. & Admiraal, W. "Teacher beliefs, classroom process quality, and student engagement in the smart classroom learning environment: A multilevel analysis", *Computers & Education*, 183, 2022.

Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classroom. In T. Janik, & T. Seidel (Eds.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 137–160). Münster, Germany: Waxmann.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. "Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem", *Learning and Instruction*, 19(6), 527–537, 2009.

Wang, M.C., Haertel, G.D. & Wallberg, H.J. "Toward a knowledge base for school learning", *Review of Educational Research*, Vol. 63, No. 3, 249-294, 1993.

Djigic, G. & Stojiljkovic, S. "Classroom management styles, classroom climate and school achievement", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 29, 819-828, 2011.

MacLeod, J., Hao Yang, H., Zhu, S. & Li, Y. "Understanding students' preferences toward the smart classroom learning environment: Development and validation of an instrument", *Computers & Education*, 22, 80-91, 2018.

118 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Lonergan, R, Cumming, T. M. & O'Neill, S. C. "Exploring the efficacy of problem-based learning in diverse secondary school classrooms: Characteristics and goals of problem-based learning", *International Journal of Educational Research*, 112, 2022.

Brown, G. "Proposing Problem-Based Learning for teaching future forensic speech scientists", *Science & Justice*, 2022.

Dolmans, D. & Gijbels, D. "Research on problem-based learning: future challenges", *Med. Educ.*, 47, 214-218, 2013

Capon, N. & Kuhn, D. "What's so good about problem-based learning?", *Cognit. Instruct.*, 22, 61-79, 2004.

Duch, B., Groh, S. & D. Allen (2001), *The Power of Problem-Based Learning: A Practical "How To" for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*, Stylus, 47-53, Sterling, Virginia.

Jonassen, D.H. "Toward a design theory of problem solving" *Educ. Tech. Res. Dev.*, 48 (4), 63-85, 2000.

Cataldi, Z. & Lage, F. "Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión", *EduTec: Revista electrónica de tecnología educativa*, 28, 2009.

Suárez, J. J., Arencibia Rodríguez, Y. & Pérez, A. C. "Metodología para desarrollar un sistema tutor inteligente basado en la Web para estudiantes de ingeniería" *Universidad y Sociedad*, 8(4), 108-115, 2016.

Anderson, J. R. (1988). *The Expert Module*. En M. C. Polson & J. J. Richardson (eds.), *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc. Publishers.

Durango, J. A. & Pascuas, Y. S. "Los sistemas tutores inteligentes y su aplicabilidad en la educación", *Revista de la Facultad de Educación, Ciencias Humanas y Sociales*, 17, 104-106, 2015.

Tisza, G. & Panos, M. "Understanding the role of fun in learning to code", *International Journal of Child-Computer Interaction*, 28, 2021.

Pienimäki, M., Kinnula, M. & Iivari, N. "Finding fun in non-formal technology education", *International Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 2021.

Lucardie, D. "The Impact of Fun and Enjoyment on Adult's Learning", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 142, 439-446, 2014.

Santos, B. & Mesa, D. "Cálculo de Soluciones Nutritivas en suelo y sin suelo", Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2012.

Arias, F., Jiménez, J. & Ovalle, D. "Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes", *RASI*. 6. 155-164, 2009.

Méndez, C. & Rondón, M. A. "Introducción al análisis factorial exploratorio", *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 41(1), 197-207, 2022.

Streiner, D. L. "Figuring Out Factors: The Use and Misuse of Factor Analysis. Canadian journal of psychiatry", *Revue canadienne de psychiatrie*, 39. 135-40, 1994.

Firebase, 2022. Tomado de: <https://firebase.google.com/docs/rules/rules-and-auth?hl=es-419#:~:text=Las%20reglas%20de%20seguridad%20de,que%20mantengan%20seguros%20sus%20datos>

MathWorks, 2022. Tomado de: https://www.mathworks.com/help/mps/security.html?s_tid=CRUX_lftnav

Firebase, 2022. Tomado de: <https://firebase.google.com/pricing?hl=es-419>

120 Metodología para la apropiación de tecnologías orientadas al mejoramiento de la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas de población vulnerable en el Valle de Aburrá

Thingspeak, 2022. Tomado de:
[https://thingspeak.com/prices/thingspeak_standard?license_name=Standard&country_code=US
&number_of_devices=10&intervals=10&interval_type=Seconds](https://thingspeak.com/prices/thingspeak_standard?license_name=Standard&country_code=US&number_of_devices=10&intervals=10&interval_type=Seconds)