

PROPUESTA DE *FRAMEWORK* CONCEPTUAL PARA LA TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA IOT ENFOCADO EN EL DISEÑO DE SOLUCIONES DE RIEGO
PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES AGRICULTORES DE SANTANDER: UN
APORTE DESDE EL DISEÑO CENTRADO EN LOS USUARIOS.

MARÍA ALEXANDRA ESPINOSA CARREÑO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA
LÍNEA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA, COLOMBIA
SEPTIEMBRE DE 2021

PROPUESTA DE *FRAMEWORK* CONCEPTUAL PARA LA TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA IOT ENFOCADO EN EL DISEÑO DE SOLUCIONES DE RIEGO
PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES AGRICULTORES DE SANTANDER: UN
APORTE DESDE EL DISEÑO CENTRADO EN LOS USUARIOS.

MARÍA ALEXANDRA ESPINOSA CARREÑO

Tesis para optar al título de Doctor en Ingeniería

Director:

PhD. Román Eduardo Sarmiento Porras

Co-director:

PhD. María Begoña Zapiraín

Asesores:

PhD. Astrid Jaime

PhD(C) Mario Jojoa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA
LÍNEA EN INFORMÁTICA
BUCARAMANGA, COLOMBIA
SEPTIEMBRE DE 2021

DECLARACIÓN

Declaro que esta presentación es mi propia obra y que, a mi leal saber y entender, no contiene ningún material previamente publicado o escrito por otra persona ni material que en gran medida haya sido aceptado para la concesión de cualquier otro título o diploma de la Universidad u otro instituto de enseñanza superior, excepto cuando se haya hecho el debido reconocimiento en el texto.

María Alexandra Espinosa Carreño

Septiembre 22, 2022

DEDICATORIA

A mi familia, fuente de sabiduría, dedicación, amor y comprensión. Gracias por ese constante apoyo aún en las partes más oscuras de mi vida.

A mis estudiantes, quienes siguieron esta vaca loca y ahora me llenan de orgullo

A Toni, el primer profesor que me sacó lágrimas, al decirme que lo que si hacía era significativo, y me devolvió la fe en mí misma

A la doctora Astrid Jaime, que sin ser mi directora, se ha comportado a la altura de una. En un constante apoyo, revisión y vigía.

A George Washington Archbold Taylor y su constante dirección y apoyo como mi codirector, coautor y principal asesor en el área de IoT.

A Miguel Eugenio Jurado, quien me ayudó hasta altas horas de la noche para sacar este proyecto adelante. ¡Quién hubiera pensado que mi estudiante problema se convertiría en el asesor de mi tesis!

A mi director Román Eduardo Sarmiento, porque escuchó pacientemente todo mi dolor, rabietas, odios que me generó sacar este proyecto adelante.

Al impulso del doctor Cesar Darío Guerrero, Leidy Johanna Flórez y Johana Pico y la invitación ofrecida por para participar en la hermosa experiencia que representó para mi ser parte del equipo AGRIOT.

A mis amigos, que sirvieron como pañuelo de lágrimas en los momentos más oscuros de mi vida.

A Dios, ente infinitamente sabio, poderoso, omnipotente y omnipresente. Que me dio las fuerzas, salud y sapiencia para finalizar algo que no creí, podría alcanzar

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a:

Román Eduardo Sarmiento Porras, PhD., director de la tesis doctoral, por ser ese polo a tierra que tantas veces se necesita. Por las oportunidades y confianza depositada. Por el apoyo constante

María Begoña Zapirain, PhD., Codirectora de la tesis doctoral, por esa extraordinaria oportunidad y experiencia compartida en la realización de la pasantía. El personal capacitado que me acompañó durante el proceso de pasantía y el aprendizaje recibido.

Astrid Jaime, PhD., Asesora de la tesis doctoral, por haber desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la propuesta. Aprecio sus constantes aportes en el proyecto y su visión para el desarrollo del mismo

Toni Granollers, PhD., quién en su momento silenció las voces de tortura en mi cabeza, me guio por el camino del HCI del cual me enamoré, y participó activamente en el desarrollo de la propuesta.

A AGRIOT, por ser el pilar del proyecto. Porque me enseñaron a trabajar en equipo y a focalizarme. A Cesar Darío Guerrero Santander, PhD, Leidy Johanna Flórez y Johana Pico por su ayuda constante y asesoría.

A mis estudiantes de proyecto de pregrado, que me acompañaron durante el desarrollo de la tesis, haciendo aportes significativas a la misma, sirviéndome de pilar para lo que hoy entrego.

A mis estudiantes de semillero de investigación y su colaboración en la articulación de lo que será

A Del Laboratorio al Campo, específicamente a George Washington Archbold Taylor, por su ayuda constante y sincera en el desarrollo de los proyectos asociados a AGRIOT.

Al director nacional de Parques Nacionales Naturales de Colombia, Área Natural Única Los Estoraques, Luis Hernando Meneses Moreno por ser un actor activo en la identificación de necesidades de los pequeños productores agricultores campesinos.

A la ingeniera María Isabel Díaz Díaz por su constante apoyo en el desarrollo de la tesis y su constante y sincera asesoría.

Al ingeniero Oscar Pulido Castellanos, y a SENA TECNOVA por la oportunidad suministrada y el apoyo logístico para la realización del webinar.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA(S), PREGUNTA(S), SUPUESTO DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.3 SUPUESTO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
2 OBJETIVOS DE LA TESIS	8
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3 MARCO REFERENCIAL	9
3.1 MARCO CONCEPTUAL	10
3.1.1 TIC para la agricultura – ICT4Ag / TIC para el desarrollo – ICT4D.....	10
3.1.2 Internet de las cosas – IoT.....	11
3.1.3 Diseño centrado en los usuarios	12
3.2 MARCO TEÓRICO	12
3.2.1 Sistemas de riego agrícola.....	12
3.2.2 Agricultura 4.0 y las tecnologías emergentes	28
3.2.2.1 TIC para la agricultura (ICTAg)	29
3.2.3 IoT para soluciones de riego	30
3.2.4 Definiendo la transferencia tecnológica	31
3.2.5 Procesamiento de lenguaje natural (PNL).....	35
3.2.6 Diseño de soluciones centradas en el usuario.....	45
3.3 ESTADO DEL ARTE	57
3.3.1 Caracterización de soluciones de riego en el mundo	59
3.3.2 Vigilancia tecnológica	62
3.3.3 Categorización de artículos de acuerdo con buenas prácticas IoT en agricultura.....	63

3.4	MARCO NORMATIVO	69
3.5	MARCO CONTEXTUAL	70
3.6	ANTECEDENTES.....	74
3.7	<i>BENCHMARKING</i> DE EMPRESAS Y TECNOLOGÍAS	78
4	ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA TESIS	84
4.1	ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	84
4.1.1	Subfase 1: revisión por pares	86
4.1.2	Subfase 2: búsqueda de información.....	86
4.1.3	Subfase 3: identificación de buenas prácticas	87
4.1.4	Subfase 4: desarrollo del modelo.....	87
4.2	ASPECTOS ÉTICOS	88
5.	RESULTADOS.....	90
5.1	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	94
5.1.1	Caracterización del proceso de transferencia de las tecnologías IoT de riego en el sector agrícola.....	95
5.1.2	Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala 101	
5.1.3	Definición de instrumentos de evaluación para selección de características	115
5.1.4	Promoción y divulgación	124
5.2	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2	125
5.2.1	Selección de los procesos que pertenecerán al framework	126
5.2.2	Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT	133
5.2.3	Caracterización de modelos de experiencia/centrado en el usuario	143
5.2.4	Caracterización del pequeño productor agricultor	150
5.2.5	Articulación de los elementos en el framework.....	161
5.3	RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3	194
5.3.1	Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto	194
5.3.1	Análisis y Evaluación de los resultados	206
5.3.2	Promoción y divulgación	236
6	CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	237
6.3	Con respecto al objetivo específico 1	237
6.4	Con respecto al objetivo específico 2	238
6.5	Con respecto al objetivo específico 3	241
7	RECOMENDACIONES	243
	REFERENCIAS	247

ANEXOS	279
--------------	-----

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Tipos de suelos	21
Tabla 2. Métodos empleados para sistemas de riego.....	24
Tabla 3. Lista de elementos de un modelo de Transferencia tecnológica	33
Tabla 4. Framework HEART.....	53
Tabla 5. Definición de las diferentes características identificadas en artículos académicos seleccionados	63
Tabla 6. Relación entre criterios y características	64
Tabla 7. Caracterización de patentes relacionadas con IoT de riego	80
Tabla 8. Características de aplicaciones móviles para agricultura	83
Tabla 9. Documentos relacionados con el área de estudio.....	110
Tabla 10. Total de oraciones identificadas alrededor de los cultivos de análisis.....	111
Tabla 11. Identificación de actividades a implementar en el framework a desarrollar	132
Tabla 12. Técnicas y métodos orientados al desarrollo de proyectos en zonas rurales.	149
Tabla 13. Resultado de entrevista con pequeños productores campesinos	152
Tabla 14. Definiciones preconcebidas alrededor de variables asociadas al riego	155
Tabla 15. Metodologías de experiencia de usuario y su uso en encuestados.....	159
Tabla 16. Definiciones modificadas de TRL (MTRL) para el desarrollo de soluciones agrícolas que incorpore tecnologías emergentes.	165
Tabla 17. Descripción de procesos del framework conceptual para el desarrollo integral de soluciones IoT rurales	167
Tabla 18. Actividades del proceso PLANIFICACIÓN.....	171
Tabla 19. Actividades del proceso RECOPIRAR	172
Tabla 20. Actividades del proceso APRENDER	175
Tabla 21. Actividades fase DESARROLLO	178
Tabla 22. Actividades fase VERIFICACIÓN.....	189
Tabla 23. Equipo evaluador del framework desarrollado	201
Tabla 24. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE I.....	208
Tabla 25. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE II.....	209
Tabla 26. Evolución de hitos calculados por el framework AgCDV	217
Tabla 27. Análisis de dispersión sobre evolución de hitos calculados.....	232

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Factores que afectan la evapotranspiración	16
Cuadro 2. Métodos para el cálculo de la evapotranspiración	16
Cuadro 3. Cada tópico se asocia a una palabra dentro del corpus.....	38
Cuadro 4. Ecuaciones de búsqueda de patentes	62
Cuadro 5. Artículos que poseen más de 2 criterios pertenecientes a buenas prácticas IoT	65
Cuadro 6. Proyectos desarrollados en el semillero de investigación, bajo la dirección de estudiante de doctorado	72
Cuadro 7. Análisis de compañías desarrolladoras de productos IoT a nivel mundial	79
Cuadro 8. Tipos de investigación implementada en el marco metodológico	85
Cuadro 9. Fases y actividades relacionadas con el desarrollo de la propuesta doctoral.....	90
Cuadro 10. Descubrimiento y entendimiento de datos	92
Cuadro 11. Requerimientos empleados para el desarrollo del proyecto	93
Cuadro 12. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 1.....	95
Cuadro 13. Definiciones identificadas a partir de los artículos seleccionados	101
Cuadro 14. Actores identificados en el sector agrícola.....	111
Cuadro 15. Comparación de resultados obtenidos por tok2vec y transformers.....	112
Cuadro 16. Relación entre elementos pertenecientes a AgCDV y BPIoTAG (Solución a la comunidad).....	115
Cuadro 17. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 2.....	125
Cuadro 18. Comparativa universidades TOP 5 reconocidas en innovación	129
Cuadro 19. Comparación de modelos de transferencia tecnológica con diseño.....	130
Cuadro 20. Comparación entre los diferentes frameworks para el desarrollo de soluciones centrada en el usuario	145
Cuadro 21. Técnicas empleadas para recopilación de información en zonas rurales	147
Cuadro 22. Estrategias para la caracterización del pequeño productor agricultor santandereano.....	150
Cuadro 23. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 3.....	194
Cuadro 24. Análisis de la percepción de la concepción de la idea - AGRIOT	212
Cuadro 25. Análisis de la percepción de la concepción del concepto – AGRIOT.....	214
Cuadro 26. Análisis de la percepción alrededor del provotipo – AGRIOT	216
Cuadro 27. Análisis de la percepción alrededor del prototipo - AGRIOT	216
Cuadro 28. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I: IDEA	224
Cuadro 29. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II - CONCEPTO.....	226
Cuadro 30. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II - PROVOTIPO	229
Cuadro 31. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III - PROTOTIPO	232

Cuadro 32. Comparación de empresas empleando como esquema evaluativo el modelo AgCDV235

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Dimensiones de la propuesta	9
Figura 2. Ciclo hidrológico.....	15
Figura 3. Factores principales en la tasa de evapotranspiración.....	16
Figura 4. Composición del suelo	19
Figura 5. Desarrollo de un mapa de ruta de las revoluciones industriales y las revoluciones agrícolas..	28
Figura 6. ¿Cómo hacer que la agricultura de precisión trabaje para los pequeños productores agricultores campesinos?.....	30
Figura 7. Ejemplo de modelo de transferencia tecnológica.	32
Figura 8. En qué se relaciona NLP, ML y DL?.....	35
Figura 9. Capacidades claves de NLP.....	36
Figura 10. Análisis de tópicos.....	37
Figura 11. Cómo trabaja LDA, ejemplo ilustrado.....	39
Figura 12. Modelo gráfico de LDA.....	40
Figura 13. Proceso Intuitivo del Restaurante Chino.....	42
Figura 14. Explicación del funcionamiento del Proceso Jerárquico Dirichlet.....	43
Figura 15. Fórmula de tf-idf	44
Figura 16. Reducción de dimensionalidad.....	44
Figura 17. Requisitos del columpio en el árbol	46
Figura 18. Disciplinas involucradas en el diseño de experiencia de usuario.	47
Figura 19. Etapas sugeridas en una metodología centrada en el usuario.....	48
Figura 20. Modelo Doble Diamante	50
Figura 21. Las cinco etapas de Design Thinking	54
Figura 22. Framework de empatía práctica	55
Figura 23. Modelamiento mental	56
Figura 24. Modelo de apropiación al sistema e-agricultura desde una visión centrada en las personas.	58
Figura 25. Metodología empleada para la selección de artículos científicos en inglés (Bases de datos seleccionadas: WOS, SCOPUS y IEEExplore	59
Figura 26. Metodología empleada para la revisión de literatura en general (inglés y español).....	60
Figura 27. Comportamiento en escritura de artículos académicos en países Iberoamericanos, junto con algunas colaboraciones.....	60
Figura 28. Comportamiento en escritura de artículos académicos a nivel mundial (SCOPUS, WOS, IEEExplore)	61
Figura 29. Mapa de tópicos de los artículos seleccionados (en inglés)	61
Figura 30. Comparativa del análisis de soluciones IoT con respecto a los años	66

Figura 31. Análisis temporal de buenas prácticas IoT en agricultura	67
Figura 32. Análisis de temporalidad en el criterio "Replicable y adaptable"	68
Figura 33. Análisis comparativo de las buenas prácticas IoT en literatura vs. análisis de patentes	69
Figura 34. Modelo Proyecto AGRIOT	71
Figura 35. Categorización de términos referente a la búsqueda (UX OR user experience) AND (agriculture OR smallholder farmers) AND ICT AND ()	75
Figura 36. Framework para el desarrollo y sostenimiento de servicios móviles agrícolas (mAgri)	76
Figura 37. Herramientas empleadas en mAgr	78
Figura 38. Estudio de aplicaciones móviles asociadas a la agricultura	80
Figura 39. Uso de íconos como metáforas o marcas culturales	81
Figura 40. Error de diseño en contraste empleado en aplicaciones móviles	82
Figura 41. Uso de estrategias para localización	82
Figura 42. Metodología empleada para el desarrollo de la tesis	84
Figura 43. Formato de Consentimiento de Participación en la Investigación AGRIOT	89
Figura 44. Framework ASUM-DM	92
Figura 45. NVIVO como estrategia para análisis semántico	96
Figura 46. Conteo de aparición por tecnologías	97
Figura 47. Cálculo para diseño de un mapa de ruta de tecnologías empleadas en soluciones IoT de riego	98
Figura 48. Mapa de ruta tecnológica cultivos GPS Santander	98
Figura 49. Mapa de cobertura de soluciones móviles CLARO, redes 2G	99
Figura 50. Mapa de cobertura de soluciones móviles MOVISTAR, redes 2G	99
Figura 51. Mapa de cobertura de soluciones móviles, MOVISTAR, redes 3G	100
Figura 52. Mapa de cobertura de soluciones móviles MOVISTAR, redes 4G	100
Figura 53. Formas de riego en tres municipios Santandereanos.	103
Figura 54. Proyectos financiados por MINCIENCIAS desde 2015	105
Figura 55. Tecnificación de los servicios de extensionismo agrícola	106
Figura 56. Proporción de personas de 5 y más años de edad que usaron celular según una actividad.	107
Figura 57. Proporción de hogares que poseen computador, según tipo de dispositivo. Total Nacional 2019	107
Figura 58. Proporción media de la población américa Latina y caribe en Zonas Rurales y urbanas con una actitud digital específica, 2017	109
Figura 59. Mapa de actores relacionados con el sector del aguacate	113
Figura 60. Mapa de actores relacionados con el sector del café	113
Figura 61. Mapa de actores relacionados con el sector de los cítricos	114
Figura 62. Mapa de actores relacionados con el sector del cacao	114
Figura 63. Resultado de instrumento: comparación entre percepción de desarrollador vs Resultado de evaluación de diseño	116
Figura 64. Frecuencia de palabras relacionada con la Ecuación de búsqueda	118
Figura 65. Diagrama de Venn sobre la interrelación de dimensiones alrededor de los lineamientos identificados	118

Figura 66. Material publicitario empleado en el webinar.....	124
Figura 67. Pasos para realizar el análisis de tópicos.....	134
Figura 68. Clasificación de información de acuerdo a su apartado dentro del artículo.....	134
Figura 69. Nube de palabras con las palabras claves de los artículos seleccionados.....	135
Figura 70. Proceso de tokenización.....	135
Figura 71. Cálculo de cantidad de clústeres por método del codo.....	137
Figura 72. Cálculo de cantidad de clústeres por medio del método de Calinski Harabasz.....	137
Figura 73. Comparación de modelos.....	138
Figura 74. Tópico 1: Variables empleadas en soluciones IoT de riego rural.....	138
Figura 75. Tópico 2: Tecnologías empleadas en sistemas de riego IoT.....	139
Figura 76. Tópico 3: Tipos de sensores empleados en sistemas de riego.....	139
Figura 77. Tópico 4: Características de sistemas de riego inteligentes.....	140
Figura 78. Tópico 5: Oportunidades de implementación de riego IoT.....	140
Figura 79. Tópico 6: Parámetros empleados para el diseño de soluciones IoT de riego.....	141
Figura 80. Tópico 7: modelado de sistemas IoT de Riego.....	141
Figura 81. Tópico 8: Arquitectura empleada en soluciones IoT de riego rural.....	142
Figura 82. Tópico 9: Aspectos a tener en cuenta para implementar soluciones IoT de riego rural.....	142
Figura 83. Técnicas para la recolección de datos.....	148
Figura 84. Asociaciones de Santander.....	151
Figura 85. Productos agrícolas cultivados por encuestados.....	153
Figura 86. Nivel educativo de los encuestados.....	154
Figura 87. Mecanismos empleados para el aprendizaje de lectura.....	154
Figura 88. Aplicaciones móviles empleadas por los pequeños productores agricultores.....	158
Figura 89. Variables que interactúan en el potencial productivo del cultivo.....	161
Figura 90. Framework conceptual para el diseño de soluciones IoT rural centrado en el campesino – AgCDV.....	162
Figura 91. Fase CONTEXTUALIZACIÓN Y DESARROLLO del framework vista desde SCRUM y KANBAN.....	163
Figura 92. Dispositivos categorizados por edad y tipo de dispositivo.....	164
Figura 93. Diagrama de flujo de la fase Contextualización.....	169
Figura 94. Diagrama de flujo con relación de actores de la fase CONTEXTUALIZACIÓN.....	170
Figura 95. Generaciones tecnológicas.....	178
Figura 96. Tipos de protección de propiedad industrial / propiedad intelectual.....	185
Figura 97. Diagrama de flujo de fase DESARROLLO.....	187
Figura 98. Diagrama de flujo de fase VERIFICACIÓN.....	188
Figura 99. Esquema de validación del modelo.....	195
Figura 100. Estructura de trabajo y documentación empleando plataforma TRELLO.....	197
Figura 101. Esquema de trabajo y documentación empleando plataforma DISCORD.....	197
Figura 102. Participación proyecto AGRIOT en Seminario CENIPALMA.....	198
Figura 103. Reuniones con el equipo técnico ThinkLink.....	199
Figura 104. Protocolo para la presentación y evaluación del framework AgCDV.....	206
Figura 105. Resultado INICIATIVA AGRIOT, FASE I.....	207

Figura 106. Resultado INICIATIVA AGRIOT, FASE II	209
Figura 107. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE III	211
Figura 108. Análisis de la percepción de la concepción de la idea	212
Figura 109. Análisis de la percepción de la concepción del concepto - AGRIOT.....	213
Figura 110. Análisis de la percepción alrededor del prototipo - AGRIOT	215
Figura 111. Análisis de la percepción alrededor del prototipo - AGRIOT.....	217
Figura 112. Evolución de hitos calculados por el framework AgCDV.....	218
Figura 113. Comparativa entre hitos percibidos y calculados	218
Figura 114. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO 2.0 - FASE I.....	219
Figura 115. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II.....	220
Figura 116. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III.....	221
Figura 117. Análisis de percepción investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I.....	222
Figura 118. Análisis de percepción de ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I.....	223
Figura 119. Análisis de percepción investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II.....	225
Figura 120. Análisis de percepción desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II	226
Figura 121. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II	227
Figura 122. Análisis de percepción desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II	228
Figura 123. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 – FASE III - PROTOTIPO	230
Figura 124. Análisis de percepción de desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III - PROTOTIPO	231
Figura 125. Análisis de dispersión sobre la evolución de hitos calculados.....	233
Figura 126. Comparación de análisis de dispersión entre evolución de hitos percibidos vs hitos calculados.....	234

LISTA DE ACRÓNIMOS

RUM: Red Universitaria Mutis

UAM: Universidad Autónoma de Manizales

UAO: Universidad Autónoma de Occidente

UNAB: Universidad Autónoma de Bucaramanga

IoT: Internet de las cosas (*Internet of Things*).

WSN: Red de sensores inalámbrico (*Wireless Sensor Network*).

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

UX: User eXperience – Experiencia de usuario.

TT: Transferencia tecnológica

TTO: Oficina de transferencia tecnológica

UTT: Transferencia tecnológica universitaria.

ATT: Transferencia tecnológica agrícola

PI: Propiedad Intelectual.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura

OSI: Organización Internacional para la Estandarización

UX: Experiencia de Usuario (*User Experience*)

HCI: Interacción Humano Máquina (*Human Computer Interaction*)

ICT4D: Tecnologías para la Información y la Comunicación para el Desarrollo (*Information and Communication Technologies for Development*).

ICT4Ag: Tecnologías para la Información y la Comunicación para la Agricultura (*Information and Communication Technologies for Agriculture*).

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

AGROSAVIA: Anteriormente CORPOICA – Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

TT: Transferencia Tecnológica (*Technological Transfer*)

ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones

TRL: Niveles de Madurez Tecnológica – (por sus siglas en inglés - *TECHNOLOGY READINESS LEVELS*).

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

MINTIC: Ministerio de Tecnologías de la Comunicación y la Información de Colombia.

EMBRAPA: Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (por sus siglas en portugués - *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*)

SMS: Short Message Service. También conocido como mensaje de texto

CGIAR: “Asociación mundial de investigación para un futuro con seguridad alimentaria dedicada a transformar los sistemas de alimentos, tierra y agua en una crisis climática.”¹

TRL: Technology Readiness Level, o Nivel de Maduración Tecnológica

GUI: Interfaz gráfica de Usuario (del inglés graphical user interface)

RIMISP: Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural

BM: Banco Mundial

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

RED: Red de Gestión Territorial para el Desarrollo Rural

¹ Información extraída de <https://www.cgiar.org>

UPA: Unidad Productora Agropecuaria

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. Tecnologías Identificadas en el contexto de soluciones IoT de riego agrícola a nivel mundial	279
ANEXO 2. Benchmarking de aplicaciones móviles empleadas a nivel mundial para soluciones IoT de riego.	279
ANEXO 3. Codificación temática alrededor de la transferencia tecnológica IoT.....	279
ANEXO 4. Caracterización de soluciones IoT en academia empleando análisis de tópicos	279
ANEXO 5. Caracterización de empresas IoT de riego a nivel mundial.....	279
ANEXO 6. Análisis de modelos de transferencia tecnológica agrícola.....	279
ANEXO 7. Actores y tipos de actores identificados en la transferencia tecnológica agrícola.....	279
ANEXO 8. Caracterización de la población de Santander y Simacota (Archivo extraído de Terridata). ..	279
ANEXO 9. Preguntas y respuestas realizadas a los pequeños productores agricultores campesinos de Santander.	279
ANEXO 10. Evaluación del modelo	279
ANEXO 11. Evaluación modelos UTT en el mundo.....	279

GLOSARIO

Buena práctica: FAO [1] lo define como *“una práctica que se ha demostrado que funciona bien y produce buenos resultados”, ... “Se trata de una experiencia exitosa, que ha sido probada y validada, en un sentido amplio, que se ha repetido y que merece ser compartida con el fin de ser adoptada por el mayor número posible de personas”*.

Colonialismo tecnológico: Situación en la que una potencia tecnológica minimiza, violenta y destruye la tecnología de una comunidad que se considera menos avanzada en comparación a la que introduce la tecnología [2].

CSV: tipo de documento en formato abierto sencillo cuya función es representar datos en forma de tabla.

Freemium: Es un modelo de negocio en donde el nivel de adquisición del usuario se da a partir de dos niveles: el primero, en donde la adquisición del producto, bien o servicio se da de forma gratuita (free) pero con limitaciones; y el segundo nivel, desbloquea características más avanzadas del producto bien o servicio cuando se paga por ello.

Ground Truth: Para este proyecto, es la realidad que se desea modelar empleando un algoritmo de aprendizaje automático

ICT4D: Es el acrónimo de TIC para el desarrollo (o en inglés *ICT for Development*). De acuerdo con [3], se refiere al uso de las tecnologías de la información de tercera generación en el desarrollo socioeconómico, internacional y de derechos humanos (buscando cumplir los objetivos de desarrollo sostenible).

IOT: red de dispositivos – cada uno con sus sensores – que están conectados a internet mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales).

Lisímetro: es un dispositivo usado para medir la cantidad de agua que hay en el suelo

Oferente tecnológico: Par esta tesis, un oferente tecnológico es aquel responsable del diseño y desarrollo de la tecnología.

Pequeño productor. Existen dos definiciones alrededor de este concepto. Para la FAO, es un agricultor que posee menos de dos hectáreas [4]–[6]. No obstante, y debido a la disparidad entre lo que se considera pequeño productor en Latinoamérica (en donde un pequeño productor puede poseer hasta 10 hectáreas), el ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, junto con FINAGRO, establece que es un pequeño

productor agricultor “*aquel que tenga activos no superiores a 145 salarios mínimos mensuales legales vigentes al momento de solicitar un crédito*” (Decreto 2179 de 2015, Ley 16 de 1990).

Plataforma IoT: base para que los dispositivos conectados se comuniquen a través de herramientas y servicios de la nube (SaaS, PaaS e IaaS) y en el borde (Edge) o en la niebla (fog). Debe cumplir características tales como interconectar hardware (dispositivos y sensores) mediante protocolos de comunicaciones; proporcionar seguridad y autenticación a los dispositivos y usuarios que se conectan a la red; recopilar, visualizar y analizar los datos e integrarlos de acuerdo a las necesidades de un modelo de negocio [7].

Servicio: Actividad de creación de valor para las personas o sociedad. Puede ser aplicado a todas las actividades humanas en un ambiente social o de negocio [8].

Tech Briefs: Boletines cortos de publicación de perspectivas con base científica, en el impacto del desarrollo de ciertas aplicaciones tecnológicas.

UART: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal (Universal Asynchronous Receiver- Transmitter).

Ubidots : Ubidots es una plataforma de IoT.

Unidad Productora Agropecuaria (UPA): Conjunto de predios (finca, tierra, posesión inmueble) perteneciente a un solo productor (natural o jurídico) del cual se produce bienes agrícolas, forestales, pecuarios y/o acuícolas. [9]

WIFI: fidelidad sin cables o inalámbrica (Wireless Fidelity).

XBEE: Es la marca de una familia popular de módulos de conectividad inalámbrica compatibles con factor de forma de Digi International

ZigBee: Especificación basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal. Conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica usada para radiodifusión digital de bajo consumo.

PROPUESTA DE *FRAMEWORK* PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA IOT ENFOCADO EN EL DISEÑO DE SOLUCIONES DE RIEGO PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES AGRICULTORES DE SANTANDER: UN APORTE DESDE EL DISEÑO CENTRADO EN PERSONAS.

MARÍA ALEXANDRA ESPINOSA CARREÑO

PhD. Román Eduardo Sarmiento Porras (Director de tesis)

PhD. María Begoña Zapirain (Co-director de tesis)

PhD. Astrid Jaime (Asesor de tesis)

PhD(C). Mario Jojoa (Asesor de tesis)

Red Universitaria Mutis - RUM

Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB (Colombia)

Programa de Doctorado en Ingeniería

Línea en Informática

RESUMEN

Este proyecto propone el desarrollo de un framework para el diseño de soluciones de riego que emplee Internet de las cosas, mediante canales, procesos y actores de la transferencia tecnológica, utilizando elementos de sistemas centrados en las personas con el fin de potenciar la transformación digital en comunidades de pequeños agricultores de Santander. Este proyecto se desarrolla bajo el paradigma de investigación mixta, utilizando la metodología de triangulación que incluye la revisión sistemática de la literatura, la revisión de expertos y las técnicas de procesamiento del lenguaje natural (PLN) para identificar buenas prácticas que puedan ser incorporadas al marco.

Palabras clave: Transferencia de Tecnología Agrícola (TTA), Diseño Centrado en el Hombre (DCH), Internet de las Cosas (IO), pequeños agricultores

PROPOSED FRAMEWORK FOR IOT TECHNOLOGY TRANSFER FOCUSED ON THE DESIGN OF IRRIGATION SOLUTIONS FOR SMALL FARMERS IN SANTANDER: A CONTRIBUTION FROM PEOPLE-CENTERED DESIGN.

MARÍA ALEXANDRA ESPINOSA CARREÑO

PhD. Román Eduardo Sarmiento Porras (Director de tesis)

PhD. María Begoña Zapirain (Co-director de tesis)

PhD. Astrid Jaime (Asesor de tesis)

PhD(C). Mario Jojoa (Asesor de tesis)

Red Universitaria Mutis - RUM
Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB (Colombia)
Programa de Doctorado en Ingeniería
Línea en Informática

ABSTRACT

This project proposes the development of a framework for the design of IoT irrigation solutions using channels, processes and stakeholders of technology transfer, using elements of people-centered systems in order to enhance the digital transformation in communities of small farmers in Santander. This project is developed under the mixed thesis paradigm, using triangulation methodology that includes systematic literature review, expert review and natural language processing (NLP) techniques to identify good practices that can be incorporated into the framework.

Key words: Agriculture Technology Transfer - ATT, Human Centered Design - HCD, Internet of Things – IoT, smallholder farmer

INTRODUCCIÓN

El mundo está afrontando una crisis de seguridad alimenticia, que exige una respuesta rápida y concreta de parte de todos los gobiernos, con el fin de asegurar la comida para alrededor de diez billones de personas que poblarán el planeta en dieciocho años [10]. Entendiendo las tecnologías emergentes como un medio para solventar problemas asociados a la tecnificación agrícola², se apuesta por su incorporación en el sector de los pequeños productores agricultores campesinos, al entender que son ellos los encargados de producir entre el 56-89% de la comida del mundo. No obstante, y aunque son muchas las iniciativas que buscan la tecnificación agrícola, se ha identificado que problemas asociados con analfabetismo y su consecuente analfabetismo tecnológico, la limitada infraestructura tecnológica que permita el despliegue de servicios de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), vías de acceso inadecuadas, acompañamiento deficiente por parte de los servicios de extensión agrícola, limitación en la adquisición de créditos para la compra de dispositivos tecnológicos, intermediarios, etc. impide de forma adecuada su incorporación en la cadena productiva, al no ser efectivamente adoptada por sus comunidades.

No obstante, son pocos los estudios encontrados en analizar la interacción que tienen los pequeños productores agricultores campesinos, con los proyectos tecnológicos que se impulsan en zonas agrícolas, omitiendo el hecho que es precisamente el desarrollo adecuado de estas soluciones, generan una resistencia de apropiación por parte de las comunidades agrícolas, al incurrir en un colonialismo tecnológico que lapida sus conocimientos ancestrales [11]. Este problema será abordado ampliamente en el capítulo uno.

Es por eso que se hace necesaria, como complemento a las soluciones que se vienen desarrollando actualmente, un marco de referencia *-framework* que establezca las herramientas y procesos necesarios a los desarrolladores para el diseño de soluciones acorde a las necesidades, motivaciones y contextos de los habitantes alejados de los cascos urbanos, a la vez que establezca las oportunidades necesarias para mejorar la transferencia de la tecnología desarrollada desde centros de investigación y desarrollo universitarios a zonas agrícolas, al incorporar mecanismos propios de los modelos de transferencia tecnológica agrícola y extensionismo tecnológico (se desarrollará capítulo uno). Como la cadena de valor asociada a la agricultura es amplia, este trabajo se acota a la actividad relacionada con el riego, al considerarla crítica durante todo el proceso de siembra y cultivo³, seleccionándose como tecnología emergente de estudio el internet de las cosas (IoT de sus siglas en inglés *Internet of Things*), que, debido a sus características, permite captura de información en tiempo real, expandiendo un esquema de red

² fomentando la actualización de métodos de siembra y cosecha, optimizando recursos limitados (como el uso del agua dulce), mejorando la producción y calidad de la cosecha.

³ El riego está asociado a el crecimiento adecuado de la planta, a la conservación de nutrientes en el suelo y a el control de plagas. Su optimización es importante y pertinente, ya que para esta actividad se emplea el uso de agua dulce, la cual ya no es un recurso renovable: el agua empleada en riego ya no es recuperable.

hacia los dispositivos finales (sensores) brindándoles capacidades computacionales que les permite tomar decisiones adecuadas a la problemática identificada (en este caso, cuándo es el momento propicio para establecer el regadío, con cuánto flujo y por cuánto tiempo).

Este *framework* está formalizado bajo el paradigma de investigación mixta empleando una metodología de triangulación, proveniente de varias fuentes de interés: un estudio cualitativo exploratorio en donde se realizará un estudio asociado a la transferencia de tecnologías emergentes⁴, una caracterización del ecosistema tecnológico del cuál se extraerán buenas prácticas para la conformación del modelo; un análisis de tópicos a partir de información académica recopilada que también permitirá la extracción de tendencias alrededor de soluciones automatizadas que empleen Internet de las Cosas (IoT) y finalmente, una evaluación de un grupo de expertos en cada sector identificado en la transferencia tecnológica siguiendo el modelo de cuatro hélices: sector empresarial, sector social, sector académico y sector gubernamental. La recopilación de información empleada para la formulación del framework, puede encontrarse en el capítulo 3, mientras que la descripción completa de la metodología puede encontrarse en el capítulo 4. Finalmente, los hallazgos en la formulación de este proyecto de investigación, pueden encontrarse en el capítulo 5 y 6.

⁴ Por definición, una tecnología emergente es aquella que, por sus características no puede ser evaluada por métricas tradicionales.

1. PROBLEMA(S), PREGUNTA(S), SUPUESTO DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo le ofrece al lector, una comprensión más amplia del problema, haciendo hincapié en la necesidad, urgencia y pertinencia de desarrollar un framework que potencialice un desarrollo estructurado, consciente y contextualizado de soluciones de riego que emplee IoT y responda a las necesidades de los pequeños productores agricultores campesinos de Santander.

El capítulo se organiza en tres secciones: en la primera, se presenta de forma detallada el problema de investigación, explicando las causas y consecuencias de soluciones que no toman en cuenta problemáticas propias de los pequeños productores campesinos de la región, y cómo esto aumenta problemas asociados con la brecha tecnológica y una resistencia a la adopción de tecnologías que podrían mediar en el aumento de la productividad, competitividad y bienestar; la segunda sección presenta las preguntas direccionadoras que empleadas para acotar y orientar la investigación y la última parte señala los beneficios e impactos que se podrían obtener al implementar de forma activa la metodología desarrollada.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El agua ha representado un factor importante en la agricultura, en la cantidad y calidad de cosecha producida [12]. Su correcta gestión facilita el mantenimiento de la seguridad alimenticia de una región, al mitigar la aparición de plagas en los cultivos, aprovechamiento de las precipitaciones y uso eficiente del agua dulce, la cual se usa en el riego de cultivos y ya no se considera un recurso renovable: Una vez se usa, no puede recuperarse.

Ante una amenaza de inseguridad alimenticia, en donde se requiere aumentar casi al doble la producción de alimentos para asegurar el bienestar de casi 10 billones de personas que poblarán la tierra en el 2050 [10], se presenta un conjunto de tecnologías emergentes⁵ las cuáles se han caracterizado por recolectar, sistematizar y analizar grandes cantidades de información (analítica en Big data), encontrar patrones en esos datos recolectados y procesados (inteligencia artificial) con el fin de ofrecer una industrialización inteligente con un esquema interconexión ubicuo e interoperable (Internet de las Cosas [13]). En el caso de técnicas de riego, ofrecen la medición de variables en tiempo real, análisis espacio-temporal de datos relacionados con cada parte del proceso de la cadena de valor del uso de agua, prometiendo beneficios asociados a su capacidad para mitigar catástrofes asociadas al cambio climático [14] [15], desarrollando prácticas sostenibles comprometidas con el medio ambiente, aumentando la producción de alimentos [13] y maximizando el uso de recursos (como el acuífero) [16].

⁵ El Centro de innovación pública digital de MINTIC, lo explica desde la incapacidad de medir el impacto de estas tecnologías de manera tradicional, es decir, desde la revisión de publicaciones, número de investigadores, inversionistas y productos [335].

Pero, a pesar del potencial de uso de estas tecnologías, estas aún se encuentran en una fase de desarrollo e implementación, por lo que aún no se asegura su adecuación ni apropiación y menos en comunidades agrícolas de pequeña escala, las cuales, son los responsables de alimentar el 50-70% del mundo [17]. Son pocas las investigaciones dirigidas a contextualizar estas tecnologías [18]. Inclusive, algunos autores como Novák [19] han identificado que el verdadero problema recae en la inexistencia de *frameworks* que puedan generar productos adecuados para estas comunidades. Estas afirmaciones se ven reflejadas en los resultados de diversos estudios que señalan problemas originados por la poca apropiación tecnológica consecuencia de la misma complejidad de virtualización de las actividades desarrolladas por los granjeros [16] y problemas asociados con el analfabetismo tecnológico [20]; la promoción, uso, apropiación de servicios [19] y despliegue TIC en zonas rurales [21, p. 4]⁶. Y es que actualmente, a pesar de que el gobierno genera estrategias y promueve grupos de investigación y desarrollo en la formulación de iniciativas que permitan la tecnificación agrícola de zonas alejadas de los cascos urbanos, una vez finalizado el proyecto financiado, los campesinos retornan a sus técnicas tradicionales de riego aumentando con ello la brecha tecnológica y problemas inmediatos de índole social⁷, económico [22] y educativo⁸, los cuales empeoraron ante el cierre de fronteras por las políticas de aislamiento preventivo impuestas para contener la pandemia ocasionada por la transmisión del virus SARS-CoV-2 [23], emergiendo nuevos problemas como el desabastecimiento en los productos, especialmente de la canasta familiar [24] y un subsecuente aumento en el precio de los alimentos [25], que quedaron en manos de los intermediarios [26][27] y no del pequeño productor.

Una revisión de la literatura señala una fuerte tendencia hacia el estudio de problemáticas relacionadas con los elementos que componen sistemas de riego tales como la identificación de variables determinantes en su gestión y control (como se podrá observar en el capítulo **MARCO REFERENCIAL**), pero falencias fundamentales en el desarrollo de soluciones que proporcionen un bienestar real y percibido consecuente al contexto y a necesidades de los pequeños productores. A pesar de establecerse un acercamiento desde diferentes enfoques por volver más competitiva la agricultura [28], enfatizando el sector de pequeña escala [21] (desde propuestas direccionadas al aumento de capacidades técnicas y tecnológicas digitales de las nuevas generaciones mediante capacitaciones apostándole al cambio generacional [29] hasta el desarrollo de soluciones que incorporen tecnologías de bajo costo o *low tech* [30] y tecnologías maduras en búsqueda de soluciones contextualizadas con la situación actual del campo), los datos hablan por sí solos: la movilización del campo a la ciudad sigue en aumento [31], los hijos de agricultores siguen sin tener un aliciente para continuar con su trabajo en el campo [32], la mano de obra agrícola continúa disminuyendo mientras los saberes ancestrales continúan desapareciendo.

Considerando lo anterior, se propone una evaluación crítica de los esquemas empleados para el desarrollo de soluciones desde la ingeniería, que implemente consideraciones estratégicas de tal forma que su transferencia sea exitosa al buscar que pueda ser adaptable por los pequeños productores agricultores

⁶ En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) identificó que el internet en zonas rurales apenas abarca el 18.6% en comunidades alejadas de los cascos urbanos y 29.8% en el total nacional), sostenibilidad de los kioscos Vive Digital, y el acceso desigual al WIFI-público a lo largo del territorio colombiano [40].

⁷ grupos al margen de la ley se adueñaron de los territorios productivos, obligando al exilio a los dueños originales de las tierras [373], [374].

⁸ la mayoría de los estudiantes no posee los mecanismos adecuados para asistir a clases en línea [20] [21, p. 4].

campesinos, al implementar mecanismos reconocibles, usable por toda la comunidad, sostenibles y técnicamente posibles, características que, de acuerdo a los resultados de esta investigación, adolecen las soluciones planteadas por la academia, y que la industria ha evidenciado (como se puede observar en el capítulo 5 – Resultados y capítulo 6 – Conclusiones).

Es por eso que se propone un *framework* para el desarrollo de tecnologías IoT de riego que, empleando los diferentes mecanismos propios de los modelos de transferencia tecnológico (como canales, actores y procesos) junto con las buenas prácticas identificadas en el desarrollo de soluciones IoT de riego y estrategias de extensionismo agrícola⁹ y una visión centrada en las personas de tal forma que establezca los procesos necesarios para que los oferentes tecnológicos (centros de investigación y desarrollo y soluciones desarrolladas desde la academia) generen soluciones contextualizadas que implementen elementos cruciales que no son usualmente considerados en los modelos de desarrollo de proyectos, como lo son la “*comprensión intercultural, las habilidades de negociación y los incentivos para la investigación*” [33].

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto, consta de una pregunta de investigación, y cuatro preguntas subyacentes:

¿Cómo se articulan los elementos claves en las diferentes etapas de diseño con los elementos identificados en modelos de transferencia tecnológica agrícola que permitan el desarrollo integral de soluciones IoT en riego desde la óptica del diseño centrado en el usuario?

Como estrategia para encontrar los elementos claves anteriormente planteados, se utilizará: revisión de literatura, revisión por expertos y como innovación, empleo de técnicas NPL, que permita revisar un gran corpus de conocimiento en búsqueda de buenas prácticas a partir del desarrollo de un modelo que las reconozca.

Producto de la pregunta planteada inicialmente, se hace necesario responder otras incógnitas que direccionen el desarrollo de esta investigación:

2. ¿Qué se considera una buena práctica IoT?
3. ¿Qué métricas deben diseñarse con el fin de evaluar la información para identificar los elementos clave que permitan la correcta articulación de tecnologías emergentes y su transferencia tecnológica en el sector de pequeña escala?
4. ¿Qué actores deberían intervenir en el modelo de transferencia tecnológica diseñado? ¿Cómo se relacionan los actores con los procesos y actividades desarrolladas?

⁹ las cuáles han establecido un canal efectivo de comunicación entre los oferentes tecnológicos y los productores [375]

1.3 SUPUESTO DE INVESTIGACIÓN

Una solución de riego agrícola empleando Internet de las Cosas, a partir de un modelo de transferencia tecnológica centrado en las personas, podría generar un nivel de apropiación mayor en pequeños productores agrícolas, que aquellos generados por modelos de transferencia tecnológica enfocados únicamente en aumentar la competitividad.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La urgencia de desarrollar un modelo de transferencia tecnológica agrícola articulado a las necesidades puntuales de los pequeños productores campesinos subyace en la necesidad de propiciar el correcto desarrollo de un ecosistema digital agrícola que permita una apropiada transformación del campo hacia una agricultura 4.0¹⁰ y, por ende, que propicie una participación activa en los mercados locales, nacionales e internacionales¹¹. Un enfoque que sólo potencie el aumento de producción en relación con las actividades relacionadas con el tejido productivo de la región no es suficiente y más cuando la humanidad se enfrenta a las consecuencias producidas por el cambio climático, la escasez de agua dulce y el deterioro de la tierra. Esta transformación digital ya no es opcional, y debe permitir el acceso a toda la comunidad enfocando los esfuerzos en la disminución de barreras hacia la adopción desde otros enfoques como incorporar experiencia de usuario en el desarrollo de estas innovaciones [11].

Ante la escasez de modelos metodológicos para el diseño de soluciones IoT contextualizadas a las necesidades agrícolas de los pequeños productores agricultores (para este caso específico, Santander – Colombia), esta tesis propone la formulación de un *framework* para la transferencia de tecnologías del Internet de las Cosas - IoT¹² vista desde la óptica sistemas centrados en las personas, sugiriendo un esquema para el desarrollo de soluciones integrales que potencien la transformación digital en comunidades de pequeños productores agricultores¹³ al considerar al usuario como el centro, incorporando sus necesidades, motivaciones y expectativas. Estas buenas prácticas serán extraídas desde casos de estudio de extensión agrícola y transferencia tecnológica IoT desarrollado en diferentes países mediante el empleo de técnicas de procesamiento de lenguaje natural - NLP en búsqueda de patrones, extracción, síntesis y clasificación de un corpus elaborado a partir de diferentes bases de datos agrícolas, académicas y que pueda ser empleado en entornos de pequeños productores santandereanos. Esto

¹⁰ Y próximamente 5.0, con la incorporación de la inteligencia artificial, big data y blockchain.

¹¹ El desarrollo de una agricultura resiliente, respetuosa con el medio ambiente, que genere productos de calidad y optimice el uso de los recursos asociados al proceso productivo.

¹² Como el espectro de la transferencia de tecnologías emergentes es muy amplio, este proyecto se centrará en trabajar con la tecnología IoT, la cual se considera el siguiente paso para su transformación digital agrícola pues ofrece soluciones asociadas a procesos productivos, tales como monitoreo de cultivos, sistemas de riego, monitoreo de plagas y demás variables que intervienen en este sector con el fin de ofrecerle al campesino sugerencias, automatización para incrementar el rendimiento del cultivo y optimizar el uso de recursos como el agua y la tierra.

¹³ contemplando las tecnologías digitales vista desde las innovaciones propias de las comunidades rurales, identificando cambios en las organizaciones de investigación y desarrollo, en donde no sólo se busque desarrollar tecnologías empleando un proceso de co-creación con el campesino, sino se optimicen y actualicen las herramientas desarrolladas por las comunidades campesinas.

brindará herramientas que le permita a todos los actores (desde los oferentes tecnológicos hasta los extensionistas agrícolas) estrategias que les permita trabajar con la comunidad desde etapas tempranas de la transferencia, evaluar el rendimiento de la innovación transferida [34] desde la apropiación de conocimiento duro y blando [35], articular etapas para alcanzar la transferencia deseada [36] y un mapeo tecnológico que asegure su efectiva transferencia.

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto AGRIOT – **“DESARROLLO DE UN MODELO DE TRANSFERENCIA Y APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA LOS AGRICULTORES COLOMBIANOS DE PEQUEÑA ESCALA”**, bajo la modalidad estudiante de doctorado. El resultado del proyecto se incorporará de forma directa a los resultados de investigación de AGRIOT, el cual busca el desarrollo de un modelo de transferencia y apropiación de tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) para los agricultores colombianos de pequeña escala. Este último da inicio tras la firma del contrato de financiamiento de recuperación contingente No. 80740-200-2019, entre MINCIENCIAS y la Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB.

2 OBJETIVOS DE LA TESIS

El presente capítulo tiene el propósito de establecer el objetivo general en el cual se responde a la pregunta de investigación propuesta en el apartado anterior.

El capítulo se organiza en dos secciones, siendo la primera la presentación del objetivo general y la segunda los objetivos específicos, los cuáles fueron establecidos tomando en cuenta las diferentes necesidades y requerimientos para lograr el objetivo general.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un *framework* para la transferencia tecnológica enfocado en el diseño de soluciones IoT de riego empleando elementos de diseño de experiencia de usuario mediante información extraída con métodos de procesamiento de lenguaje natural (NLP), revisión de literatura y revisión por pares.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico 1: Identificar los elementos comunes y complementarios pertenecientes a los modelos de transferencia tecnológica agrícola, extensionista agrícola, y de transferencia de tecnologías emergentes.

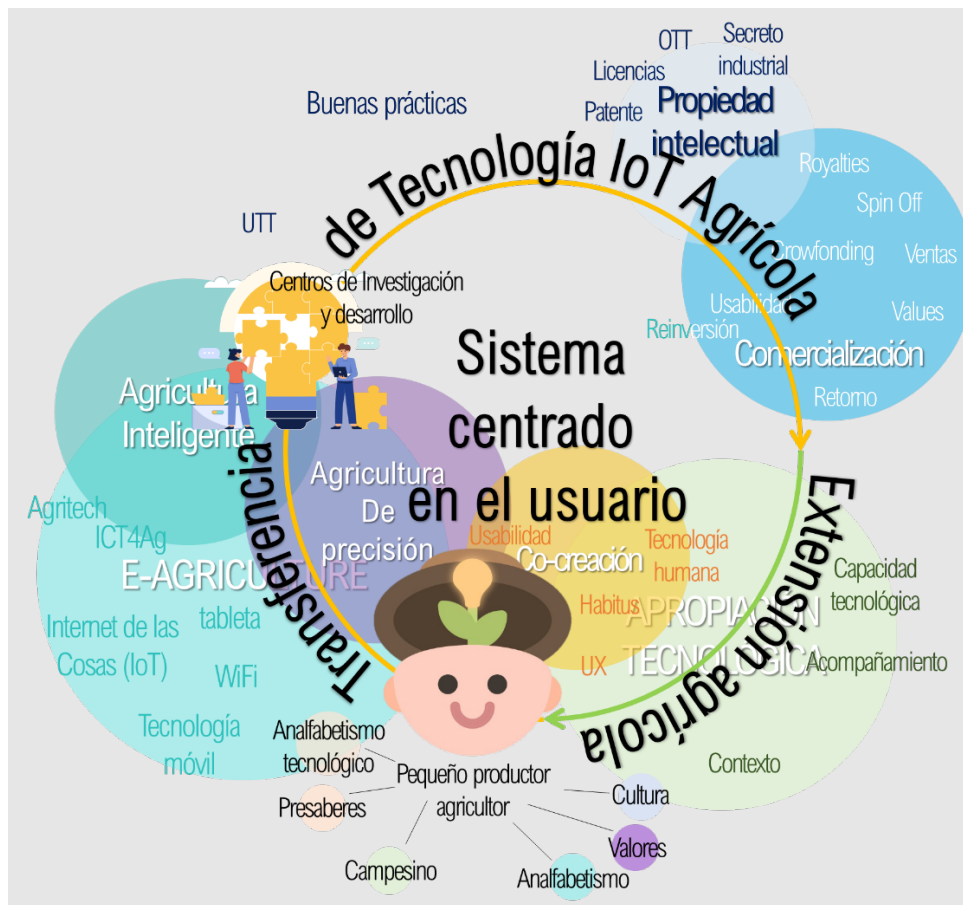
Objetivo específico 2: Diseñar un *framework* de trabajo que articule los diferentes elementos identificados con la consolidación integral vista desde la experiencia de usuario, en las soluciones de tecnologías IoT de riego transferidas al sector de los pequeños productores.

Objetivo específico 3: Evaluar la funcionalidad del *framework* para la transferencia de tecnologías IoT de riego a través de la implementación de una prueba piloto empleando la tecnología AgroRIEGO.

3 MARCO REFERENCIAL

El este capítulo se muestra la recopilación de referentes teóricos y legales, antecedentes, investigaciones previas y demás consideraciones conceptuales en las cuáles se sustenta la tesis doctoral, clasificados en tres dimensiones (ver **Figura 1**): IoT como tecnología que apoya los procesos agrícolas, modelos de transferencia tecnológica seleccionados junto con sus características y finalmente, los sistemas centrados en el usuario.

Figura 1. Dimensiones de la propuesta



El capítulo se organiza en tres secciones, siendo la primera el marco conceptual en donde se detallan aquellos fundamentos claves identificados en empleados en el proyecto, seguido del marco teórico en donde se expande de forma sistemática los conceptos claves, complementado con las bases teóricas además de realizar una descripción relacionada con el proceso de riego. El estado del arte muestra un análisis del ecosistema actual de las soluciones desarrolladas en el ámbito académico, el cual se

complementa con la sección **3.5 BENCHMARKING DE EMPRESAS** al hacer el mismo análisis pero a nivel de empresas a nivel internacional (seleccionando únicamente aquellas que se han reconocido como las más importantes en el desarrollo de soluciones IoT de riego) y empresas a nivel nacional; marco normativo, que menciona las reglamentaciones que fueron consideradas e identificadas y finalmente se presenta la sección antecedentes, en el cual se señalan aquellas propuestas que impactan o respaldan el desarrollo del proyecto.

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Esta sección tiene el propósito presentar al lector aquellos conceptos más usados, reconocidos y claves relacionados con el desarrollo del framework conceptual desarrollado en la sección Articulación de los elementos en el framework. Se encuentra organizado en tres secciones: Agricultura, Tecnologías emergentes, terminología relacionada con la Transferencia tecnológica (y la extensión agrícola cuando se habla del sector de la agricultura) y finalmente Sistemas centrados en el usuario. Algunos de estos conceptos serán explicados con mayor profundidad en MARCO TEÓRICO que se encuentra en la página 12.

3.1.1 TIC para la agricultura – ICT4Ag / TIC para el desarrollo – ICT4D

Conglomerado de especialistas en diferentes áreas (comunicación y la información, investigadores, agricultores, estudiantes, etc. de 160 países y territorios) que debaten de personas se reúne para debatir cuál es la mejor forma de incorporar las TIC en la agricultura para alcanzar una agricultura sostenible y desarrollo rural.

3.1.1.1 Automatización del riego agrícola

Sistemas de innovaciones TIC implementadas en las prácticas de irrigación tradicionales con el fin de optimizar el uso del recurso acuífero, disminuir la aparición de plagas, así como la mano de obra y aumentar la productividad del cultivo.

3.1.1.2 Agricultura Inteligente

También conocida como la tercera revolución verde, es la implementación de varias tecnologías como dispositivos inteligentes interconectados, sensores IoT, Internet, etc. a fin de establecer soluciones que faciliten el proceso productivo agrícola disminuyendo los costos, minimizando el costo de labor, y mejorando el cultivo al tener el control de variables, tales obtener en tiempo real el reporte del clima, comunidades digitales agrícolas, cantidad de nutrientes necesarios, calidad de la tierra, calidad del agua [37].

3.1.1.3 Agricultura de Precisión:

Se refiere a todos los desarrollos y soluciones que, mediante el uso de TIC, permite la optimización de recursos mientras se enfoca en la disminución al impacto ambiental. Con esto se busca mejorar el rendimiento, eficiencia, confiabilidad y seguridad de los procesos productivos[29].

3.1.1.4 Agricultura de Precisión para pequeños productores (Small Smart Farming):

Esta definición puede verse desde dos puntos de vista: Como un conjunto de Innovaciones de tecnología digital que tienen el potencial de conducir impactos positivos en el pequeño productor (SPP) a través de empresarios que presten servicios agrupados para agricultores mediante plataformas digitales y datos escalables¹⁴ o la definición presentada Shibusawa [38] en donde la agricultura de precisión está fundamentada en un sistema de niveles y escenarios que busca capturar información relacionada con la producción de comida, alimentación y fibra, bajo la premisa de aumentar productividad, mientras se disminuye el costo de producción y minimiza el impacto ambiental relacionado con las actividades de la granja, empleando la **velocidad de variabilidad tecnológica (VRT)**

3.1.1.5 Velocidad de variabilidad tecnológica (VRT):

Definición introducida por Shibusawa en [38] en donde menciona la velocidad en la que se puede implementar innovaciones en el sector agrícola de acuerdo a un estado actual o un escenario con el fin de obtener una optimización adecuada del proceso y una reducción en el consumo de recursos.

3.1.1.6 Agricultura de pequeña escala:

Sector agrícola caracterizado por mano de obra familiar cuyo ingreso se obtiene por medio de actividades de intercambio de mercado o no monetario y autoabastecimiento. Está clasificado en dos tipos: aquellos que generan productos para su propia subsistencia y aquellos que generan productos para para ser comercializados [39].

3.1.1.7 Campesino:

De acuerdo la definición ofrecida por la Encuesta nacional de calidad de Vida (ECV) [40], [41], se entiende como campesino como personas que además de trabajar la tierra para el consumo y comercialización de los productos ejerciendo el trabajo de agricultor, posee como característica que es hijo de campesinos descendientes de campesinos, es decir, se puede identificar una vinculación territorial y regional con ancestros campesinos (los cuáles pudieron haber migrado de otro territorio rural) .

3.1.2 Internet de las cosas – IoT

Paradigma de comunicación reciente en el que cada objeto de la vida cotidiana está equipado con microcontroladores, sensores, emisores y receptores para una comunicación digital, y un clúster de protocolos que permite la comunicación mutua entre dispositivos y sus usuarios [42]. IoT es básicamente la convergencia de dos tecnologías: Internet y red sensórica; que permite la directa comunicación máquina-máquina sobre internet. El paradigma ha permitido entre los investigadores, desarrollar propuestas de ciudades inteligentes (redes y servicios autónomos) [43].

¹⁴ Definición obtenida de <https://gcgh.grandchallenges.org/challenge/smart-farming-innovations-small-scale-producers>

3.1.3 Diseño centrado en los usuarios

Proceso iterativo en el cual los diseñadores involucran al usuario en cada fase del proceso de diseño mediante una variedad de técnicas de diseño y de investigación con el fin de recopilar sus necesidades y crear productos altamente usables y accesibles[44].

3.2 MARCO TEÓRICO

Esta sección tiene el propósito mostrar la documentación, paradigmas y conceptos identificados y empleados en el desarrollo de la tesis. Para esto, el marco será dividido en cuatro secciones, las cuáles

3.2.1 Sistemas de riego agrícola

Desde sus orígenes, uno de los mayores problemas que ha sufrido la humanidad es el hambre, y también ha sido el principal motivador de migraciones. Históricamente las mayores culturas humanas, se han desarrollado cerca de fuentes de aguas, en los valles de los ríos como el Tigris, el Éufrates, el Nilo, el río Amarillo, el Missouri Mississippi, el río Magdalena y el río Cauca para hablar de Colombia; o alguna fuente de suministro de agua que garantice poder el riego del cultivo y la alimentación de la comunidad [45].

Y es que el agua cumple un papel muy importante en la producción de los cultivos, ya es el medio de transporte de los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo y crecimiento: mantiene la hidratación de las células de la planta, brindando la rigidez a los tejidos.

De acuerdo a la definición suministrada por la FAO [46] la función principal del riego agrícola es el empleo adecuado y racional del agua dulce “*sobre todo en la producción agrícola, ya que permiten suministrar el agua necesaria a cada tarea a cultivar*”, por lo que si se desea generar un sistema de riego agrícola debe tenerse en cuenta factores relacionados con las fuentes de agua, parámetros relacionados al terreno de cultivo y el tipo de cultivo, las cuáles serán explicadas a continuación¹⁵:

3.2.1.1 Parámetros del terreno de cultivo.

Una vez validado el recurso del agua hay que determinar algunos parámetros del terreno donde se va a localizar el cultivo y que también incidirán en la producción de este cultivo, que son entre otros [47] [48]:

- Altura sobre el nivel del mar del terreno.
- Tipo de piso térmico.
- Humedad relativa del lugar del terreno.
- Sistema de vientos.
- Tipo de terreno; Plano, inclinado, con desnivel, si está en un valle, en ladera.
- Tipo de suelo.

¹⁵ Esta información fue extraída de manuales de la FAO: Manual práctico para sistemas de minirriego [48] y el canal de YouTube [TV AGRO](#) en su mayoría.

- Sistema de lluvias.
- Cantidad de sol para el terreno.
- Temperatura promedio.
- Si esta cercano a una zona boscosa.
- Vías de penetración y comunicación.
- Disponibilidad de energía eléctricas y comunicaciones.
- Seguridad de la zona.
- Viabilidad económica para la producción de los cultivos.
- Disponibilidad y propiedad de la tierra y del agua
- Participación de los productores
- Disponibilidad de mano de obra
- Insumos agrícolas para el riego.
- Acceso al capital
- Servicio de extensión agrícola disponible
- Manejo integrado del suelo, agua y cultivo

Cada uno de estos factores anteriores, afectan en mayor o menor grado un riego óptimo para la planta. Algunos aspectos fueron expresados en la problemática, mientras que el resto serán tocados a profundidad en el capítulo Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala.

3.2.1.2 Recurso acuífero

Las fuentes principales de agua para un sistema de riego son:

- Lluvia disponible en el lugar, tiempos de lluvia y cantidad de agua precipitada.
- Río: *“Corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje”*¹⁶.
- Lagunas, lagos y ciénagas: Depósito de agua salada o dulce de tamaño regular que tiene conexión directa con el mar.
- Represas: Espacio de agua contenida de manera artificial. Usualmente, estas represas se crean a partir de fuentes naturales que son desviadas o por agua de lluvia.
- Pozos de agua. Para ser empleados en agricultura, deben ser relativamente profundos (1.5 metros de altura de agua). Su uso está supeditado a un permiso emitido por IDEAM, y dependiendo de si su uso es de agua superficial o profundo, la entidad tiene la potestad de negar el uso del recurso.
 - Superficiales: agua dulce que viaja por senderos establecidos que pueden cambiar lentamente por el paso del tiempo [49].
 - Profundos: Recurso crítico para la irrigación agrícola, sector pecuario y otras actividades agrícolas como el procesamiento de comida. El 70% de pozos de agua profunda son usadas en el sector agrícola [50].

¹⁶ Definición tomada de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>.

- Quebradas: Su uso depende de si el fluye todo el año y del flujo aproximado al finalizar el verano. Para su cálculo, debe tenerse en cuenta un mínimo cauce biológico (que posibilite la supervivencia de la fauna y flora del ecosistema local).
- Manantiales: Fuente natural de agua que puede obtenerse en un punto específico del interior de la tierra. Al igual que las quebradas, su uso está supeditado a un cauce sostenido (inclusive en verano) y que incluya la supervivencia de la fauna y flora local.
- Reservorios o estanques naturales: espacio de agua contenida en una depresión natural. Normalmente su origen, es agua de lluvia. Para poder emplear esta fuente hídrica, se toma en cuenta las pérdidas debido a evaporación que se da en estos reservorios.

Cada país cuenta con institutos hidrológicos que pueden brindar información acerca de ríos, represas, ciénagas y fuentes de agua como el HIMAT anteriormente en Colombia que ahora paso a hacer parte del IDEAM [47]. Este tema no será profundizado, porque hace parte del área de monitoreo y seguimiento del agua, parte de la cadena productiva de riego de la cuál no formará parte este proyecto, debido a que se considerarían otras variables que, de acuerdo a lo revisado.

3.2.1.3 Consideraciones para el tipo de cultivo.

Valorando los parámetros enumerados anteriormente y otros que puedan ser considerados como pertinentes, se pasara a considerar el tipo de cultivo que se quiere sembrar.

Esta valoración se efectuará para verificar si el cultivo propuesto es factible y si es el más apropiado al terreno elegido.

- Verificar si se adapta el tipo de cultivo elegido al tipo de suelo del terreno.
- Cuáles son los requerimientos de agua del cultivo elegido.
- Clima, altura del terreno, temperatura ambiente, tipo de suelo y cantidad de lluvia del lugar, para comprobar que el cultivo elegido sea compatible con las características del terreno.
- Tipo de riego elegido de acuerdo a los requerimientos de agua del cultivo elegido.
- Tipo de abono requerido, cantidades, modo de aplicación y si será cultivo orgánico.
- Histórico de plagas del área y tipo de control de plagas a aplicar.
- Forma como se va a sembrar, hileras, distancias, si requiere sombrío.

Para conocer factores como: clima, altura del terreno, temperatura ambiente, cantidad de lluvia y temporadas de lluvia en el año, velocidad del viento, humedad relativa y otros parámetros similares, se puede consultar la base de datos del IDEAN para Colombia, entrando a su página web, o consultar bases de datos de la NASA de Estados Unidos o de la FAO. En general cada país tiene un instituto meteorológico que brinda información a sus connacionales.

Al igual hay institutos hidrológicos que pueden brindar información acerca de ríos, represas, ciénagas y fuentes de agua como el HIMAT anteriormente en Colombia que ahora paso a hacer parte del IDEAM.

Para saber el tipo de suelo, hay compañías o universidades que realizan estos estudios y tienen programas ya establecidos con numero de muestras por metros cuadrados del terreno. Y establecen composición,

acidez, permeabilidad, absorción de líquidos, drenaje y demás propiedades necesarias para establecer el tipo de suelo y sus características.

Si no se quiere contratar estudios, hay otros métodos ancestrales aproximados para saber el tipo de suelo y la acidez del mismo, que son usados por nuestros campesinos.

Para saber todos los datos acerca del cultivo que se pretende sembrar, la FAO tiene información muy detallada sobre los mismos sobre requerimiento de agua, tiempos de crecimiento, que pueden ser consultados aunque aquí también son considerados métodos e información de tradición campesina.

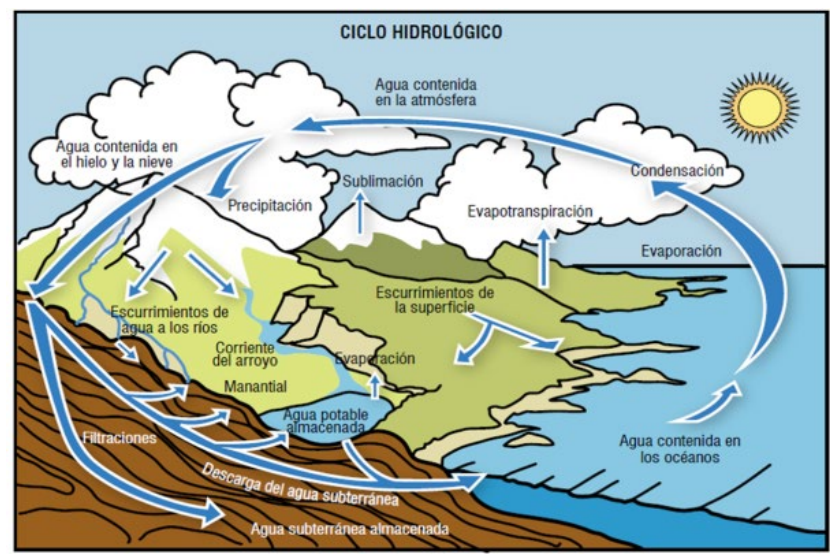
3.2.1.4 Consideraciones para implementar un sistema de riego.

En el requerimiento de riego para el cultivo es fundamental considerar el ciclo hidrológico (que contiene factores importantes en la disponibilidad del riego: La evapotranspiración y la precipitación del agua) de la zona (**Figura 2**) y del terreno donde está el cultivo.

La evapotranspiración cantidad de agua gastada en la transpiración de la planta y en la evaporación [51]. Considera el agua que transpira la planta y el agua que se evapora antes de llegar a la planta, es decir del agua suministrada a la planta parte de ella es transpirada por la planta y parte se evapora, quedando en la planta solo el requerimiento hídrico del cultivo.

El agua es tomada del terreno por las raíces, el terreno tiene los minerales y nutrientes necesarios los cuales al estar disueltos en el agua pasan a través de la raíz a la planta. La evapotranspiración es un parámetro de gran importancia para calcular la cantidad de agua requerida por una planta y por lo tanto es necesario conocer este valor para la planeación, diseño y operación de zonas de riego; especialmente donde los recursos hidráulicos son escasos y muchas veces inciertos.

Figura 2. Ciclo hidrológico



Fuente: IDEAM [47]

Los factores que más afectan la evapotranspiración (Figura 3) depende de tres factores principales:

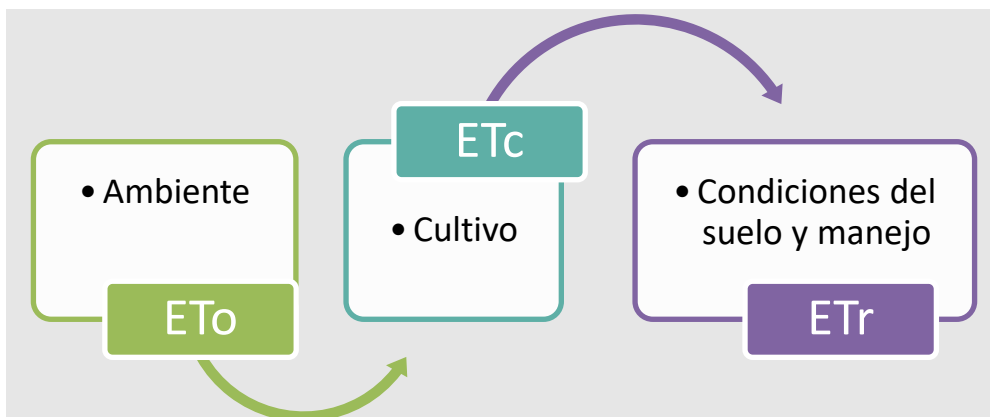
Cuadro 1. Factores que afectan la evapotranspiración

ET _o	ET _c	ET _r
Evapotranspiración a temperatura ambiente	Evapotranspiración del cultivo	Evapotranspiración de condiciones de suelo y manejo
<ul style="list-style-type: none"> • Radiación solar • Temperatura ambiente • Humedad relativa • Velocidad del viento 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cultivo • Necesidades de agua del cultivo • Etapa en que se encuentra el cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Rastreo • Barbecho • Tipo del suelo • Estructura del suelo • Textura del suelo • Precipitación efectiva

Fuente: IDEAM [47] y Manual de microriego FAO [48]

En general alrededor de las dos terceras partes del agua precipitada en la superficie terrestre retornan a la atmosfera por medio de la evapotranspiración.

Figura 3. Factores principales en la tasa de evapotranspiración



Fuente: Hidráulica Fácil. Ing. Sergio Iván Jiménez. Diseños de sistemas de riego: requerimientos de riego. Hidráulica fácil, Ing. Sergio Iván Jiménez, Nov 17/2016

Existen varios métodos para el cálculo de esta característica los cuáles pueden encontrarse en el Cuadro 2. Las ecuaciones posteriormente enunciadas, pueden encontrarse con mayor especificidad en [52]:

Cuadro 2. Métodos para el cálculo de la evapotranspiración

Medición directa	Métodos de cálculo
<ul style="list-style-type: none"> • Método del tanque evaporímetro [53]: se mide en un recipiente de hasta 5 centímetros antes del borde, y se coloca horizontal al tanque una regla medidora o escala que 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Hargraves • Por radicación • Método de Blaney & Criddle (FAO, por medio del programa CROPWAT)

Medición directa	Métodos de cálculo
<p>mide en milímetros y hasta decimas de milímetro. A una misma hora en la mañana, se toma y registra la altura del nivel del agua y se compara con el registro del nivel del agua del día anterior. La resta de la lectura del día presente menos la lectura del día anterior nos da la cantidad de agua evaporada o evaporación. Es necesario poseer un pluviómetro para registrar la lluvia que caen en el día, tomada desde la hora de la lectura del día anterior hasta la hora de la lectura del día presente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Uso de un lisímetro (evapotranspirómetro). Existe de dos tipos: ● Lisímetros de pesada ● Lisímetros de drenaje. ● Lisímetro flotante: también llamados hidráulicos. Tiene el recipiente lleno de suelo. Flota directamente o mediante un flotador en una piscina llena de agua o en otra solución. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Método de Hensen y Haise ● Método de Penman. ● Método USDA (Organización extensionista agrícola de Estados Unidos) ● Método de porcentaje fijo. ● Precipitación confiable ● Forma empírica (usada por campesinos y extensionistas agrícolas).

Fuente: lisímetros para balance hídrico del suelo. Julio cesar Charry Ocampo, Cindy Sora, Unicundinamarca, ingeniería agronómica, Oct 2 /2019

Método de porcentaje fijo.

Este es un método casi intuitivo y se establece que porcentaje de la precipitación es utilizado por la planta. Este porcentaje puede variar entre 0.7 a 0.9.

Precipitación efectiva (Pe)= a x Pt Pt : precipitación, a= (0.7 – 0.9).

Método de precipitación confiable.

Es usado por la FAO, es un cálculo que depende del valor del agua precipitada y esta agua precipitada puede variar entre dos valores, < 70 mm de agua precipitada o > 70 mm de agua precipitada.

Precipitación efectiva Pe = 0.6 Pt – 10 Para Pt < 70 mm Pt: precipitación,

Precipitación efectiva Pe = 0.8 Pt – 24 Para Pt > 70 mm

Método de fórmula empírica.

Con base en datos tomados se puede hacer una regresión y establecer la fórmula para conocer la precipitación efectiva.

Precipitación efectiva $Pe = a Pt + b$ Para $Pt < 2$

Precipitación efectiva $Pe = a Pt + d$ Para $Pt > 2$

Cálculo de la precipitación efectiva por el método USDA.

Servicio de conservación del suelo.

Precipitación efectiva (Pe) = $Pt (125 - 0.2 Pt) / 125$ Para $Pt < 250$ mm

Precipitación efectiva (Pe) = $125 - 0.1 Pt$ Para $Pt > 250$ mm.

Pt = Precipitación total

Con los datos obtenidos de clima, temperatura, presión atmosférica, velocidad de viento, cantidad de lluvia, se pueden establecer tablas que luego pueden ser graficadas. Estas graficas pueden luego ser analizadas para señalar tendencias de cantidad de lluvia con respecto al tiempo, considerado en días o meses. Inclusive se pueden comparar los resultados en graficas comparativas de los resultados obtenidos por los diferentes métodos de cálculo para observar su precisión.

Método PENMAN – MONTEIN (modificado por la FAO)

$E_{To} = \{0.408 \Delta (R_n - G) + \rho (900 / T + 273) U_2 (e_s - e_a)\} / \Delta + \rho (1 + 0.34 U_2)$

- E_{To} = Evapotranspiración de la referencia.
- R_n = Radiación neta de la superficie del cultivo. (MJm-2/día).
- R_a = Radiación extraterrestre (mm/ día).
- G = Flujo de calor del suelo (MJm-2/día).
- T = Temperatura media del aire a 2 mts de altura. (oC)
- U_2 = Velocidad del viento a 2 mts de altura (m/s).
- E_s = Presión de saturación (kpa)
- E_a = Presión real de vapor (kpa).
- Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor (Kpa/ oC)
- ρ + Constante psicométrica (Kpa/ oC)

SUELOS.

Otro factor muy importante para la agricultura es el tipo de suelo donde se siembra la planta. Cada tipo de suelo presenta características diferentes que inciden en el aprovechamiento del agua por parte de la planta, la permanencia del agua en el cultivo, la necesidad de riego y abono y en general de la producción del cultivo.

El suelo abarca el primer metro de profundidad de la tierra.

COMPOSICIÓN DEL SUELO; Los suelos están compuestos por: Minerales, grava, arcilla, limo, piedra, arena, y en el suelo viven plantas y animales sobre él y en su interior.

NUTRIENTES DEL SUELO: El suelo contiene los siguientes nutrientes para las plantas: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, agua, hidrógeno y oxígeno; y materia orgánica como bacterias, hongos, lombrices, restos de plantas.

Por estos minerales y componentes, el suelo presenta una acidez y alcalinidad. Se ha fijado como norma una medición de 1 a 14, en la que toda sustancia es ácida si su acidez es menor de 7, es alcalina si su acidez es mayor de 7.

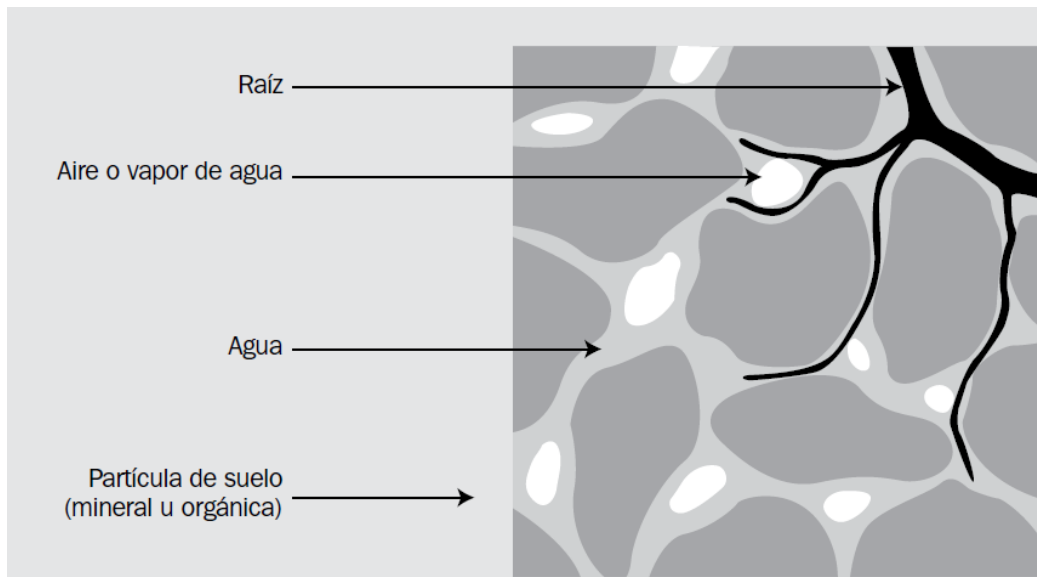
Para medir la acidez del suelo se usa el Pechinegro, que mide el PH de la sustancia.

La mejor acidez del terreno para las plantas es 6 o 7, en este valor las plantas se desarrollan con mayor facilidad dada la asimilación de los nutrientes desde el suelo.

TIPOS DE SUELOS.

Si se agarra un puñado de tierra entre las manos, se puede apreciar a simple vista que está conformado por pequeños trozos de diferentes tamaños. Estos compuestos son parte de fragmentación de gravas y piedras, arena, descomposición de otras plantas y arcillas. Cada uno de estos elementos dejan espacios entre sí, llamados poros, los cuáles pueden almacenar aire, vapor de agua o agua, como se puede observar en la **Figura 4**.

Figura 4. Composición del suelo



Fuente: Brouwer et al. [48]

No obstante, no todos los suelos son aptos para para la agricultura, como lo son los pedregoso (formado por piedras) y calizo (formado por sales, como salares). El resto, pueden ser observados en la **Tabla 1**, en donde se ofrecerá una breve descripción, su pH y qué tipo de cultivos son óptimos para su uso.

Tabla 1. Tipos de suelos

	DESCRIPCIÓN	PH	CULTIVOS
ARENOSO	<p>Son aquellos suelos que están conformados principalmente por arenas¹⁷. tiene poca materia orgánica, aunque puede adaptarse para la agricultura combinándolo con otros tipos de suelo, limo y arcilla, aportando las cualidades de cada tipo de suelo y aunando la cualidad del suelo arenoso.</p> <p>Los suelos arenosos se encuentran en climas secos y tienen menos de 1% de materia orgánica.</p>	alcalino (mayor de 7)	Silvia, Romero, Hinojo, lavanda.
LIMOSO (humífero)	<p>Posee abundante materia orgánica en descomposición. Las características de este suelo son de color oscuro, sus granos son mediano, es de forma compacta pero menos que los arcillosos, forma grumos.</p> <p>Tienden a retener bastante agua, pero si el riego es excesivo se encharcan, este suelo puede formar bolas, pero estas se quiebran fácilmente, es uno de los suelos más recomendables para el cultivo. Este tipo de suelos suele darse en los lechos de los ríos.</p>	PH ácido (menor de 7).	Arroz, lechuga, orégano y muchos cultivos más.
ARCILLOSOS	<p>Compuestos de arcillas, formados por partículas pequeñas de tierra, no se secan fácilmente, sin embargo, cuando lo hacen forman terrones difíciles de manejar.</p> <p>Por la cantidad de arcilla y otros minerales no requiere mucho abono. Presenta un color rojizo o grisáceo, tiene una textura pesada de grano pequeño. Es pegajoso y compacto cuando este húmedo y es muy usado en alfarería.</p> <p>Por su naturaleza compacta pueden presentar un mal drenaje y debe cuidarse el nivel de humedad de este terreno porque pueden pudrir la raíz de las plantas.</p>	pH alcalino (>9)	Ginkgo biloba, Menta, hierbabuena, menta, Rosal, Equinácea, papiro, bambú, Dalia.

¹⁷ Las arenas son partículas pequeñas de piedra de sílice con un diámetro entre 0.02 a 2mm y tiene una textura rasposa y sólida, no retienen agua

	<p>Este tipo de terreno tarda más en calentarse, y en verano suelen agrietarse.</p> <p>Los suelos arcillosos se encuentran en climas templados, húmedos y contienen entre un 2% y 5% de materia orgánica.</p>		
FRANCO	<p>Este tipo de suelo es el óptimo para la mayoría de las plantas, porque reúne las proporciones óptimas de los otros tipos de suelos. Son de alta productividad agrícola.</p> <p>Su textura es relativamente suelta propiciada por la arena, su fertilidad es aportada por los limos y las compostas que a su vez le dan un color oscuro. Al mojarse se hacen ligeramente pegajosos por su componente de arcillas y crea terrones, sin embargo, permite un buen drenaje, son fáciles de manejar y tienen mucho drenaje.</p>	pH neutro (6.6)	<p>Cilantro, Eneldo, Albahaca, Cebolla, Perejil, Tomillo, Tomates. Fresas, pimientos, Zanahorias, Ejotes, Betabel</p>

Fuente: Portal de suelos de la FAO (<https://www.fao.org/soils-portal>)

MÉTODOS DE SISTEMAS DE RIEGO.

Ya se ha hablado anteriormente del tipo de tierra, las características del terreno que se debe tener en cuenta, el requerimiento de agua para un cultivo, y ahora es el turno de hablar su distribución. Una de las decisiones más importantes cuando se habla de la cadena productiva agrícola es la selección de los sistemas de riego: si se elige de forma incorrecta, puede atraer plagas al área, desplazar el contenido nutricional del suelo, o disminuir el potencial de producción de la planta.

Cada país cuenta con institutos hidrológicos que pueden brindar información acerca de ríos, represas, ciénagas y fuentes de agua como el HIMAT anteriormente en Colombia que ahora paso a hacer parte del IDEAM.

De no tener esta información habrá que hacer mediciones de las cantidades de agua disponible, caudal, flujo, velocidad; estas evaluaciones deberán hacerse en tiempo de lluvias y tiempo seco para tener datos reales a través del año. Igual se deberán hacer evaluaciones de disponibilidad de agua que puedan suministrar los pozos.

El riego es afectado por factores como la temperatura del ambiente, el viento, el clima la intensidad de la luz, el grado de humedad de la atmosfera y del suelo y del tipo de suelo donde está el cultivo, pues este presenta condiciones de porosidad y retención de agua en la parte radicular de la planta.

Asimismo, el tamaño de la planta nos determina la cantidad de riego a aplicar: no se usa la misma cantidad de agua para una planta que comienza a crecer que para una que ya está desarrollada. La **Tabla 2** muestra una comparación entre los diferentes métodos empleados para sistemas de riego junto con sus características.



Beneficios de un sistema de riego:

- Reducción de costos de mano de obra
- Reducción de gastos de agua.
- Se aumenta la eficiencia de producción
- Prepara el área cultivada para su tecnificación y automatización.




Factores que influyen en la elección de un sistema de riego


- Topografía del terreno.
- Características físicas del terreno.
- Calidad del agua.
- Costo de la instalación.
- Tipo de cultivo y necesidad de agua del cultivo.
- Disponibilidad de agua.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Efecto sobre el medio ambiente.
- Asesoría que se puede recibir de parte de un experto.

Tabla 2. Métodos empleados para sistemas de riego

	DESCRIPCIÓN	USO	EFFECTIVIDAD	USO DE AGUA	COSTO ¹⁸	VENTAJAS
POR SURCOS	<p>El agua se mueve por la fuerza de gravedad por los surcos previamente excavados en el terreno de siembra, los surcos presentan un desnivel y van desde una parte más alta a una más baja. El agua que hace el riego no necesita energía adicional para darle movimiento al agua, gracias a que esta se mueve por la pendiente del surco. Este sistema de distribución puede ocasionar erosión de terreno por arrastre y sobrehumedecimiento del suelo por lo que es conveniente para áreas pequeñas y campos de forma irregular, pero su eficiencia depende de la nivelación del terreno.</p>	Se puede implementar en la mayoría de suelos y cultivos	70%		\$	Se requiere el mínimo de inversión inicial y un componente mínimo para que funcione. No requiere expertos para su mantenimiento, humedece las raíces por lo que es bueno contra las plagas; no es sensible a las afectaciones del viento ni a la altura del sitio de cultivo.
INUNDACIÓN, SUPERFICIAL, ANIEGO O RIEGO A MANTA	<p>Es un método primario en el que un terreno se anega de agua, ya sea abriendo la compuerta de un canal que comunica con un río, una quebrada, una laguna.</p> <p>Este método tradicional es poco utilizado por el gran gasto de agua que demanda, además de que mantenerlo es costoso y complejo ya que se necesita la construcción de diques para la nivelación del suelo. Puede traer como consecuencia proliferación de enfermedades</p>	Parcelas amplias y niveladas que requieran la misma cobertura (arroz)	50-70%		\$	<p>Sus necesidades energéticas son baja o nulas.</p> <p>No requiere operación y mantenimiento de nivel técnico.</p> <p>Facilita el trabajo de maquinarias agrícolas</p>

¹⁸ En terreno plano

	DESCRIPCIÓN	USO	EFFECTIVIDAD	USO DE AGUA	COSTO 18	VENTAJAS
	en los cultivos y no es compatible con todos los fertilizantes.					
ASPERSIÓN	<p>El agua es aplicada en forma de lluvia. Se debe ser cuidadoso para aplicar en cultivos que no tengan problema de mojar el follaje.</p> <p>El agua sale a presión por unas boquillas llamadas aspersores, después de ser transportada por una tubería a presión, por lo que en la etapa inicial de la planta pueden afectarla tumbando la flor o los retoños y por lo tanto no habrá fruto. Otra desventaja es que mojan el follaje alrededor al cultivo incrementando el crecimiento de plagas y enfermedades. Su costo de mantenimiento y energético es elevado.</p>	Áreas descubiertas, pastos, hortalizas, maíz	80%		\$\$	Instalación fácil y económica. Permite ajustar la potencia y orientación del riego
ASPERSION CON CAÑONES	<p>Es usada en cultivos donde el agua deba cubrir una de gran extensión de tierra. Su única diferencia con el método tradicional por aspersión, es que su alcance es mucho más elevado al manejar altas presiones.</p> <p>El costo por cañón es elevado y no es fácilmente automatizable. El sistema se encuentra limitado por los equipos de bombeo por lo que debe ser mantenido por personal calificado.</p>	Pastos, sorgo y maíz	80%		\$\$\$	<p>Puede regar gran cantidad de tierra</p> <p>No tiene problemas de obstrucción como otros métodos (microaspersión y goteo).</p> <p>Se puede regar en menos tiempo, y los materiales empleados son de alta durabilidad.</p> <p>Es una solución móvil</p>
MICRO ASPERSIÓN	El tamaño de la gota es muy pequeño y no maltrata las partes de las delicadas de las	Topografía irregular,	85%		\$\$\$	Segundo menos costoso después del riego por

	DESCRIPCIÓN	USO	EFFECTIVIDAD	USO DE AGUA	COSTO 18	VENTAJAS
	<p>plantas. Puede aplicarse de dos formas: por medio de microaspersores (bailarina giratoria rotativa) o por microjets (se emite chorro de agua de forma estática).</p> <p>Brinda al cultivo uniformidad de aplicación y reduce las pérdidas por infiltración profunda y de escurrimiento al pie, lo cual es común en los sistemas de riego como el superficial. Debe ser mantenido por un técnico, y al igual que el sistema de riego por goteo, debe ser diseñado de forma correcta para asegurar su buen funcionamiento.</p>	<p>suelos muy someros o pedregosos. Flores, hortalizas</p>				<p>aspersión y el segundo más eficiente después del de goteo (30-35% de consumo de agua).</p> <p>Es más suave que el de aspersión, por tanto, no afecta la planta.</p> <p>Facilita el control de malezas.</p>
GOTEO O RIEGO LOCALIZADO	<p>se caracteriza por usar pequeños caudales a baja presión, es utilizado en cultivos en grandes extensiones y también para cultivos en invernaderos.</p> <p>El sistema está compuesto por una tubería y mangueras extendidas a lo largo del cultivo, en la forma más económica las mangueras tienen huecos y dependiente del tamaño del hueco se tendrá el flujo y el tamaño de la gota. En la forma más tecnificadas a cada manguera se insertan boquillas que pueden graduar el tamaño y flujo de la gota. Puede ser implementado en cualquier tipo de terreno. Su mantenimiento debe ser realizado por un experto.</p>	<p>Zonas arenosas o con pendientes. Cultivo de cítricos y aguacate.</p>	95%		\$\$\$\$\$	<p>Es el riego más eficiente y economizador en el uso de agua.</p> <p>Presenta menos evapotranspiración, debido a que aplica el agua en la raíz, no se aplica en el follaje que se humedezca y produzca enfermedades.</p> <p>Tiene baja necesidades energéticas para el bombeo y permite la automatización de las instalaciones</p>

	DESCRIPCIÓN	USO	EFFECTIVIDAD	USO DE AGUA	COSTO 18	VENTAJAS
NEBULIZACIÓN	La gota de aspersión es mínima y con mayor presión que convierte el agua en niebla. Este sistema no daña los brotes de germinación. No se recomienda para cultivos de grandes extensiones ya que resultaría muy costoso su mantenimiento. Debe ser diseñado y mantenido por ingenieros agrónomos.	Forraje verde hidropónico, germinación de semillas, producción de esquejes y producción de hongos. Invernaderos	90%		\$\$\$\$\$	Ofrece una amplia gama de caudales y diámetros. Brinda una eficiencia de riego en todas las fases de la planta. Contribuye a la disminución de la temperatura y eleva el nivel de humedad relativa dentro de los invernaderos., purifican el ambiente, eliminan polvo, olores e insectos voladores. No compacta el sustrato.

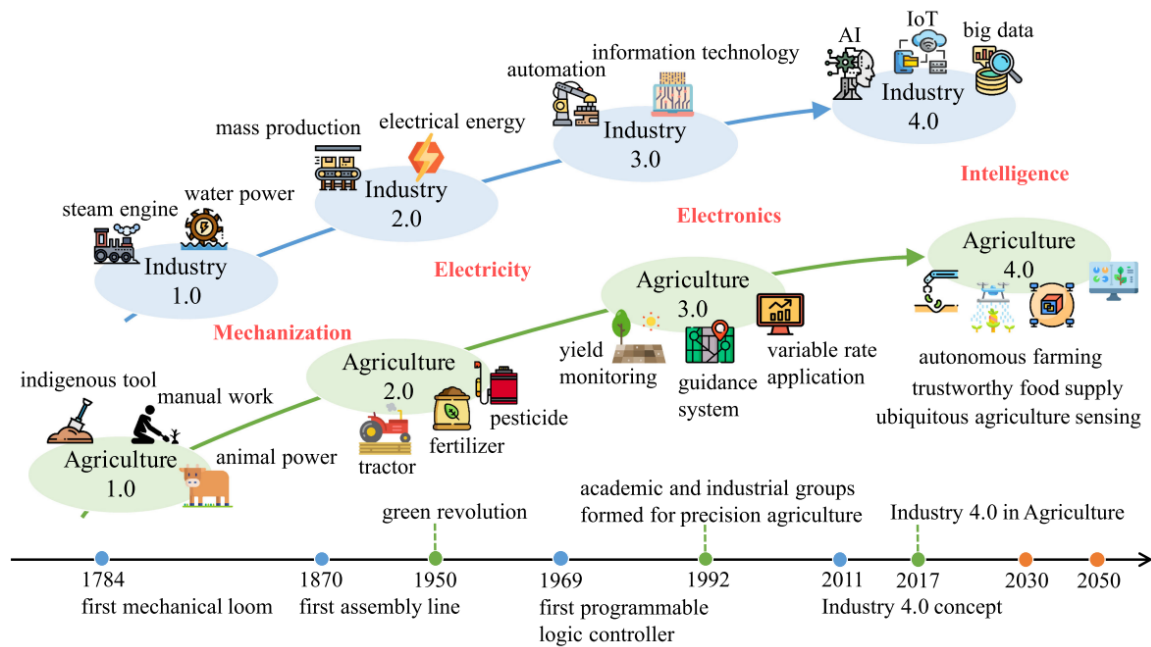
Fuente: CIRAD (2002)[48], [54], [55]

3.2.2 Agricultura 4.0 y las tecnologías emergentes

La forma como se da el proceso productivo agrícola es en parte una respuesta a todas las transformaciones industriales emergentes en el paso del tiempo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Es así como pasa de una agricultura tradicional, fundamentada principalmente por el poder de las bestias [56] a pasar a una agricultura industrializada en donde la automatización de los procesos promete aumentar la productividad de los procesos productivos asociados a los cultivos y optimizar el uso de los recursos [57].

Ye Liu et al. [58] identifica el uso de algunas tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas, robótica con drones incluidos) y la inteligencia artificial como aquellas con mayor impacto en la agricultura.

Figura 5. Desarrollo de un mapa de ruta de las revoluciones industriales y las revoluciones agrícolas



Fuente: [58]

La cuarta revolución industrial trajo consigo un conjunto de tecnologías emergentes¹⁹ las cuáles se han caracterizado por recolectar, sistematizar y analizar grandes cantidades de información (analítica en Big data [59]), encontrar patrones en esos datos recolectados y procesados (inteligencia artificial) y, finalmente, ofrecer una industrialización inteligente, en donde las máquinas pueden tomar decisiones de acuerdo a unas necesidades del sector (robótica) [60] mientras se preocupa por establecer un esquema de interconexión ubicuo (Internet de las cosas), interoperabilidad y seguridad adecuado (*blockchain*).

¹⁹ El Centro de innovación pública digital de MINTIC, lo explica desde la incapacidad de medir el impacto de estas tecnologías de manera tradicional, es decir, desde la revisión de publicaciones, número de investigadores, inversionistas y productos [335].

Estas soluciones integradas en el sector de la agricultura ofrecen una medición de variables en tiempo real, análisis espacio-temporal de datos relacionados con cada parte del proceso de la cadena de valor agrícola (desde la cadena de producción de comida, procesamiento y logística de transporte [61]).

De acuerdo a Tovar et al. [13], Jacob [62] Raj et al. [63], Rodríguez [64] y Safdar et al.[65], se las soluciones IoT más comunes son los sistemas sensóricos empleados en el monitoreo de la tierra, cultivos, siembra, control de enfermedades, almacenamiento o básicamente para mejorar cualquier aspecto en la cadena de producción [60][66][67]; vehículos inteligentes, drones, robots autónomos y actuadores; espacios agrícolas conectados como invernaderos o cultivos hidropónicos inteligentes; sistemas de gestión, visualización y análisis de datos [67] y modelos de predicción que ayudan a tomar mejores decisiones [68].

3.2.2.1 TIC para la agricultura (ICTAg)

Hay varios problemas alrededor de las técnicas de agricultura tradicional. Por ejemplo, el suministro adecuado de fertilizantes, la gestión de irrigación para los cultivos, el proceso de recolección, el uso adecuado de tierras, etc. [29]. Las TIC, han brindado soluciones que, por medio de recolección de datos a nivel local, pueden tomar decisiones adecuadas, optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad. Bajo la premisa “sin dejar a nadie atrás”, manifestada por CEPAL²⁰, CGIAR²¹, FAO²² y el IICA²³, se expresa la urgencia de potencializar el uso en la agricultura a pequeña escala, teniendo en cuenta la importancia que tienen los pequeños productores en la seguridad alimentaria del mundo [11], la mitigación de los efectos del cambio climático (en especial de los más vulnerables) y cómo desarrollar el sector ayuda a los países (en especial en aquellos en vía de desarrollo) a cumplir las metas de desarrollo sostenible.

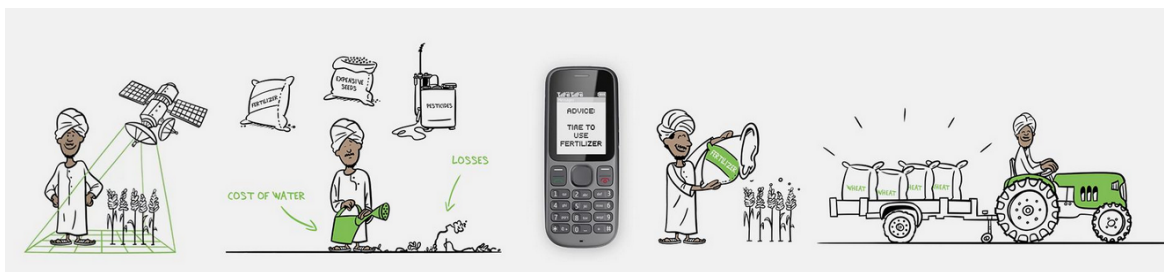
²⁰ En donde se propone una agenda de digitalización para América Latina y el Caribe. Para más información, visitar: http://bit.ly/agenda_CEPAL

²¹ CGIAR, por medio del Programa de Investigación en Cambio climático, agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS) ha realizado una serie de eventos que busca acercar a diferentes actores (consumidores, agricultores, creadores de políticas, investigadores y activistas) para llegar a un consenso que les permita ganar “La carrera a Cero” [376]

²² Por medio de su portal e-agricultura, La Organización para la Comida y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) realiza constantemente foros con panel de expertos en donde se desea realizar una aproximación holística de aspectos económicos, ambientales, sociales y de salud en los sistemas agroalimentarios sostenibles.

²³ Evento desarrollado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en su foro Elementos para una hoja de ruta conjunta donde contó con expertos invitados pertenecientes a Microsoft, Universidad de Nuevo México, la división de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por desastres (BID) y la universidad McGill [377].

Figura 6. ¿Cómo hacer que la agricultura de precisión trabaje para los pequeños productores agricultores campesinos?



Fuente: ict4ag.cta.int (<http://ict4ag.cta.int/2016/12/09/how-to-make-precision-agriculture-work-for-small-scale-farmers/index.html>)

Con el fin de alcanzar las metas propuestas, un conglomerado de personas se reúne para debatir cuál es la mejor forma de incorporar las TIC en la agricultura. Conformado por 11000 miembros entre los cuáles se encuentra especialistas de la comunicación y la información, investigadores, agricultores, estudiantes, etc. de 160 países y territorios, se intercambia información e ideas para alcanzar una agricultura sostenible y desarrollo rural. A esta comunidad de práctica se le conoce como e-agricultura (*e-agriculture*), y mantiene el sitio www.e-agriculture.org con documentación sobre buenas prácticas en la adopción de innovaciones no solo en agricultura, sino agroforestería, pesca, gestión de recursos y desarrollo rural.

Entre las soluciones más comunes compartidas por la comunidad y en la academia sobre el uso de las tecnologías emergentes, se encuentra la agricultura de precisión, la agricultura inteligente y la automatización agrícola y robótica, todas usando tecnologías como los dispositivos móviles, el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones), Big Data, inteligencia artificial y el internet de las cosas (IoT).

3.2.3 IoT para soluciones de riego

El buen aprovechamiento del agua para cultivos no solo garantiza la eficiente producción de los alimentos, sino que también minimiza los costos de su uso, haciendo más factible, eficiente y rentable la producción de alimentos [69]. Este recurso proviene principalmente de ríos, quebradas, nacientes, lagos, lagunas, represas o pozos de agua, dependiendo en gran medida al cambio de clima [30] y en la agricultura, representa un uso promedio del 70%²⁴, por lo que su uso eficiente es de vital importancia ya que no solo asegura su disponibilidad en el proceso productivo de siembra, crecimiento y cosecha; sino también su conservación: una vez se usa el agua, esta no puede ser recuperada [30].

Nigussie et al. [30] centran su atención en la importancia de riego automatizado con el fin de lograr una seguridad alimentaria, la cual está siendo amenazada “debido a los efectos del cambio climático, el crecimiento de la población y la reducción de la producción de alimento” [70, p. 86]. Jiang et al. [71] determinan que, al desarrollar un sistema de irrigación eficiente, se optimiza la humedad del suelo requerida para un crecimiento adecuado de la planta, evitando la aparición de plagas y logrando un ahorro significativo del agua. A pesar de esto, la gestión del riego para campesinos de pequeña escala sigue

²⁴ De acuerdo a estimados del banco mundial (ver en [El agua en la agricultura \(bancomundial.org\)](http://El agua en la agricultura (bancomundial.org)))

significando un proceso de decisión complejo, ya que deben determinar de forma mecánica/manual cuánta cantidad de agua necesita un cultivo [72] y en otras ocasiones, no se considera fundamental en su proceso productivo. El propósito esperado del sistema de irrigación basado en IoT es el de contribuir en un largo tiempo con una producción sostenible, con el mínimo consumo de recursos y de impacto a la biodiversidad en las tierras de los granjeros [70, p. 86]. Los autores establecieron que “*el propósito de la arquitectura IoT tiene el potencial de contribuir hacia el mejoramiento de las prácticas de la agricultura tradicional y lograr la seguridad alimentaria*” [70, p. 98].

Sin embargo, IoT es una tecnología en desarrollo y por lo tanto tiene limitaciones tales como Interoperatividad, heterogeneidad, aplicabilidad, aceptación y apropiación por parte de los granjeros, con restricciones de memoria en el hardware y con falta de seguridad; estas limitaciones son desafíos en el diseño de aplicaciones IoT para la agricultura. Además, su transferencia no es fácil, considerando los problemas tales como infraestructura física y de redes para poder establecer soluciones propuestas desde la academia y empresas. En el apartado antecedentes, se mostrará un análisis de técnicas de riego desarrollado desde el 2016 hasta el presente, realizando un análisis temporal del desarrollo de estas soluciones a la luz de las buenas prácticas IoT en agricultura.

3.2.3.1 Arquitectura para soluciones IoT de Riego.

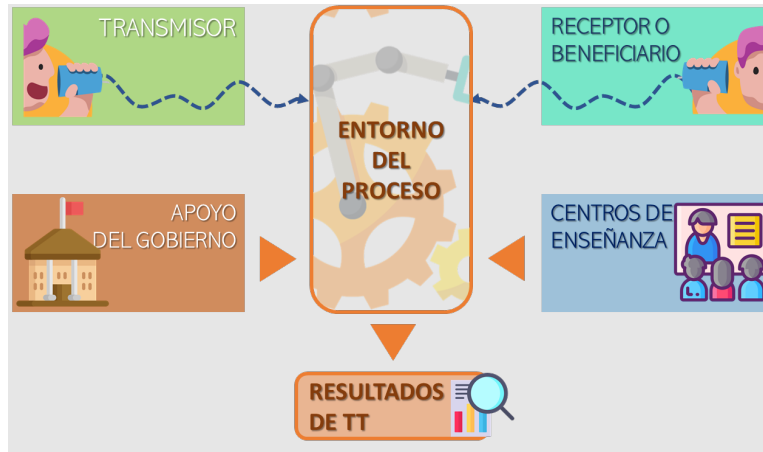
Tradicionalmente, la arquitectura IoT está conformada em tres capas: la capa de percepción, en donde se encuentran todos los dispositivos de medición y actuación; la capa de red

3.2.4 Definiendo la transferencia tecnológica

Para poder discutir sobre el proceso de transferencia tecnológica agrícola, fue preciso realizar una revisión de la definición de transferencia tecnológica en general. Es importante resaltar el potencial de la transferencia tecnológica en el desarrollo industrial de los países al “*promover su capacidad de gestión y técnica, así como el aumento de su nivel de productividad mediante la adopción de un conjunto de políticas y estrategias adecuadas*” [73].

La transferencia de tecnología o transferencia tecnológica, puede explicarse desde diferentes puntos de vista: como parte de una estrategia que será implementada en políticas nacionales de los países en vía de desarrollo [73]; *como estrategia aceleradora* en la aplicación de tecnologías, las cuáles pueden estar comprendidas por elementos físicos (*tecnoware*), conceptuales o procedimientos (*organware*), hechos (*infoware*) y habilidades (*humanware*) [74][75]; como una estrategia movilizadora de tecnología desde su invención original, pasando por la difusión comercial hasta un contexto diferente [76]; como un proceso de innovación en donde se establece un nuevo uso respondiendo una necesidad práctica identificada [77], la cual puede diferir de su concepto inicial [78] o inclusive el uso de una técnica existente que se usa en un lugar donde antes no se había usado [79] o contextualizada a las condiciones locales, de tal forma que puedan ser absorbidos y difundidos de forma efectiva de una ciudad a otra [80].

Figura 7. Ejemplo de modelo de transferencia tecnológica.



Fuente: [81]

Todas estas definiciones ofrecen una idea en común: el “proveedor” o “transmisor”²⁵ de la tecnología que se desempeña como responsable de transferir conocimientos especializados [82][83], de tipo científicos, técnicos (*know-how*) y empíricos [84]; el “canal”²⁶ tiene como objetivo movilizar los objetos de transferencia de un escenario a otro [82] (localización física o geográfica [85][86]) empleando la identificación, protección, explotación y defensa de los derechos de propiedad intelectual [87], mediante mecanismos como, por ejemplo, las licencias, los contratos de investigación, creación de empresas, y actividades de formación [87] que se pueden desarrollar a partir de la transferencia de tecnologías tangibles (como maquinarias, hardware [88]) e intangibles (por ejemplo, entrenamiento, educación [89], conocimiento, software entre otros [88],[90], [91], [92]). Finalmente, los usuarios finales, “recipiente” o “receptor”²⁷ son quienes reciben el conocimiento duro o blando permitiendo desarrollar una “actividad inventiva” adquirida [93] y así generar un producto o servicio [84] que representa una ventaja efectiva [94] y así, acelerar el movimiento de las innovaciones desde el desarrollo hasta la aplicación [84]. Este proceso requiere un esfuerzo profundamente humano [95] e implica un tipo de comunicación difícil que requiere la colaboración de varios actores ubicados a lo largo del proceso, los cuáles pueden ser dos o más individuos e inclusive unidades funcionales los cuáles pueden estar distanciados por límites estructurales, culturales y organizativos [34][96][97].

²⁵ Que pueden ser universidades, actores políticos o corporaciones multinacionales.

²⁶ Los intermediarios son aquellos que interactúan con el canal, y pueden ser organizaciones no gubernamentales, tales como grupos de pensamiento independiente, centros de investigación y consultoría.

²⁷ Que pueden ser empresas rurales tales como productores a pequeña escala o cooperativas para productores de pequeña escala.

Arenas y González [98], mediante una extensiva revisión de literatura, establecen una lista de elementos que componen los modelos de transferencia tecnológica (formal o informal) y cómo interactúan estos objetos con los medios, mecanismos y modalidades (ver Tabla 3).

Tabla 3. Lista de elementos de un modelo de Transferencia tecnológica

Objeto transferido	Medio de transferencia	Mecanismo de TT	Modalidad	Proceso de salida del TT	Estado de uso de la tecnología	
Conocimiento científico Prototipo Know-how Diseño del proceso Desarrollo tecnológico	Patente	Licencia	Formal	Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Explotación	
		Spin-off Universitaria		Industria con restricciones legales	Exploración, validación y explotación	
	Prototipo	Licencia		Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Explotación	
		Contrato de compra		Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Explotación	
	Estudio de investigación	Licencia		Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Exploración, validación y explotación	
		Contrato de compra		Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Explotación	
		Entrega del conocimiento a la industria		Uso de la tecnología con restricciones legales para el uso del mercado	Validación y explotación	
		Spin-off universitaria		Industria con restricciones legales	Validación y explotación	
	Presentación en conferencia	Spin-off Universitaria		Industria con restricciones legales	Validación y explotación	
		Captura del conocimiento		Conocimiento transferido	Exploración, validación y explotación	
	Publicación de artículo	Spin-off Universitaria		Industria con restricciones legales	Validación y explotación	
		Captura del conocimiento		Conocimiento transferido	Exploración, validación y explotación	
	Movimiento del staff de investigación	Spin-off Universitaria		Informal	Industria con restricciones legales	Validación y explotación
		Captura del conocimiento		Conocimiento transferido	Exploración, validación y explotación	
		Reclutamiento		Conocimiento transferido	Exploración, validación y explotación	
	Discusiones informales	Spin-off Universitaria		Industria con restricciones legales	Validación y explotación	
Captura del conocimiento		Conocimiento transferido	Exploración, validación y explotación			

Lo que se busca con la transferencia de tecnologías es la obtención de un modo eficiente los recursos requeridos y tecnologías para mejorar la gestión y competencias técnicas de diferentes organizaciones [99] [100][101], así como servir de diferenciador intangible entre una organización y otra, al identificar las tecnologías adecuadas para su mejora y cómo puede aportar a la organización [102].

3.2.4.1 ¿Extensionismo agrícola o transferencia de tecnología agrícola?

La transferencia tecnológica agrícola es vista como un mecanismo clave en la incorporación de bienestar a las comunidades rurales y a sus empresas [103]. Debido a una fuerte inversión nacional e internacional en economías rurales, los recipientes rara vez pagan por el acceso a la tecnología, siendo también característico la gran asimetría de conocimiento entre los participantes de transferencia tecnológica.

En la literatura, se establece que la transferencia tecnológica para zonas rurales tiene como objetivo:

- 3 Satisfacer las necesidades básicas del ser humano (agua, energía, comida, vivienda ([104], [105]);
- 4 Mejorar esquemas de sostenibilidad ambiental, optimizando recursos energéticos y disminuyendo agentes causantes de la contaminación ambiental ([106])
- 5 Incrementar la productividad a través del uso eficiente de la tecnología ([107], [108]);
- 6 Promover la innovación del desarrollo de nuevos productos, servicios, modelos financieros y de negocios y así, propiciar un ambiente favorable para la generación y mantenimiento de empresas rurales ([109]) propiciando la aparición de mercados locales, nacionales e internacionales [110].
- 7 Promover la integración de todos los actores que conforman la cadena agroalimentaria ([110], [111])

A pesar de las características mencionadas y del fuerte compromiso mostrado por las autoridades gubernamentales competentes, se encuentra que el hecho de no considerar las motivaciones de los pequeños productores ni las necesidades de las comunidades indígenas en proyectos que buscan implementar tecnologías necesarias para aumentar la producción, gestión, comercialización y mercadeo en estas comunidades han fallado en adoptarse [75], en parte porque la mayoría de los productores de pequeña escala no poseen ni el conocimiento científico o los recursos financieros para crear sus propias tecnologías ([112], [113]). Debido a ello, los esquemas de extensión agrícola han reemplazado paulatinamente a la transferencia tecnológica agrícola a tal punto que no hay diferenciación entre ambas definiciones. Thornton [114] explica este fenómeno, como la respuesta a las necesidades propias del sector en la agricultura: La transferencia tecnológica agrícola se centra únicamente en la transferencia de técnicas y procesos especializados que aumenten la productividad y por ende la competitividad sectorial [115], pero no se enfoca ni en la sostenibilidad ni el desarrollo rural (se espera que sea una consecuencia positiva de la implementación de estas prácticas), características que si presentan en los servicios de extensionismo agrícola.

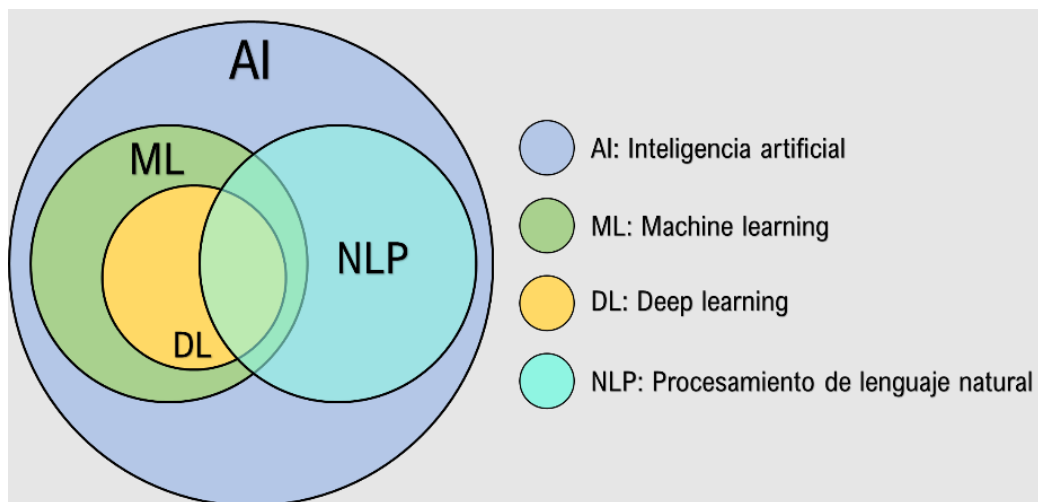
Por otro lado, los servicios de extensión rural se presentan como una estrategia en los cuales los adaptadores tecnológicos (extensionistas agrícolas) deben gozar de un conocimiento y tecnologías, contextualizar modelos funcionales en otros países y transferirlo a otros usuarios. Se diferencia a la asistencia técnica, cuando se habla de un mercado creciente y significativo, en donde se les pague a este tipo de actores por ofrecer un servicio de consultoría y adaptación, siendo la extensión agrícola ofrecido por el sector público *“para aquellas comunidades rurales insuficientes en desarrollo social y/o económico”*. [116]

Debido a este carácter de voluntariado, la mayoría de las prácticas de extensión agrícola poseen falencias asociadas a las condiciones socio-económicas de los pequeños productores agricultores, además de fallar en comprender la complejidad biofísica y compleja de la zona [117]. Sólo los servicios de extensión agrícola incluyen recomendaciones a la medida de la situación de un agricultor como individuo o de una granja en particular. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se presentan como una solución para mejorar la capacidad de los extensionistas agrícolas al utilizar recomendaciones personalizadas empleando sistemas de decisión a comunidades rurales por medio de las tecnologías digitales de bajo costo [118], [119], como, por ejemplo, los celulares de baja gama.

3.2.5 Procesamiento de lenguaje natural (PNL)

El procesamiento de lenguaje natural es un campo de la ciencia de la computación, la inteligencia artificial y la lingüística computacional [120] en la cual se programa a una máquina para que pueda procesar el lenguaje humano [121]. Comparte escenarios de aplicación similares con el aprendizaje de máquina (ML) y aprendizaje profundo (DL) como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Por ejemplo, empleando modelos de clasificación de aprendizaje no supervisado, se puede identificar cuando un correo es spam; o con aprendizaje no supervisado se pueden encontrar patrones ocultos que permita identificar temas latentes en una gran colección de datos textuales sin ningún conocimiento de estos temas.

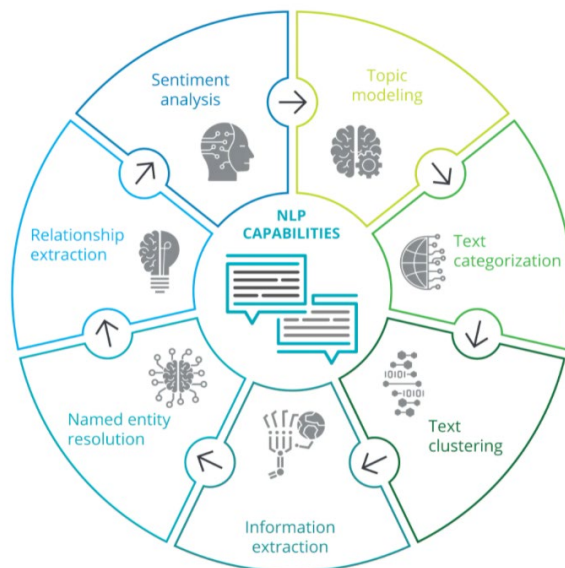
Figura 8. En qué se relaciona NLP, ML y DL?



Fuente: Tomado de [122]

Esta capacidad de reconocer patrones y categorizar información, puede clasificarse en siete capacidades claves de NLP (ver **Figura 9**) las cuáles, se muestran a continuación:

Figura 9. Capacidades claves de NLP



Fuente: Natural Language Processing Examples in Government Data | Deloitte Insights

Deloitte Insights²⁸ presenta algunos de los métodos con mayor empleo en NLP:

- Modelamiento por tópicos: Método basado en algoritmos estadísticos cuyo objetivo es descubrir la estructura temática de una gran colección de documentos llamado corpus. El modelado de tópicos (también conocido como temas) es una herramienta común de minería de textos empleada en una amplia gama de dominios (desde la literatura hasta la bioinformática) y son modelos supervisados de NLP y no dependen de etiquetas predefinidas.
- Categorización del texto: este método ordena y clasifica texto en una categoría basado en el contenido de un corpus.
- Clusterización de texto: técnica empleada para clasificar palabras con base a su similitud de contenido.
- Extracción de información: es la tarea de extraer información relevante del texto, y se usa con el propósito de encontrar información significativa de un texto no estructurado.
- Reconocimiento de entidades (NER-*Named Entity Recognition*): Es una metodología empleada en localizar y clasificar entidades dentro de un corpus textual. Usualmente, se emplea para la identificación de nombres de personas, localizaciones, fechas y demás información que se considere clave.

²⁸ Puede ser observado aquí: [Natural Language Processing Examples in Government Data | Deloitte Insights](#)

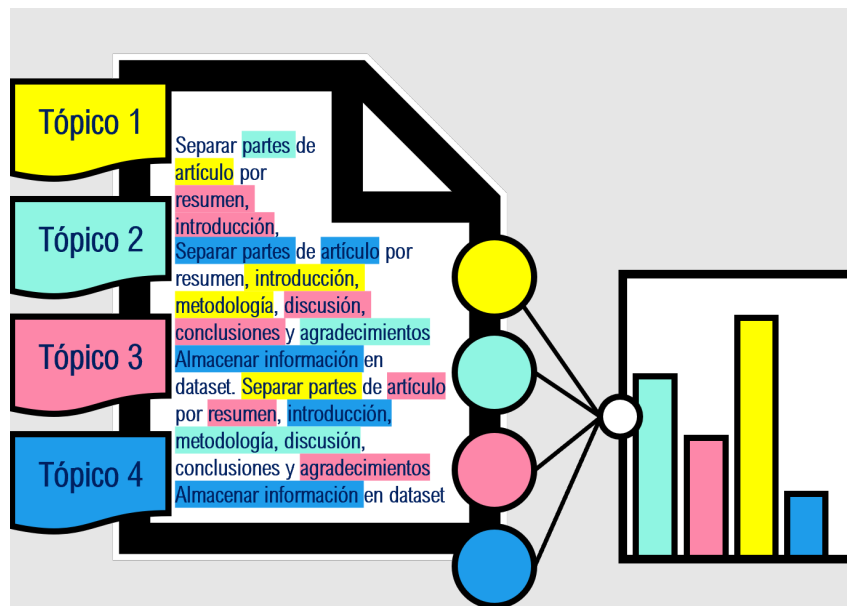
- Extracción de relaciones, que es una metodología complementaria en NER, enfocada en identificar relaciones entre las diferentes entidades.

Este proyecto, emplea NER para identificar actores relacionados con la agricultura y Clusterización de texto junto con análisis de tópicos para la identificación de buenas prácticas de transferencia tecnológica.

3.2.5.1 Análisis de tópicos

El lenguaje ha sido la forma de comunicación fundamental en el desarrollo de la sociedad humana, evolucionando con el paso de tiempo de acuerdo a la tecnología desarrollada, permitiendo la generación de información que puede ser recuperada, extraída y analizada, con el fin de buscar respuestas, analizar sentimientos alrededor de un tema específico, etc. [123]. La **Figura 10** muestra un ejemplo de la potencialidad del análisis de tópicos, en donde el modelo analiza palabras pertenecientes a un documento y las clasifica por cercanía a otras palabras para generar un tópico.

Figura 10. Análisis de tópicos



Debido a las bondades ofrecidas por el modelamiento de tópicos, como su capacidad de descubrir temas ocultos en una colección de documentos, clasificar temas descubiertos y después poder clasificar artículos en relación a esos temas²⁹ este proyecto tomará como análisis artículos identificados en la literatura alrededor de soluciones IoT IoT de riego asociadas a la agricultura con el propósito de identificar buenas prácticas de forma automatizada. Para ello, se empleará estrategia de modelado de tópicos Latent Dirichlet Allocation (LDA), Latent semantic análisis (LSA), Hierichal Dirichlet Process (HDP) y Latent Semantic

²⁹ Definida como “el proceso de encontrar un repositorio grande de datos, material (usualmente documentos) de naturaleza no estructurada (usualmente texto) que satisfaga la necesidad de información” [378]

Analysis (LSA) que son modelos de etiquetado No Supervisado, en donde los datos serán clasificados en uno o más tópicos, y cada tópico es una mezcla de palabras.

3.2.5.2 Latent Dirichlet Allocation - LDA

Desarrollado por Blei et al. [124], es uno de los métodos de tópicos más populares. Partiendo del punto que cada texto tiene una cantidad de palabras, cada tópico también tiene palabras que pertenecen a él. El objetivo de LDA es identificar cuáles palabras dentro de una colección de textos pertenece al tópico. De una forma más técnica, se puede decir que es un modelo de probabilidad generativa bayesiano de tercer nivel de jerarquía para un conjunto de colecciones de datos discretos como un corpus de texto. En él, cada ítem de la colección es modelado como una mezcla finita de un conjunto de tópicos subyacente. Cada tópico es, a su vez, modelado como una mezcla infinita sobre un subyacente conjunto de probabilidades de tópicos.

Por ejemplo, se tiene cinco documentos, conformados por p palabras enumeradas:

- Documento 1: p1, p3, p5, p11, p62, p70...
- Documento 2: p2, p4, p7, p3, p75, p80...
- Documento 3: p5, p10, p11, p70, p80, p49, p50, p83, p31...
- Documento 4: p19, p53, p74, p79, p15, p20, p32, p7...
- Documento 5: p20, p22, p25, p79, p10, p32, p3, p72, p92...

Lo que se hace en el modelo LDA, es calcular la probabilidad de que cada palabra (columnas) pertenezca a un tópico (fila) como se ve en el **Cuadro 3**:

Cuadro 3. Cada tópico se asocia a una palabra dentro del corpus.

	P1	P2	P3	P4	P5	...
Tópico 1	0.01	0.3	0.19	0.22	0.57	
Tópico 2	0.11	0.02	0.48	0.01	0.03	
Tópico 3	0.53	0.05	0.16	0.33	0.01	

Fuente: Tomado de [125]

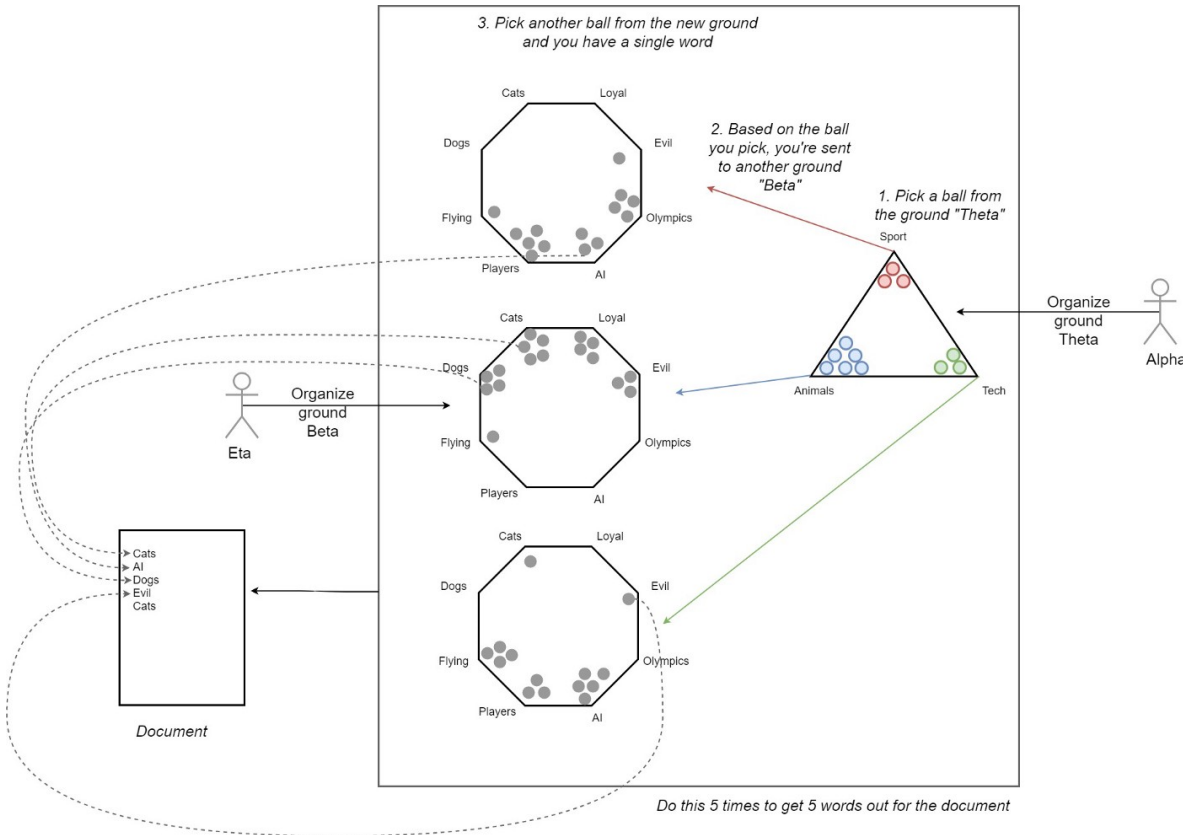
Para eso, se deben tomar ciertas consideraciones:

1. El rol gramatical de cada palabra dentro del documento (verbos, sustantivo, objetos, etc.) no se considera en el modelo.
2. Las palabras dentro del documento se llamarán “*bolsa de palabras*”.
3. Se considera que los adverbios de frecuencia, de lugar, tiempo, modo, cantidad y modalidad no son representativas para el modelo por lo que son eliminadas.
4. Se puede elegir k tópicos.

Thusban Ganegadara [126] ofrece un ejemplo gráfico de cómo funciona LDA (**Figura 11**). En él, se observa cómo se elige una palabra al azar del *ground* ordenado θ , el cuál es enviado a otro *ground* β dependiendo

de su similitud. Luego se elige una nueva palabra del nuevo *ground*, para conformar el nuevo documento (proceso generativo). Esto se repetirá tantas veces como palabras tenga el documento.

Figura 11. Cómo trabaja LDA, ejemplo ilustrado



Fuente: [126]

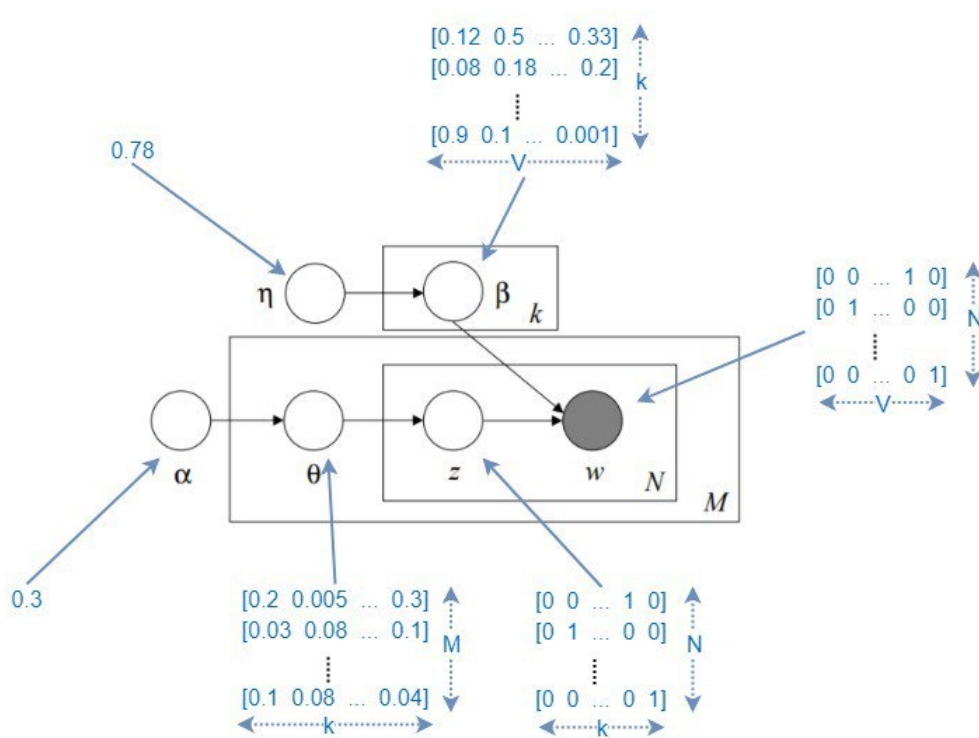
Este proceso puede verse de forma matemática así:

- k : Número de tópicos al que un documento pertenece (esta cantidad es fija)
- V : Tamaño del vocabulario
- M : Número de documentos
- N : Número de palabras dentro de cada documento
- w : Una palabra dentro del documento. Esto es representado
- w : representa un documento (por ejemplo, de " w " palabras) de N palabras
- D : Corpus, una colección de M documentos
- z : Un tópico de un conjunto de k tópicos. Un tópico es una distribución de palabras.
- α : Distribución relacionada al parámetro que gobierna qué distribución de tópicos se acopla a todos los documentos.
- θ : Matriz aleatoria donde $\theta(i,j)$ representa la probabilidad de que el documento i este contenido en el tópico j .

- η : Distribución relacionada al parámetro que gobierna cómo luce la distribución de palabras en cada tópico.
- β : Una matriz aleatoria donde $\beta(i,j)$ representa la probabilidad del i tópico conteniendo la j -ava palabra.

La **Figura 12** puede entenderse así: se tiene M documentos que tendrán una distribución θ . Ingresamos un valor de α^{30} el ground organizado θ . Ahora se tiene un documento con N palabras y cada palabra está clasificada por un tópico. Se genera N tópicos para ser llenados en las palabras. Esas N palabras aún son marcadores de posición.

Figura 12. Modelo gráfico de LDA



Fuente: [127] citado por [126]

Basado en que η^{31} , β tiene alguna distribución (por ejemplo, la distribución Dirichlet) y de acuerdo con la distribución, β genera k palabras para cada tópico. Cada palabra se rellena con cada marcador de posición (en el conjunto de N marcadores de posiciones) condicionada al tema que representa.

³⁰ Distribución de tópico para cada documento.

³¹ Parámetro del vector para cada tópico. Es el producto cruz de $k \times V$.

θ es una matriz aleatoria, donde $\theta(i,j)$ representa la probabilidad de que el i -ésimo documento que contiene la palabra perteneciente al j -ésimo tópico. Es así como matemáticamente, puede nombrarse así:

$$P(\theta_{1:M}, \mathbf{z}_{1:M}, \beta_{1:k} | \mathcal{D}; \alpha_{1:M}, \eta_{1:k})$$

Donde, si se tiene M documentos, cada documento tiene N palabras que genera un conjunto de K tópicos:

- θ – La distribución de tópicos para cada documento,
- \mathbf{z} – N tópicos por cada documento,
- β – Una distribución de palabras, una para cada tópico dado

dado,

- D – Todas las palabras recopiladas en la colección o en el corpus
- y usando los parámetros,
- α – Un parámetro vector por cada documento (documento – Distribución de tópico)
- η – Un parámetro vector para cada tópico (tópico – distribución de palabras).

La forma para resolver esta distribución, es minimizando la divergencia KL³², es decir, se vuelve un problema de optimización:

$$\gamma^*, \phi^*, \lambda^* = \operatorname{argmin}_{(\gamma, \phi, \lambda)} D(q(\theta, \mathbf{z}, \beta | \gamma, \phi, \lambda) || p(\theta, \mathbf{z}, \beta | \mathcal{D}; \alpha, \eta))$$

Donde γ , ϕ y λ representa parámetros a variar que se aproximarán a los valores de θ , \mathbf{z} y β respectivamente. $D(q||p)$ representa la divergencia KL entre q y p . Cambiando γ , ϕ y λ se obtienen diferentes distribuciones q que tienen distancias de la verdadera p posterior. La meta es encontrar un valor de γ^* , ϕ^* y λ^* que minimice la divergencia KL entre la aproximación q y la verdadera p posterior.

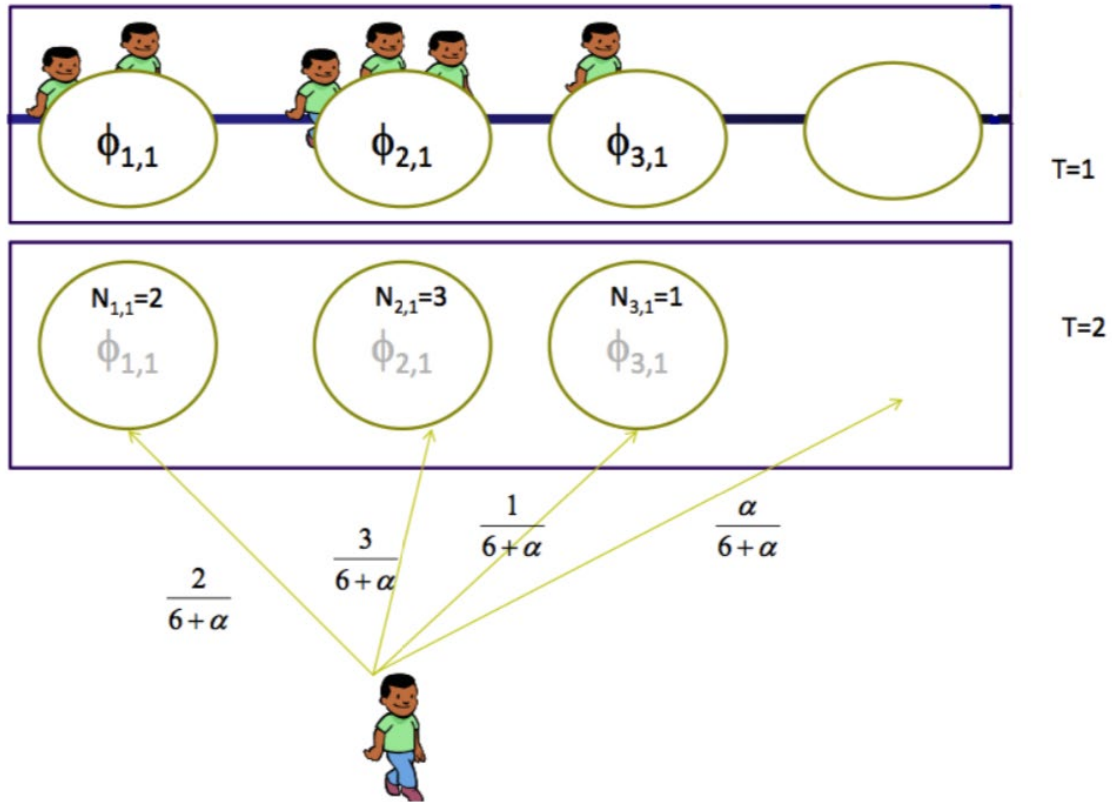
3.2.5.3 Hierichal Dirichlet Process – HDP

Considerando el problema alrededor de los grupos de datos, este modelo propuesto por [128] y citado en [129], usa la metáfora del Proceso del Restaurante Chino, en donde un restaurante sirve platos (tópicos) de un menú infinito (conjunto de tópicos) en un espacio infinito de mesas (grupo de palabras). Cada mesa sólo puede servir un plato del menú, pero múltiples mesas puedes ordenar el mismo plato (es decir, los tópicos pueden repetirse). Los clientes (palabras) se sienten con otros clientes en una mesa existente o en otra con alguna probabilidad.

La **Figura 13** muestra una representación del proceso. k indexa los tópicos y l las mesas. El parámetro Φ en cada mesa representa un índice del tópico en la mesa y los clientes representan las palabras. Cuando un nuevo cliente (palabra) aparece en la iteración T , se sienta en una nueva mesa o en una existente. Cuando el cliente termina se definen las probabilidades de un número proporcional de mesas sentadas por mesa N y el parámetro α ayuda a definir la probabilidad de que aparezca una nueva mesa.

³² Se refiere al problema de medir la correspondencia entre dos distribuciones.

Figura 13. Proceso Intuitivo del Restaurante Chino.

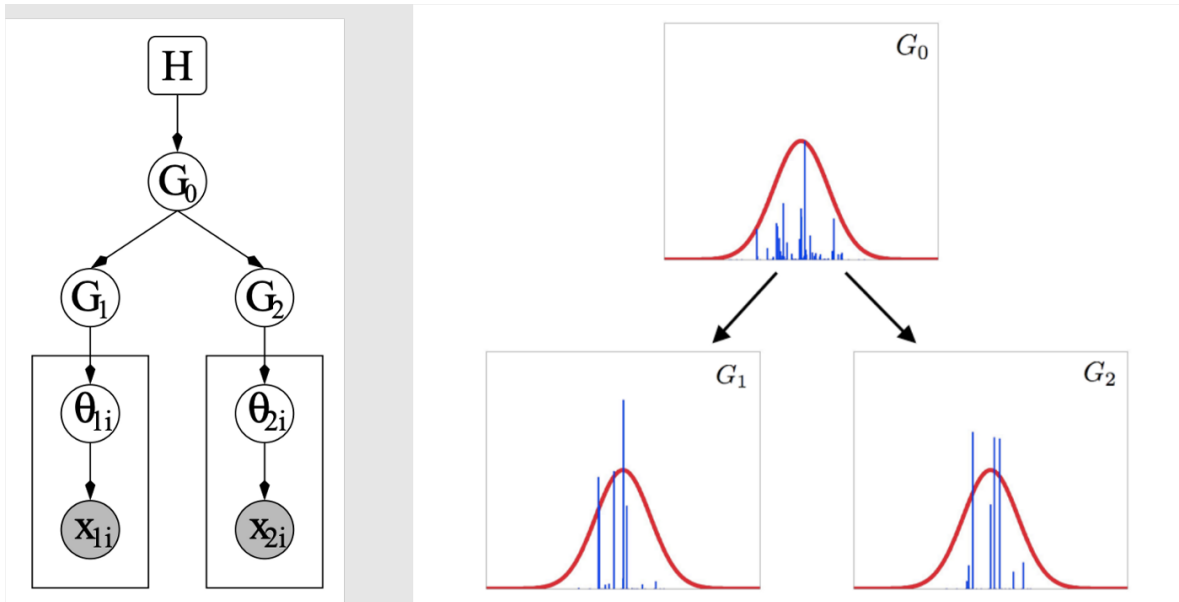


Fuente: [128] citado en [129].

Los modelos de tópicos están entrenados para realizar iteraciones a través de todas las palabras en la colección de documentos con múltiples “épocas”. Usando el índice del tópico y la tabla Φ se puede interpretar el tópico referido de acuerdo a la cantidad de palabras agrupadas juntas. En el caso de que hallan múltiples restaurantes (colección de documentos) que comparten platos (tópicos) de un menú global (\mathbf{GO}).

La **Figura 14** representa el funcionamiento de HDP, el cual puede pensarse como una Franquicia del restaurante chino. A la izquierda, el diagrama representa un HDP de dos documentos que ahora comparten un número infinito de tópicos \mathbf{GO} , y a la derecha, como \mathbf{GO} comparta cada una de las colecciones.

Figura 14. Explicación del funcionamiento del Proceso Jerárquico Dirichlet



Fuente: [129].

3.2.5.4 Latent Semantic Analysis – LSA

Es una de las técnicas fundamentales del modelado de tópicos. Se centra en tomar una matriz compuesta por documentos y términos, y descomponerla en una matriz de tópicos – documentos y una matriz de tópicos – términos.

El primer paso es generar una matriz de documentos-términos. Dados m documentos en n palabras del vocabulario, se puede construir una matriz $m \times n$ en donde cada fila representa un documento y cada columna representa una palabra.

Los modelos LSA suelen sustituir los recuentos sin procesar en la matriz documento-término por una puntuación tf-idf. Tf-idf o término de frecuencia inversa del documento de frecuencias, asigna los pesos del término j en el documento. La **Figura 15** muestra esta transformación, en donde un término tiene un gran peso cuando su ocurrencia de frecuencia a través del *documento* es alta pero infrecuente a través del corpus.

Una vez la matriz A de documentos-términos está construida, se puede pensar en los tópicos latentes, los cuales están repartidos en un espacio muy extenso, con ruido y redundante a través e muchas dimensiones. Es por eso que el próximo paso es una reducción de dimensionalidad de la matriz A .

La reducción de dimensionalidad puede realizarse usando el truncamiento de SVD (o descomposición del valor singular) el cuál es una técnica de álgebra lineal que factoriza cualquier matriz M en el producto de tres matrices separadas $M=U*S*V$, en donde S es la matriz diagonal de valores únicos de M .

Figura 15. Fórmula de tf-idf

$$w_{i,j} = \underset{\substack{\text{\# occurrences of term} \\ \text{in document}}}{tf_{i,j}} \times \log \frac{\underset{\substack{\text{\# total} \\ \text{documents}}}{N}}{\underset{\substack{\text{\# documents} \\ \text{containing word}}}{df_j}}$$

tf-idf score

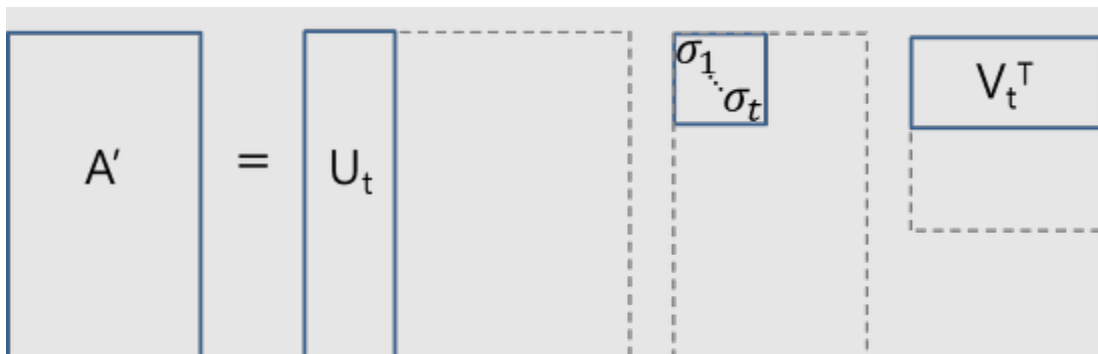
Fuente: [130]

Truncando los valores de SVD se reduce la dimensionalidad seleccionando únicamente los t últimos valores únicos, y manteniendo únicamente las primeras t columnas de U y V . En este caso, t es un hiperparámetro que se puede seleccionar y ajustar para reflejar el número de tópicos que se desea encontrar.

$$A \approx U_t S_t V_t^T$$

Intuitivamente, puede pensarse que sólo debe mantenerse las t más importantes dimensiones del espacio transformado. La **Figura 16** muestra como $U \in \mathbb{R}^{(m \times t)}$ emerge como una matriz de tópico-documento, y $V \in \mathbb{R}^{(n \times t)}$ se vuelve la matriz término-tópico. En U y V , las columnas corresponden a uno de los t tópicos; en V , las filas representan el término de vectores expresado en tópicos.

Figura 16. Reducción de dimensionalidad



Fuente: [130]

Con esos vectores y términos de vectores, se pueden aplicar fácilmente medidas como similitud de coseno para evaluar:

- La similitud de los diferentes documentos
- La similitud entre las diferentes palabras
- La similitud de términos (o “búsquedas”) y documentos (lo cual es vuelve útil en recuperación de información).

3.2.6 Diseño de soluciones centradas en el usuario

Evolutivamente, los seres humanos han pasado por procesos biológicos, psíquicos y sociales que han forjado las relaciones y capacidades complejas actuales. La adaptación ha tenido un papel central en el desarrollo de las herramientas que han servido para llevar a cabo este proceso, y el de acondicionar y apropiarse del entorno, para configurar la vida humana: desde las primeras cuñas, hasta el metaverso.

Así, al hablar de tecnología es común pensar concretamente en los resultados tangibles (un celular, un datáfono, una calculadora). No obstante, aunque la tecnología se pronuncie en singular, de manera intrínseca implica procesos y capacidades que se orientan a la creación de algo nuevo, al perfeccionamiento de lo que ya existe o a su replanteamiento.

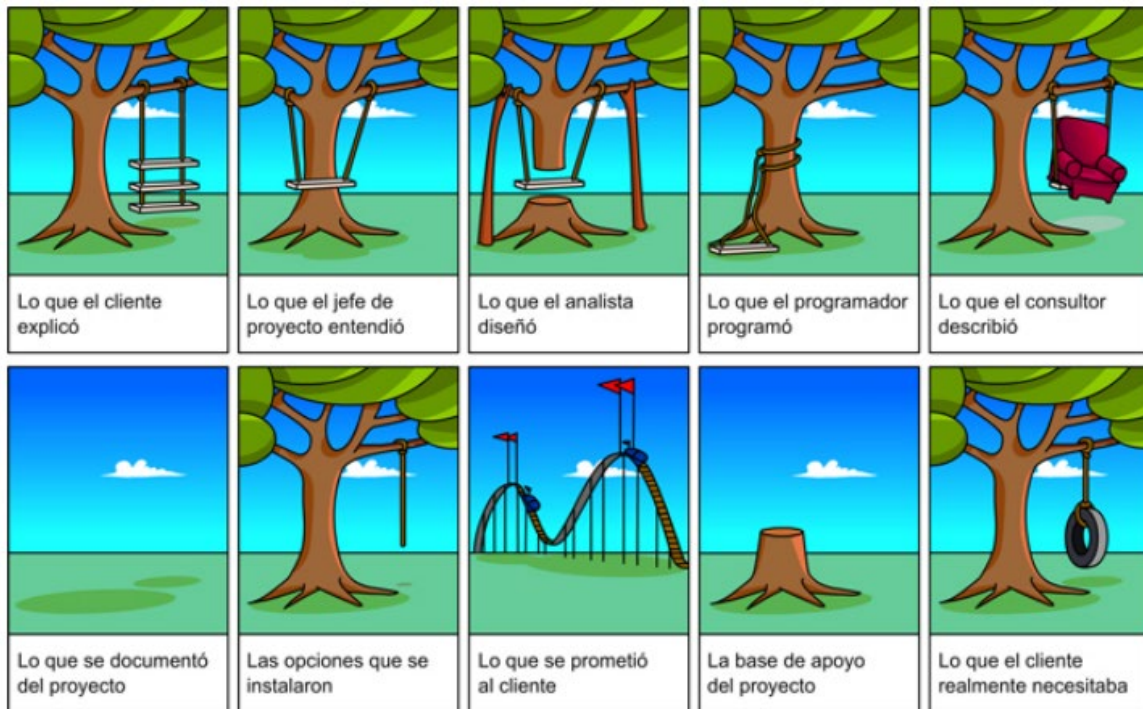
En este sentido, la tecnología ha evolucionado de lo utilitario a lo experiencial, siendo esto último una práctica intrapersonal e interpersonal, lo que significa que no sólo se trata de la relación que el individuo entabla directamente con la tecnología -producto tangible- que ha elegido como medio para realizar una tarea, también del vínculo que se triangula a partir de su uso con otro usuario y otros dispositivos, servicios o bienes digitales [131].

Tomando en cuenta esta relación dialéctica que existe en la tecnología, sobre el uso que se hace de ella, las relaciones que se entablan a través o a partir de ella y el entorno que crea, es que se devela la figura del usuario, que puede definirse como una normalización, en sentido estadístico, de la forma en que aquellos individuos que usan éstas tecnologías se sirven de las mismas, lo que ha dado paso a lo que ahora se conoce como diseño centrado en el usuario; por otro lado, existe también otro tipo de aproximación que se centra en la persona y que pretende satisfacer, desde una mirada individual e integral, las experiencias de individuos concretos que ven mermado, obstaculizado o inexistente el acceso que tienen a una tecnología específica. Ejemplo de ello son las soluciones que se han implementado en los teléfonos móviles para personas con debilidad visual.

3.2.6.1 ¿Diseño de experiencia de usuario? ¿o diseño centrado en el usuario?

Ambas definiciones se usan indistintamente en la literatura, ya que tienen como punto común la importancia de establecer un contacto directo con el usuario a fin de mejorar la interacción de una tecnología con la persona que lo va a usar.

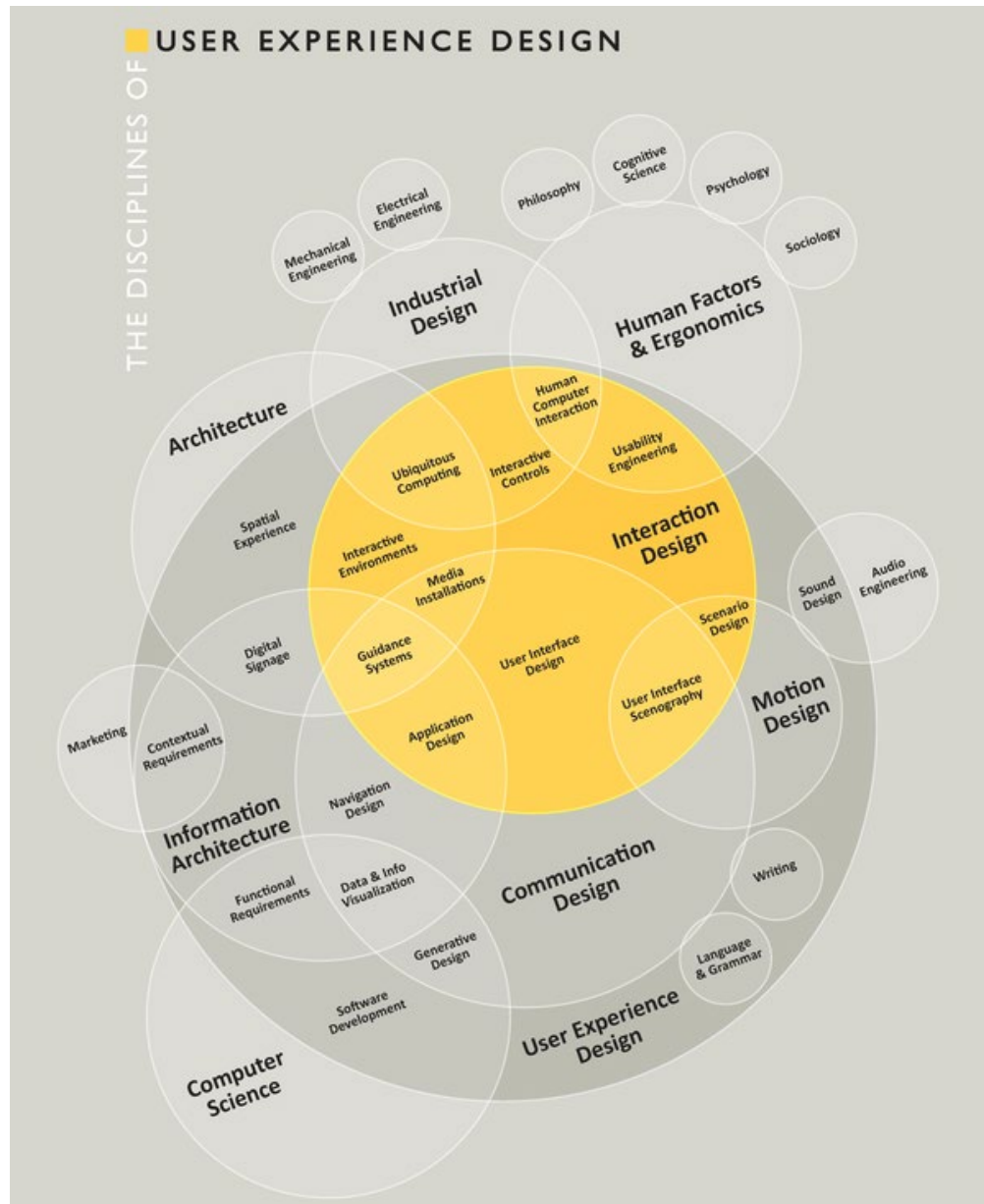
Figura 17. Requisitos del columpio en el árbol



Fuente: www.paragoninnovations.com

Diseño de experiencia de usuario (UXD) [132]: Se concentra en el diseño de un producto, bien o servicio apoyado en el comportamiento del usuario, a través de la marca, usabilidad, utilidad y deseabilidad con un producto [133]. Cada instancia de interacción humano-objeto se tiene asociada una experiencia de usuario, pero, en general los que usan experiencia de usuario están interesados en la relación entre los humanos y las computadoras y los productos basados en cómputo, como sitios web, aplicaciones y sistemas. Norman [134] lo define como la práctica de diseñar “*productos, servicios, eventos y ambientes enfocados en la calidad y el disfrute total de una experiencia*”. Domingo y Pera [135] lo definen como un “*concepto holístico ... desde un punto de vista más práctico y teniendo en cuenta los requisitos provenientes del marketing, el diseño visual o la marca*”.

Figura 18. Disciplinas involucradas en el diseño de experiencia de usuario.

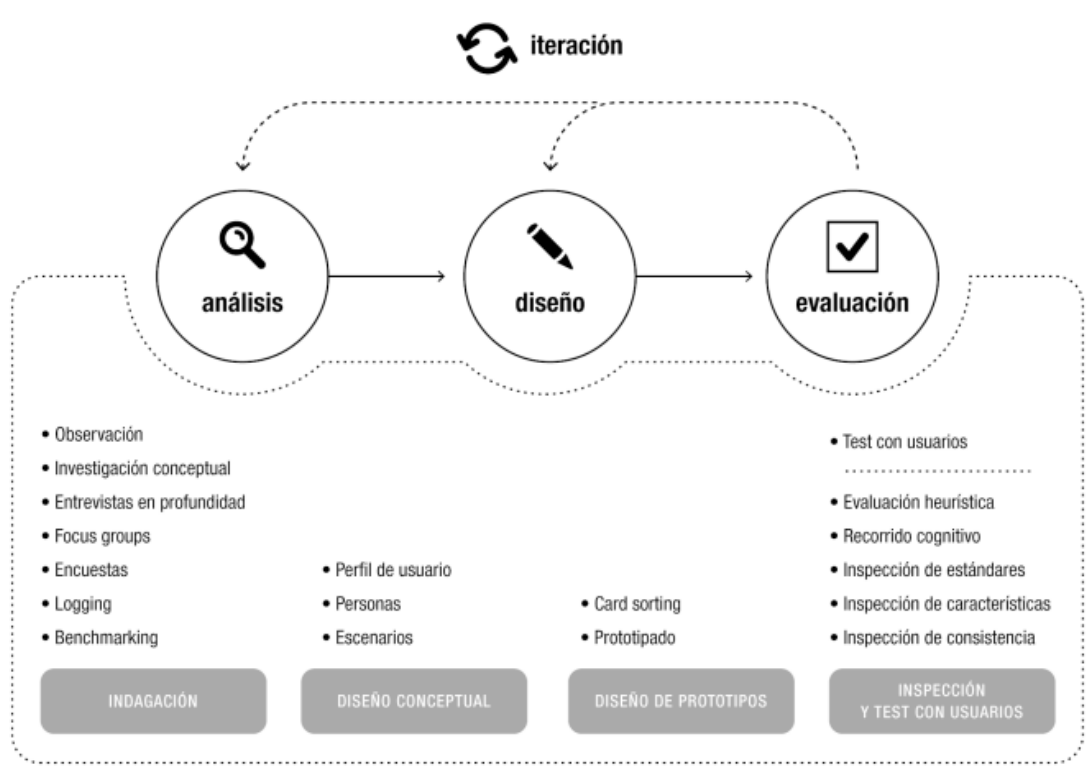


Fuente: [About - COX&HALL \(coxhall.com\)](http://About - COX&HALL (coxhall.com))

Este proceso de diseño involucra un equipo multidisciplinario con diferentes experticias, tales como diseño visual, programación, psicología e interacción de diseño, etc. La **Figura 17** ofrece una visión general de este trabajo conjunto entre diferentes profesiones. Suele confundirse con el diseño centrado en el usuario, porque de alguna forma los diseñadores se preocupan en mantener a la vista las necesidades de las personas. Inclusive algunas metodologías empleadas en el diseño centrado en el usuario se emplean en el diseño de experiencia de usuario, y de ahí su confusión cuando se define su utilidad en el mundo académico.

Diseño centrado en el usuario (User Centered Design - UCD): Es un proceso de diseño iterativo que se enfoca en el usuario y cada una de sus necesidades en el proceso. UCD considera a todos los usuarios a través del proceso de diseño a través de una variedad de técnicas de investigación y diseño para lograr que los productos sean usables y accesibles a ellos [136]. Autores como Domingo y Pera [135] consideran que DCU es una filosofía en la cual debe considerarse al usuario en todas las fases del diseño. La **Figura 19** muestra la naturaleza heurística a partir de tres procesos (análisis, diseño y evaluación) que debe ser desarrollado para diseñar una tecnología pensada en las personas.

Figura 19. Etapas sugeridas en una metodología centrada en el usuario.



Fuente: Domingo y Pera [135]

Estas diferentes etapas están enfocadas en identificar requisitos del usuario, su contexto y recopilar información pertinente con el fin de diseñar un producto, bien o servicio. Por ejemplo, la etapa de análisis está compuesta por todas aquellas metodologías que tienen como propósito, caracterizar al usuario. La etapa de diseño, a elaborar un prototipo funcional que pueda ser empleado en la última etapa, evaluación a fin de inspeccionar características del dispositivo y su interacción con el usuario, a fin de asegurar una adecuada adaptación.

Realizando una revisión de literatura, se encuentran cuatro metodologías ampliamente empleadas las cuáles serán discutidas a continuación.

3.2.6.2 Modelo Doble Diamante

Metodología desarrollada en el 2005 por el British Design Council en donde se representa el pensamiento creativo con la forma de dos diamantes, esquematizando la dualidad del pensamiento divergente y convergente, desde el nacimiento de una idea, pasando por el desarrollo del prototipo y finalizando con el despliegue del producto, bien o servicio.

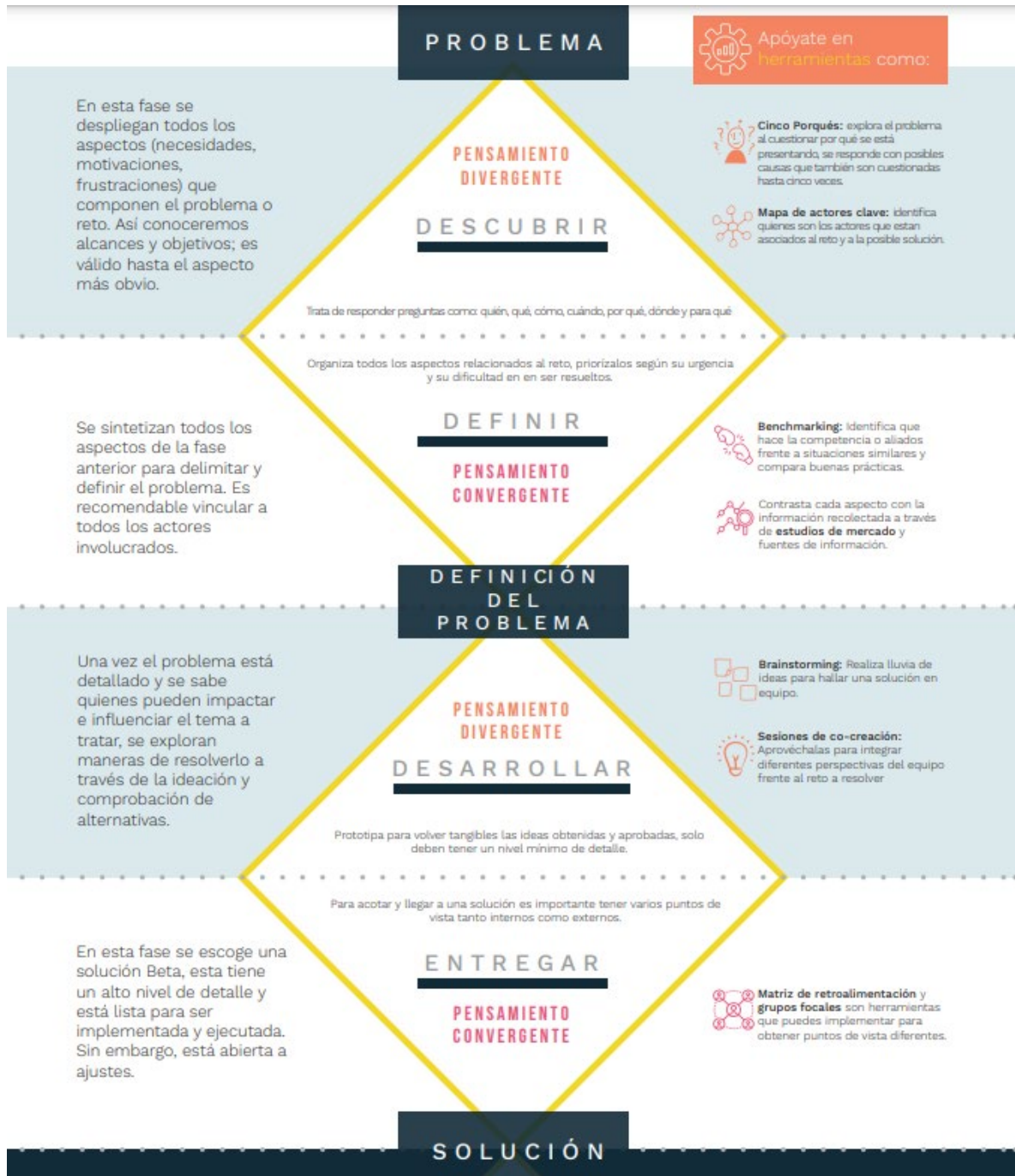
Posee cuatro procesos como se puede ver en la **Figura 20**. Estas son:

Descubrir [137], tiene como propósito identificar las necesidades de los usuarios. Los siguientes métodos son empleados para mantener un pensamiento creativo y abierto.

- Crear un espacio de proyecto: Es útil para recopilar gran cantidad de información, mantenerla organizada, dar visibilidad al proyecto, así como poder comunicarlo a otros. Se sugiere espacios con luz apropiada, sofás, mesas, cualquier elemento que funcione para hacer un espacio estimulante y divertido.
- Observación: Observar cómo los usuarios interactúan con sus propios elementos tecnológicos, servicios y ambiente con el fin de identificar problemas. Se sugiere el uso de fotos o videos que les permita a los desarrolladores analizar después detalles que se hallan perdido, como expresiones en el rostro de los usuarios.
- Diario de uso: Técnica en la cual se le entregan a los usuarios participantes diarios con el fin de depositar su día a día. Se sugiere que sean los hijos quienes diligencien estos documentos, grave videos o tomen fotos y se envíe de forma cronológica y temporal al equipo investigador.
- Ponerse en los zapatos de los usuarios: Entender y empatizar con los usuarios y su interacción con los productos, servicios y ambiente. Para poder desarrollar esta metodología, se sugiere identificar un grupo de usuarios, identificar sus escenarios y tareas típicas en un día de trabajo. El investigador debe ponerse en la misma situación por algunas horas, días e incluso una semana con el fin de estimular la empatía con el usuario final.
- Lluvia de ideas: Generar ideas de forma rápida y efectiva en respuesta a un problema. Inicia con un ejercicio de calentamiento; luego se explica el problema de forma clara y concisa y finalmente se escriben las ideas en la pared o papeles. Con el fin de realizar una actividad más efectiva, se sugiere:
 - Evitar juicios
 - No criticar
 - Tener una conversación a la vez
 - Todas las ideas son válidas.
 - Entre más ideas mejor.
 - Mantenerse en el problema es difícil.
 - Ser visual – pintar ideas o representarla.

Finalmente, se elige un grupo pequeño que pueda clasificar las ideas y finalmente realizar una votación.

Figura 20. Modelo Doble Diamante



Fuente: LABitácora (http://intranet.procolombia.co/sites/default/files/enlaces/files/doble_diamante_2da_edicion_boletin_1.pdf)

- Elegir una muestra: Se elige un conjunto de usuarios de la comunidad con la que se desea trabajar (grupo focal). Para ello, se debe seleccionar usuarios que estén directamente relacionados con el problema, aunque hay otros atributos ampliamente usados como edad,

etnicidad, aspectos socioeconómicos, características emocionales o actitudes frente a la tecnología.

- Encuestas de tipo cuantitativo: Generación de datos estadísticos relacionados con la muestra poblacional. Hay dos tipos de encuestas: Las generales, que se desarrollan mensualmente y permite colocar un conjunto de preguntas limitadas a muchas organizaciones. Esta opción es económica pero limitada. Encuesta Ad Hoc son más específicas y se pueden realizar tantas preguntas como sean necesarias.
- Rápida visualización: Genera visualizaciones rápidas de las ideas, usando esquemas que puedan ser fácilmente modificables estimulando la creación de nuevas.
- Investigación secundaria: revisión de literatura alrededor de información publicada por los clientes, competidores y tendencias sociales, económicas y políticas.
- Esperanzas y miedos: Es una forma de involucrar en un espacio de trabajo a diseñadores y no diseñadores para que se exprese las expectativas alrededor del proyecto, esperanzas y miedos.

Definir [138] se ocupa de darle sentido a los hallazgos a partir de un entendimiento que relacione las necesidades del usuario con el problema. Las siguientes metodologías se emplean para aterrizar los hallazgos y establecer el reto principal del proyecto:

- Grupos focales: Grupo de 6 a 10 usuarios en un grupo de discusión de al menos dos o tres horas, moderado por un facilitador con el fin de identificar reacciones de los clientes alrededor de un tópico.
- Criterio de evaluación: Método de selección de ideas mediante métricas de evaluación.
- Comparación de notas: Agrupar notas tomadas a lo largo del establecimiento de ideas con el fin de priorizar aquella información pertinente alrededor del problema.
- Impulsores y obstáculos: Ejercicio que ayuda a identificar en dónde concentrar las energías para hacer el desarrollo del proyecto más efectivo.
- Mapeo de jornada del cliente: Representación visual de la historia del usuario, mostrando todas las interacciones que tiene con el producto y/o servicio.

Desarrollar [139] se concentra en el desarrollo, pruebas de concepto, prototipo y cualquier herramienta que permita redefinir el potencial de las diferentes soluciones.

Se emplean las siguientes metodologías para identificar los aspectos funcionales y eliminar los que no.

- Perfiles de usuario: Una forma de crear sencillos bocetos de personajes y representaciones visuales de las categorías más importantes para los usuarios. Es útil para estimular la producción de ideas y hacer decisiones de diseño acertadas. Se recomienda crear perfiles de usuarios tanto típicos como extremos, con el fin de identificar aspiraciones, comportamientos, estilos de vida y peculiaridades.
- Escenarios: Detallar diferentes situaciones en donde el usuario interactúe con el producto o servicio durante un periodo de tiempo, con el fin de contextualizar el funcionamiento del proyecto y refinarlo.

- Juegos de rol: Tomar el rol del usuario, emular sus posibles interacciones con el producto con el fin de refinar el diseño.
- Planos de servicio: Representación visual detallada del servicio mostrando la jornada del usuario, los canales, diferentes puntos de interacción, así como elementos ocultos que hacen que el sistema funcione. Con esto, todos los actores pueden entender su interacción con el servicio, asegurando que el usuario obtenga una experiencia coherente.
- Prototipo funcional: Modelo temprano y muy simple que sirve para probar los requerimientos de diseño. Esto ayuda a anticipar problemas asociadas con el modelo inicial. Es bueno para revisar la interacción de diferentes grupos de actores. Puede ser de diferentes tipos, por ejemplo en etapas tempranas del prototipo, puede “rápido y sucio” con el fin de animar a los usuarios de interactuar sin miedo a criticar. En etapas más tardías puede ser un producto mínimo viable que detalle aspectos de construcción y funcionalidad.

Desplegar [140] se selecciona la mejor solución que funcione en el contexto y se instala. En esta fase se realizan las siguientes actividades:

- Sincronizar: Desplegar el servicio en forma de prueba (superior al grupo de usuarios en la fase de diseño), con el fin de solucionar problemas que pueden aparecer.
- Prueba final: Identificar cualquier restricción final o problema después de que el producto sale de la manufactura (revisión de estándares, regulaciones, pruebas de compatibilidad, etc.)
- Evaluación: Recopilar información del proyecto después de su lanzamiento. Es útil para documentar metodologías y procesos que funcionan, y así aplicarse a otros en el futuro. Se desarrolla empleando encuestas de satisfacción o cualquier otra métrica de rendimiento como incremento del tráfico o aumento en ventas.
- Ciclos de retroalimentación: Recopilar información en canales relacionados con el lugar donde se instaló el producto con el fin de identificar sugerencias, problemas con el proyecto, o cualquier otro dato que sirva para mejorar el producto, bien o servicio. La forma más común de realizar esta actividad, es el uso de encuestas de satisfacción en el sitio de instalación con los clientes que interactúan con el producto/bien o servicio.
- Banco de Métodos: Documenta y comunica los métodos de diseño con la organización. Esto se realiza con el fin de identificar las mejores prácticas. Entre los beneficios de esta práctica se encuentra evitar volver a hacer el trabajo, mejorar la robustez y la eficiencia de las salidas. Se sugiere el empleo de métodos que recopilen el trabajo desarrollado, como documentos descriptivos, videos, sketches, diagramas de flujo.

3.2.6.2 Framework HEART

Introducido por Kerry Rodden, Hilary Hutchinson y Xin Fu mientras trabajaba en Google [141], tiene como propósito identificar aspectos casi irreconocibles de la interacción con los objetos y servicios. Bajo la premisa “Lo que no se puede medir no se puede mejorar”, busca reconocer métricas correctas que permita alcanzar los objetivos del proyecto.

El framework HEART (**Tabla 4**) consta de dos partes, una que mide la calidad de experiencia de usuario (filas), y la otra la consecución de los objetivos del proyecto o producto (Metas, Señales, Métricas ubicada en las tres columnas).

Tabla 4. Framework HEART

	GOAL Metas	SIGNALS Señales	METRICS Métricas
<i>HAPPINESS</i> <i>Felicidad</i>			
<i>ENGAGEMENT</i> <i>Motivación</i>			
<i>ADOPTION</i> <i>Adopción</i>			
<i>RETENTION</i> <i>Retención</i>			
<i>TASK SUCCESS</i> <i>Éxito en la tarea</i>			

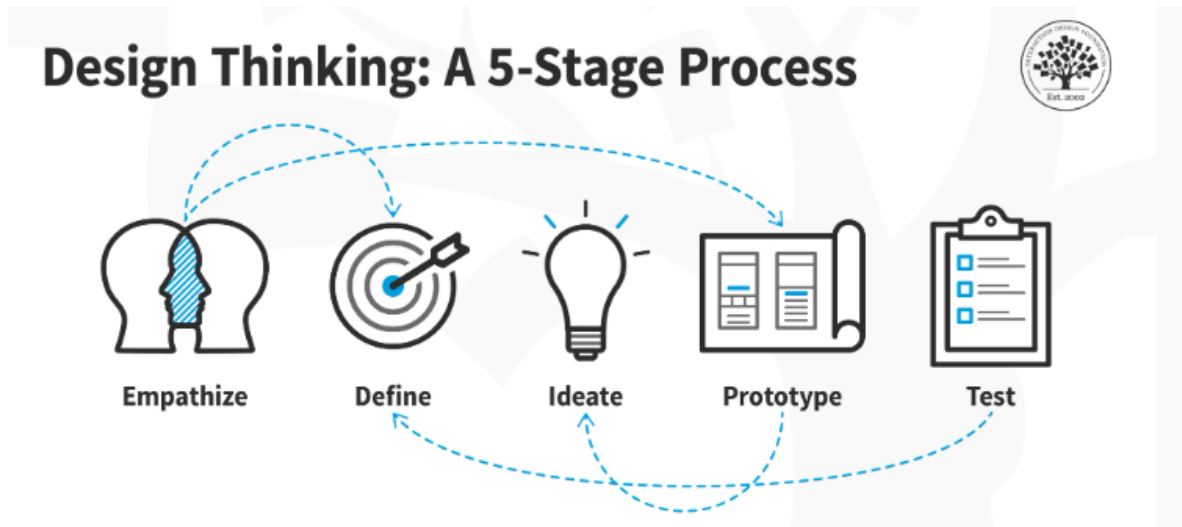
Fuente: [141]

- **HAPINESS:** Mide la satisfacción basada en métricas de término amplio.
- **ENGAGEMENT:** Métrica que evalúa cómo interactúa el usuario con el producto, bajo su propia decisión, en otras palabras, examina la regularidad e intensidad de uso en un periodo de tiempo.
- **ADOPTION:** Define el número d nuevos usuarios en un periodo de tiempo. Métrica que establece cuán exitoso es el negocio atrayendo a nuevos clientes.
- **RETENTION:** Mantener activos los usuarios existentes por un periodo x de tiempo.
- **TASK SUCCESS:** Examinar el tiempo que demora un usuario en realizar una tarea dada. Las técnicas de usabilidad remota y estudios de benchmarking son recomendadas para evaluar esta métrica.

3.2.6.3 Framework Design Thinking

Proceso no lineal e iterativo mencionado por primera vez por el Premio Nobel Herbert A. Simons en 1969, en su libro *The Sciences of the Artificial*[142], [143] empleado para entender usuarios, cambiar esquemas de pensamiento, redefinir problemas y crear soluciones innovadoras que serán prototipadas y testeadas [142]. Los equipos de diseño usan Design Thinking porque pueden enfocar el problema con una mirada centrada en el usuario, desarrollando soluciones “pensando por fuera de la caja” con el fin de cubrir las necesidades del usuario. Se describe el proceso a partir de cinco etapas, las cuáles pueden observarse en la **Figura 21**. Estas etapas no son necesariamente lineales. Incluso, pueden realizarse en paralelo, y serán descritas a continuación:

Figura 21. Las cinco etapas de Design Thinking



Fuente: [Interaction Design Foundation](https://www.interaction-design-foundation.com/)

- Etapa 1: Empatizar – Investigar por las necesidades de tus usuarios. La empatía es crítica en el proceso de diseño centrado en las personas, porque deja de lado suposiciones propias enfocándose en los verdaderos problemas de los usuarios.
- Etapa 2: Definir – Identificar las necesidades y problemas de los usuarios. Analizar las observaciones recopiladas en la etapa anterior y sintetizarlas. Estas definiciones son llamadas “Declaraciones de problemas”.
- Etapa 3: Idear: Crear ideas y asumir cambios: se generan ideas a partir de un conocimiento sólido a partir de dos fases. Usualmente se inicia con “pensar fuera de la caja”. La metodología lluvia de ideas se usa de forma particular en esta etapa.
- Etapa 4: Prototipar – Empezar a crear soluciones. Fase experimental cuyo objetivo es identificar la mejor solución posible para cada problema encontrado. Para ello, el equipo diseñador debe producir versiones del producto económicas y de baja escala. Como técnica se suele emplear el prototipado en papel, en donde el usuario puede interactuar con estrategias “down and dirty” o tipo guerrilla³³
- Etapa 5: Probar la solución.

La página <https://www.designkit.org/> mantiene un compendio de técnicas que pueden ser empleadas en cada etapa (inspiración, ideación e implementación).

³³ Son pruebas de usabilidad en donde, en lugar de probar un prototipo con un grupo de usuarios seleccionado de una muestra, se prueban con participantes fuera de la muestra, en un entorno no controlado.

3.2.6.4 Framework Empatía Práctica

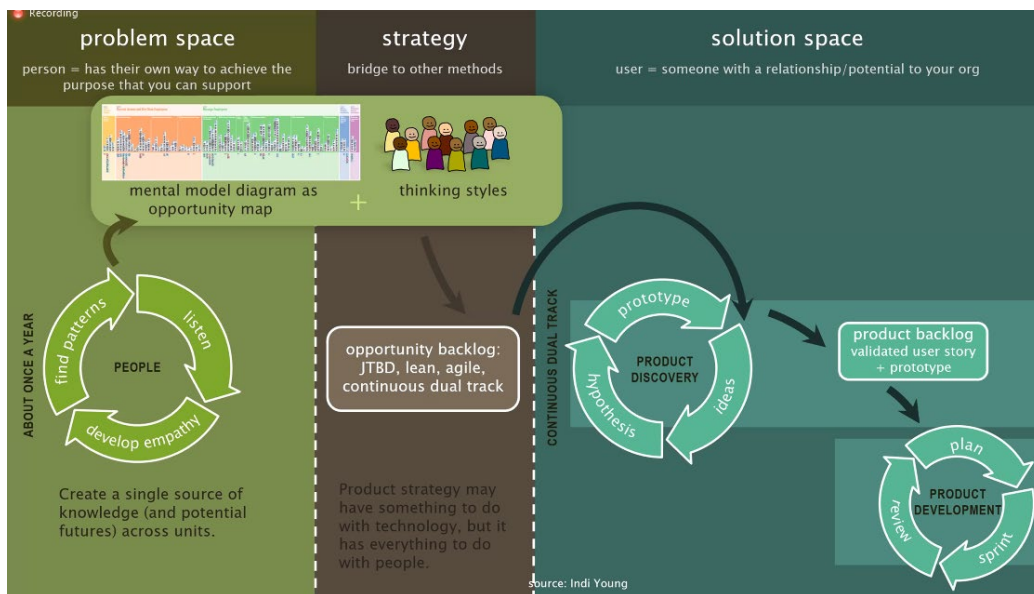
Desarrollado por Indi Young [144], es un modelo centrado en el desarrollo de soluciones centrados en el usuario a partir de técnicas empleadas en experiencia de usuario, pero enfocadas en el uso de la empatía. La autora sostiene que, al reunir y comprender patrones de pensamiento y perspectivas, se puede reunir información suficiente para mejorar estrategias alrededor de desarrollo de objetos y servicios.

Este framework trabaja con el esquema de empatía desarrollado por Daniel Batson [145] con la cual se puede adquirir información:

5. Empatía cognitiva, que proviene del pensamiento interno.
6. Empatía facial, en donde se refleja los gestos de su interlocutor.
7. Empatía afectiva, que es el contagio emocional alrededor de un evento o suceso.
8. Empatía estética, que es inspirada desde el sentimiento generado al ver o leer obras literarias.
9. Empatía psicológica en donde el investigador piensa como un hecho o suceso afecta a la persona.
10. Empatía proyectiva que se da cuando el investigador se mete en los zapatos del usuario.
11. Angustia empática, en donde el investigador comparte la pena del usuario.
12. Preocupación empática, en donde el investigador siente compasión por el usuario.

El modelo está conformado por tres fases (espacio del problema, estrategia y espacio de la solución) y varios procesos que permite la inclusión de metodologías ágiles.

Figura 22. Framework de empatía práctica

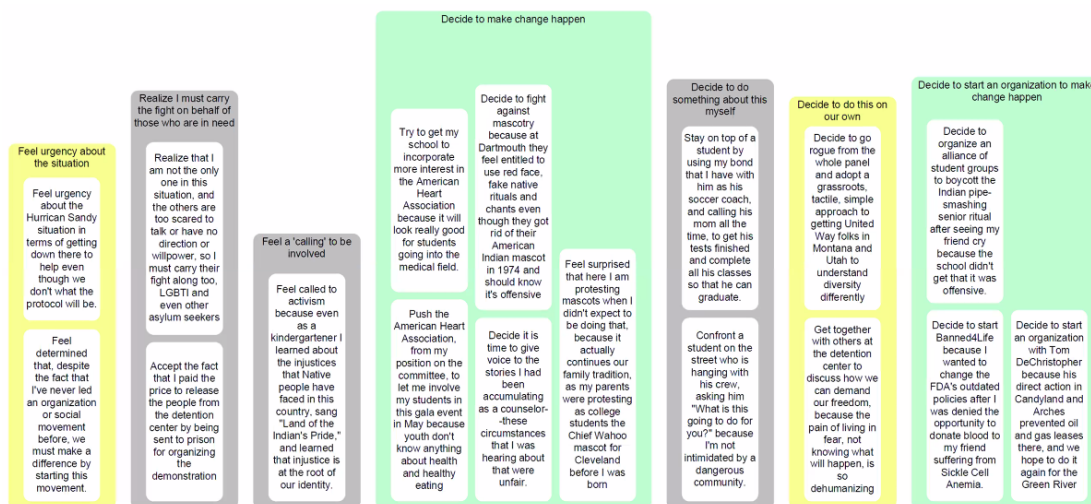


Fuente: Indi Young [144]

- Espacio del problema: Ecosistema en donde se puede entender el problema y cómo el usuario interactúa con este. Es conformado por los siguientes procesos:

- **Escuchar:** Mediante la observación, entrevistas, una simple charla, es suficiente para adquirir la información. Para poder iniciar un proceso de escucha [146], primero se debe reconocer que, con quién deseo establecer la comunicación, tiene algo que hacer; reconocer que sus pensamientos y emociones son su verdad; comunicar un reconocimiento y finalmente, no emitir juicios.
- **Desarrollar empatía:** Información que puede adquirirse de diferentes fuentes de empatía (mencionadas anteriormente).
- **Encontrar patrones:** Búsqueda de estrategias que permita encontrar estilos de pensamientos comunes en una organización. Se recomienda el Mapeo Cuantitativo de Comportamientos de la audiencia mostrado en la **Figura 23**. Modelamiento mental, en donde mediante encuentros con el grupo focal, se puede clasificar pensamientos, sentimientos, reacciones, necesidades alrededor de un problema (columnas), lograr un contexto desde la historia de los participantes (circunstancias) y analizar estilos de pensamiento (colores de clasificación).

Figura 23. Modelamiento mental



- Estrategia: Espacio en donde se pueden implementar diferentes frameworks, métodos o metodologías de diseño.
- Espacio de la solución: Espacio donde se desarrolla el prototipo, se despliega y se testea.
 - Descubrimiento del producto. Formulación de una idea, generación de hipótesis y desarrollo de un prototipo.
 - Documentación del prototipo: Se emplea este formato para introducir una historia de usuario validada y el cambio del prototipo.
 - Desarrollo del producto: Este apartado emplea metodología ágil, en donde se planifica los tiempos para el desarrollo del prototipo, se programa equipos para que cumplan con esos tiempos (sprint) y se revisan los resultados. Dependiendo de lo obtenido, el ciclo vuelve a inicializarse.

3.3 ESTADO DEL ARTE

Para poder comprender las falencias del actual ecosistema en donde se desarrollan las soluciones de riego IoT agrícola, es necesario establecer el escenario de transferencia tecnologías IoT de riego en el sector agrícola. Se establece la necesidad de 1) identificar cómo se da la transferencia tecnológica en el mundo agrícola y 2) Cómo se está dando la transferencia tecnológica de las tecnologías emergentes (específicamente IoT en soluciones de riego).

Las ecuaciones establecidas a continuación, fueron empleadas en la revisión de la literatura para el ejercicio. Adicionalmente, se condujo una vigilancia tecnológica (agradecimientos proyecto AGRIOT) para fortalecer los hallazgos identificados con la revisión de documentos académicos:

EC1: ("technology transfer" OR "transfer of technology" OR agritech OR "agriculture extension") AND (smallholder OR rural)

EC2: ("IoT" OR "internet of things") AND ("agriculture" OR "rural") AND ("irrigation" OR "watering" OR "smart irrigation")

El propósito de la primera ecuación es determinar el estado actual de la transferencia tecnológica empleada en agricultura. Se buscaron modelos de transferencia de tecnologías emergentes, pero al no encontrar evidencia alguna desde la literatura, se revisaron modelos de transferencia tecnológica enfocadas en la transferencia de tecnologías de la información y la comunicación, y complementarlo con un estudio sobre cómo se está dando las innovaciones relacionadas con soluciones IoT para riego en el sector de la agricultura a pequeña escala, a fin de identificar características, tendencias, canales empleados y actores.

Con esta primera búsqueda, se identifica importantes esfuerzos de la academia relacionados hacia el fortalecimiento la apropiación de tecnologías a través de los servicios de extensión agrícola. Se determina que no hay suficientes estudios en zonas rurales que permita establecer soluciones asociadas con la adopción de tecnologías TIC [147]. Los artículos seleccionados caracterizan la población agrícola, identificando problemas tales como la capacidad de absorción [148] [149], paradigmas reduccionistas que no se esfuerzan en entender la cultura, los valores, el trabajo, y el contexto [148] [149]. En entornos latinoamericanos, se identifica en entornos pobres con ausencia de acuerdos institucionales que permita definir las necesidades de los usuarios finales, así como redes gubernamentales que puedan influir en la aceptación de soluciones por parte de los campesinos [150].

Los artículos identificados proponen tres tipos de modelos de transferencia tecnológica:

Grupo 1: conformado por artículos que proponen modelos de transferencia tecnológica diseñados desde la apropiación, por lo que incorporan elementos propios del extensionismo agrícola como, por ejemplo, estrategias de acompañamiento (también conocidas como intervenciones [150]). Theodorakopoulos et. al [150] propone un modelo de transferencia universidad – entorno rural, en donde identifica a los centros de investigación (pertenecientes a las universidades) y asesoramiento (extensionistas agrícolas) como intermediarios tecnológicos. Identifica como principal barrera de transferencia la “diferencia cultural” entre

las universidades y las comunidades rurales y la “falta de espíritu empresarial” y un apoyo técnico limitado como barreras intermedias.

Grupo 2: se caracteriza por modelos de transferencia tecnológica, entendiéndose como un proceso en dónde se debe asegurar que una tecnología sea desarrollada para asegurar su adopción. Considera procesos, actores y canales característicos de la transferencia tecnológica que sean similares a los servicios de extensión agrícola, por lo que algunos procesos se diluyen (generalmente asociados con protección y comercialización de innovaciones) [151].

Grupo 3: se caracteriza por un traslape conceptual, de tal forma que el extensionismo agrícola reemplaza a los modelos de transferencia tecnológica, y se enfocan en estrategias como acompañamiento, granjas demostrativas y escuelas agrícolas para transferir el manejo de las innovaciones [152] las cuáles se clasifican en regulares (no involucra un cambio tecnológico y social) y estructurales en donde se requiere “una reorganización fundamental de relaciones sociales, principios técnicos y reglas”[153]. En este grupo se encuentra desarrollo de modelos de adopción tecnológica, al reconocer que los existentes (como el Modelo de aceptación tecnológica (TAM), Teoría unificada de aceptación y uso de tecnología (UTAUT y su segunda versión UTAUT2)), no considera elementos importantes tales como el conocimiento tácito y el ambiente de trabajo socio-técnico, la institucionalización, el sistema de cultura y valores y las prácticas de la comunidad[154], [155]; modelos que explican la dificultad de apropiación tecnológica a partir de unas medidas asociadas a modelos de adopción [147]

Figura 24. Modelo de apropiación al sistema e-agricultura desde una visión centrada en las personas.



Fuente: [149]

Se identifican aspectos que deben tomarse en cuenta en los modelos de transferencia TI, los cuáles son:

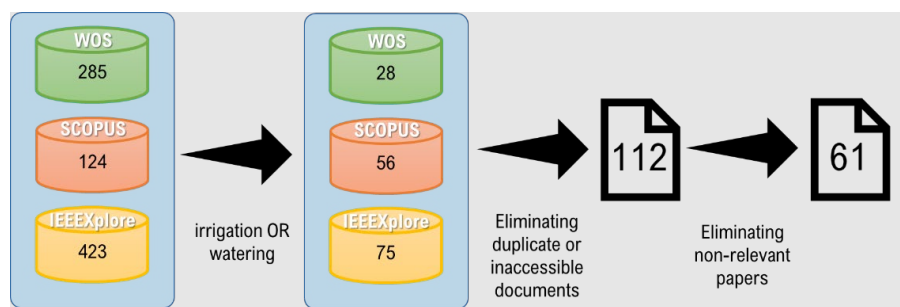
1. La extensión agrícola como el canal directo entre los granjeros y las innovaciones desarrolladas por los centros de investigación agrícola [151], por lo que debe considerarse dentro del modelo de transferencia tecnológica [156].
2. Debe estudiarse todas las herramientas empleadas en el proceso productivo que desea innovar, ya que esta solución debe ser mejor y superior a las técnicas agrícolas usadas por los campesinos si se desea su adopción [157], [158].
3. El proceso de transferencia tecnológica debe realizarse en dos etapas: la primera, enfocada en diseminar la innovación entre los agricultores, y la segunda, en estrategias que convencen a los granjeros a usarlas [159].
4. Debe existir apoyo gubernamental en forma de iniciativas que fomenten el uso de TIC. Dichas iniciativas deben incluir centros de entrenamiento que permita aumentar las capacidades y habilidades de quienes reciben la tecnología [160].

3.3.1 Caracterización de soluciones de riego en el mundo

Para este apartado, se estableció la necesidad de realizar una revisión de literatura, la cual se complementará con una vigilancia tecnológica, con el fin de evidenciar el comportamiento de los desarrollos IoT en soluciones de riego para agricultura de pequeña escala.

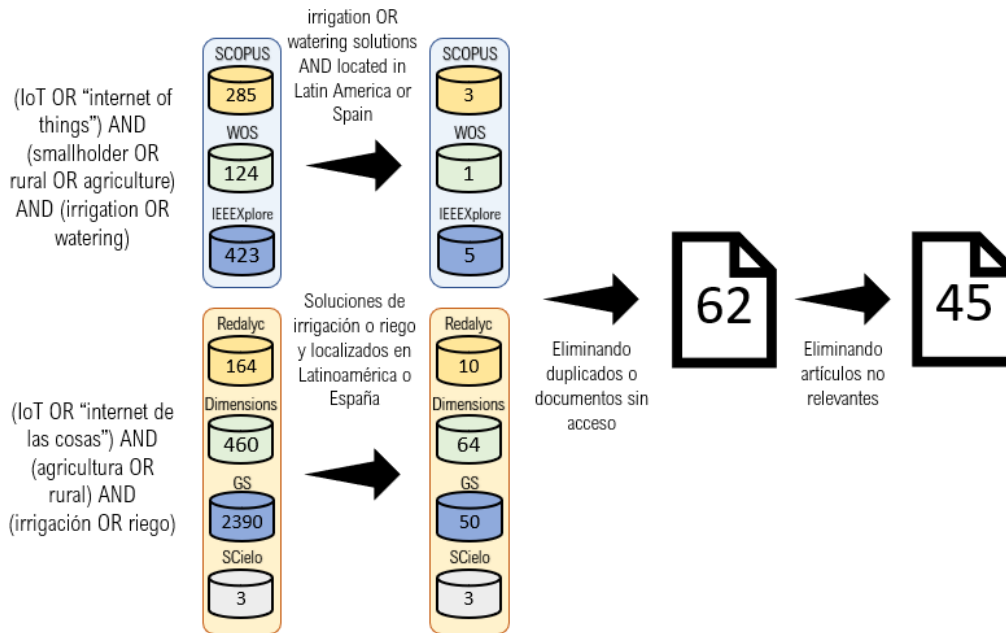
Con respecto a la caracterización de soluciones IoT de riego para el agro, el ejercicio realizado fue una revisión de literatura efectuada en tres bases de datos: Web of Science, SCOPUS y IEEE Xplore, empleándose como ecuación de búsqueda (IOT OR "Internet of things") AND ("farmer" OR "rural") y Redalyc, Dimension, Google Scholar y SCIELO en español con la ecuación de búsqueda (IOT AND agricultura AND riego). Luego, se aplica un filtro con la temática de riego, empleándose la ecuación irrigation OR watering, y que tenga su aparición en el título, abstract o palabras claves.

Figura 25. Metodología empleada para la selección de artículos científicos en inglés (Bases de datos seleccionadas: WOS, SCOPUS y IEEEExplore)



Como segundo filtro, se eliminan aquellos que no especifican su uso para agricultura, que su propuesta esté clasificada inferior a TRL3 y que el tema central del artículo no sea el desarrollo de un sistema de riego IoT para agricultura. La **Figura 25** y la **Figura 26** muestra el desarrollo de metodología empleada para la captura documental.

Figura 26. Metodología empleada para la revisión de literatura en general (inglés y español)



Son un total de 92 artículos analizados (eliminando los repetidos entre ambas búsquedas).

De los documentos seleccionados, se identifica a India como el país que más soluciones publica con respecto al riego IoT en agricultura (43%), seguido de España (8%) y Ecuador / Bangladesh (5%). Se observa un crecimiento exponencial de los artículos a partir del 2017. En el caso latinoamericano, Colombia se presenta como el país con mayor cantidad de publicaciones (29%), seguido por Ecuador (22%) y México (16%). Se observa un comportamiento endógeno en las publicaciones latinoamericanas,

Figura 27. Comportamiento en escritura de artículos académicos en países Iberoamericanos, junto con algunas colaboraciones

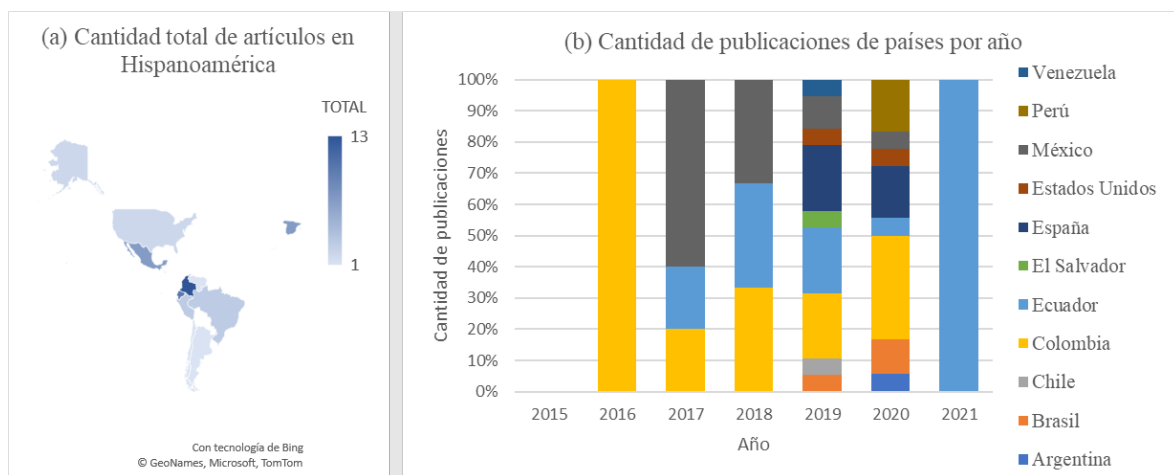
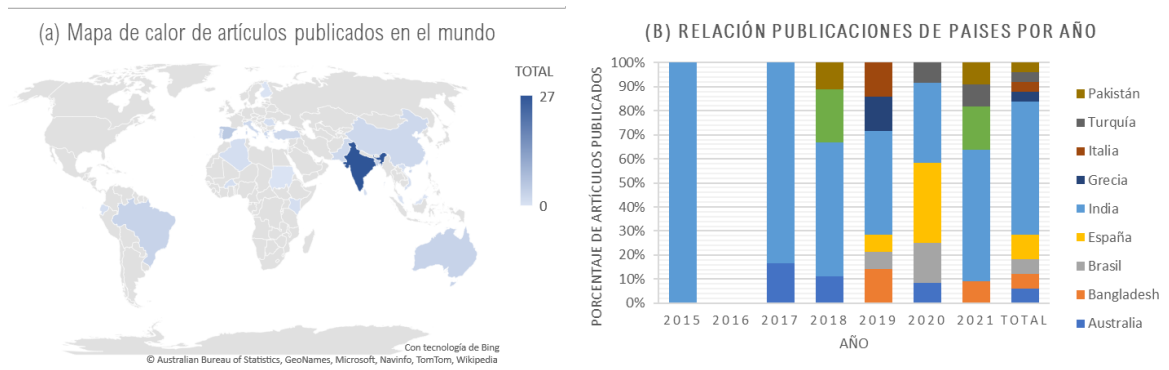
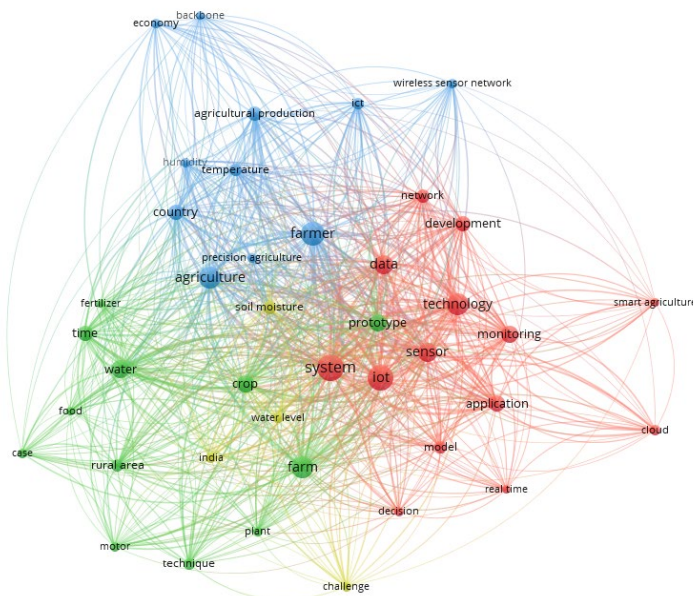


Figura 28. Comportamiento en escritura de artículos académicos a nivel mundial (SCOPUS, WOS, IEEEExplore)



Realizando un análisis de tópicos de los documentos seleccionados con VOSViewer, identificándose un total de 4 clústeres, en donde se observan palabras claves como agricultura de precisión e inteligente, soluciones con las que más se ha referido los autores para el desarrollo de estos prototipos. El clúster rojo y azul reúne los diferentes elementos nombrados en los prototipos, como diferentes tipos de sensores y WSN como el esquema de conexión más empleado entre ellas, aplicaciones, sistemas de decisión, y la importancia de ser implementadas en tiempo real. El clúster verde y amarillo muestra las variables más determinantes en los esquemas de riego, siendo nivel de agua, humedad en el suelo y temperatura.

Figura 29. Mapa de tópicos de los artículos seleccionados (en inglés)



3.3.2 Vigilancia tecnológica

Para la vigilancia tecnológica, se tomaron como palabras claves Internet of Things – IoT, Agriculture, farming, irrigation, soil, crops, smallholder, small-scale farmer.

Con las palabras clave antes mencionadas se formularon las ecuaciones de búsqueda (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) aplicadas en la base de datos de la Oficina Europea de Patentes - Espacenet, así como en Google Patents y Patent Pulse, obteniéndose un total de 63 patentes. Se eliminan todas aquellas que no tuvieran como propósito la gestión del riego, con lo que la cantidad total de patentes a analizar se reducen a 33. A diferencia de los artículos científicos, en donde el líder de investigación era India, aquí China se posiciona como líder en el desarrollo de patentes (60% de las patentes) seguida de Corea (25%) y Estados Unidos (10%).

Cuadro 4. Ecuaciones de búsqueda de patentes

Espacenet	(Internet of things OR IoT) AND (agricultur* OR farming) in the title or abstract (Internet of things OR IoT) AND (agricultur* OR farming) AND irrigat* in the title or abstract agricult* AND (IoT) in the title or abstract agricult* AND (IoT) AND (dron* OR UAV OR Unmanned aerial vehicle) in the title or abstract IoT OR internet of things in the title or abstract AND A01, A01G as the IPC classification IoT AND (agricult* OR farm*) AND (farmer*) in the title or abstract IoT AND (agricult* OR farm* OR plantat*)
Google Patents	"IoT" AND (agriculture OR farming) AND (smallholder* OR small scale farmer*)
Patent Pulse	ta:(IoT) AND (agricultur* OR farming)) AND pd:2015,2020 ta:(IoT AND (agricult* OR farm* OR crop*) AND (dron* OR UAV OR Unmanned aerial vehicle)) AND pd:2015,2020 ta:(IoT AND (crop* OR agricult* OR harvest* OR Sow* OR seed*)) AND pd:2015,2020

A continuación, se busca evaluar las características tecnológicas identificadas en los documentos seleccionados de la revisión científico-tecnológica a la luz de las buenas prácticas IoT en agricultura. Esto con el fin de vislumbrar un escenario completo de innovaciones, y así identificar qué elementos de diseño se toman en cuenta cuando se desarrollan las soluciones de riego.

Tabla 5. Definición de las diferentes características identificadas en artículos académicos seleccionados

ID	Característica identificada	Definición
C1	Evade manipulación humana	La solución evita la interacción entre el agricultor y la tecnología desarrollada
C2	Co-creación/UX/Usable	La solución fue desarrollada a partir de un proceso conjunto con la comunidad rural
C3	Ambientes diversos	Especifica que la solución puede ser implementada en jardines, invernaderos o en el campo.
C4	Fácil de implementar	Especifica que su instalación es fácil y/o que no entorpece el desarrollo de actividades agrícolas.
C5	Fácil de usar	Especifica que la interfaz es fácil de usar.
C6	Económica	Especifica que los elementos empleados en el desarrollo de la solución son económicos en cuanto a consumo energético, fácil adquisición, ofrece un costo beneficio.
C7	Efectiva	La solución ofrecida responde al problema detectado. El artículo asegura que hubo un impacto positivo en la comunidad después de su implementación.
C8	Sensible al género	La solución beneficia a TODOS los miembros de la comunidad (mujeres, niños y ancianos).
C9	Modular (interoperable)	La solución se propuso en forma de módulos, los cuáles o son intercambiables, o permite ampliar el rango de la solución.
C10	Multiconectividad	La solución puede ser conectada de forma cableada e inalámbrica
C11	No intrusiva - inalámbrica	Especifica el uso de elementos inalámbricos
C12	Abierta	Asegura el uso de elementos abiertos, que evitan la adquisición de licencias para su uso.
C13	Tiempo real - cableada	La solución es cableada y/o se asegura envío de datos en tiempo real.
C14	Reduce fuerza laboral	Se especifica la reducción de operarios.
C15	Reduce riesgo de desastre	Los autores identifican un riesgo (seguridad alimentaria, sequía, inundaciones) y proponen una solución).
C16	Robusta	Especifica que los elementos empleados fueron probados para ambientes externos y aseguran su robustez (ejemplo: no dependencia de red eléctrica, habilidad para conectarse a otras redes, mantener los datos mientras se encuentre la plataforma fuera de línea, etc.)
C17	Escalable	El Sistema puede aumentar fácilmente su cobertura.
C18	Autónomo / Fácil mantenimiento	La solución implementa elementos fácilmente asequibles.
C19	Uso de tecnologías emergentes	La solución implementa inteligencia artificial, modelos predictivos, visión artificial, etc.
C20	Uso de tecnologías maduras	La solución implementa tecnologías de bajo nivel, como por ejemplo, teléfonos móviles, SMS, etc.

3.3.3 Categorización de artículos de acuerdo con buenas prácticas IoT en agricultura

Espinosa et al. [161] propone una definición de prácticas IoT en agricultura, las cuáles fueron conceptualizadas a partir de la revisión de buenas prácticas identificadas en organizaciones reconocidas en agricultura y en el área de IoT como lo son ITU, FAO, OECD y Banco Mundial. Fueron seis (6) los criterios identificados: 1) Efectiva y exitosa, referente a innovaciones que fueron probadas en el contexto y que lograron de forma exitosa y efectiva mitigar o eliminar el problema identificado; 2) Sostenible, relacionado a aquellas soluciones que, debido a características puntuales, permiten una continuidad en el tiempo de la solución en una comunidad dada; 3) Sensible al género, cuando la solución implementada en la comunidad reconoce a todos los miembros de la misma (hombres, mujeres, niños y ancianos) y los incorpora en el desarrollo de la innovación; 4) Técnicamente posible; cuando la solución asegura que

posee elementos fácilmente asequibles, o que la comunidad cuenta con la información suficiente para replicarla; 5) Adaptable y replicable, consecuencia directa de la 4), ya que la tecnología puede ajustarse a diferentes ambientes y necesidades poblacionales; y, finalmente, 6) que fuese elaborada para prevenir, mitigar o eliminar el riesgo de un desastre.

Tabla 6. Relación entre criterios y características

Criterio	Características asociadas
Efectiva y exitosa	Relacionado a todas aquellas características asociadas a una solución usable y que probada en campo. No necesita ser un producto mínimo viable. Se selecciona Efectiva (C7) y Uso de tecnologías emergentes (C19) al considerar que su uso optimiza los procesos productivos agrícolas. Para este criterio, se seleccionan aquellas características que satisfagan las necesidades actuales y las futuras. Además de los criterios identificados en el anterior criterio (C7 y C19), forma parte Económica (C6) al identificarlo como un aspecto clave en el desarrollo de la solución; Modular (C9) por la capacidad del sistema de implementar o no ciertas características, reduciendo el costo de implementación en zonas rurales; Robusta (C16), al establecer la necesidad de incorporar elementos sometidos a un ambiente hostil; Escalable (C17) porque supone un desarrollo que puede aumentar su cobertura y Autónomo/fácil mantenimiento (C18) cuando el desarrollador garantiza que los elementos pueden ser reemplazados fácilmente, ya sea porque se pueden adquirir en los centros urbanos o dentro del país.
Sostenible	Se busca identificar las estrategias implementadas por los autores para incluir a la comunidad en el desarrollo de las innovaciones. Para ello, se selecciona Evade manipulación humana (C1) cuando los autores establecen como un aspecto positivo que el campesino no necesita establecer un contacto directo con la tecnología, Co-creación (C2) al identificar actividades participativas que potencian la inclusión comunitaria directa en el desarrollo de la tecnología, Fácil de usar (C5) cuando se establece la necesidad de una interacción amena con la solución y Sensible al género (C8) al reconocer a la mujer como puente entre los desarrolladores y la comunidad. Para este apartado, C1 se puntúa con -1, al considerar que esta característica no reduce la brecha tecnológica.
Sensible al género	Las características que se incluyen en este apartado, busca evidenciar que la innovación puede ser fácilmente adoptable por la comunidad. Forman parte Económica (C6), Fácil implementación (C4), Inalámbrica (C11), Tiempo real (C13), Autónomo (C18) y Modular (C9)
Técnicamente posible	Las características asociadas en este punto, buscan asegurar que la solución puede implementarse en Ambientes Diversos (C3), posee una Fácil implementación (C4), su desarrollo es Económico (C6) y se puede replicar con facilidad; es Modular (C9) ya que posibilita que cualquier miembro de la comunidad pueda trabajar en el rediseño de la solución; posee la cualidad de Multiconectividad (C10), porque puede conectarse a internet de acuerdo con la infraestructura disponible en el entorno (inalámbrico, móvil o cableada); es Abierta (C12) y no necesita la adquisición de licencia para un posterior desarrollo; es Escalable (C17) y Autónomo (C18) facilitando su implementación y mantenimiento de acuerdo a la necesidad.
Replicable y adaptable	Para este criterio, se debe asegurar que la solución es funcional para Ambientes Diversos (C3) y que la innovación fue diseñada para Reducir el riesgo de crisis (C15). Se considera una crisis, si el autor señala un problema relacionado con seguridad alimentaria o cambio climático (sequía o inundaciones). No cumple si la solución está dirigida hacia un aumento de productividad.
Reduce el riesgo de desastres o crisis promoviendo su mitigación	

Con el propósito de evaluar las propuestas de riego con respecto a las buenas prácticas, se identifican características comunes extraídas de los documentos seleccionados que pueden relacionarse con las buenas prácticas. Cada una de estas características junto con sus definiciones, pueden ser observadas en la *Tabla 5*.

Los documentos seleccionados vuelven a revisarse, esta vez evaluando la aparición o no de cada una de las características en forma binaria: Si el autor menciona la característica de forma directa, o hay una pista de su cumplimiento, se coloca un 1, de lo contrario, se coloca un 0. Luego, se relaciona cada una de las características identificadas se clasifican con cada uno de los criterios de acuerdo a la definición ofrecida por las buenas prácticas IoT en agricultura.

Para poder evaluar cada prototipo identificado en la literatura y en la vigilancia tecnológica, se realiza una tabla en donde se evalúa por separado cada una de las características identificadas de forma binaria: Si el autor menciona su existencia o no. Se considera que el documento cumple con el criterio de buenas prácticas IoT en la agricultura, si al menos se identifica de forma positiva la mitad de las características que lo conforman. El análisis sobre los hallazgos encontrados se realizará en la siguiente sección.

El análisis de la información extraída de los documentos referentes a soluciones de riego en agricultura se muestra en el **Cuadro 5**. Allí se evidencia la clasificación de los artículos más significativos (por motivo de espacio, se colocan aquellos a los que se identificaron tres (3) prácticas o más en su análisis) y todas las patentes.

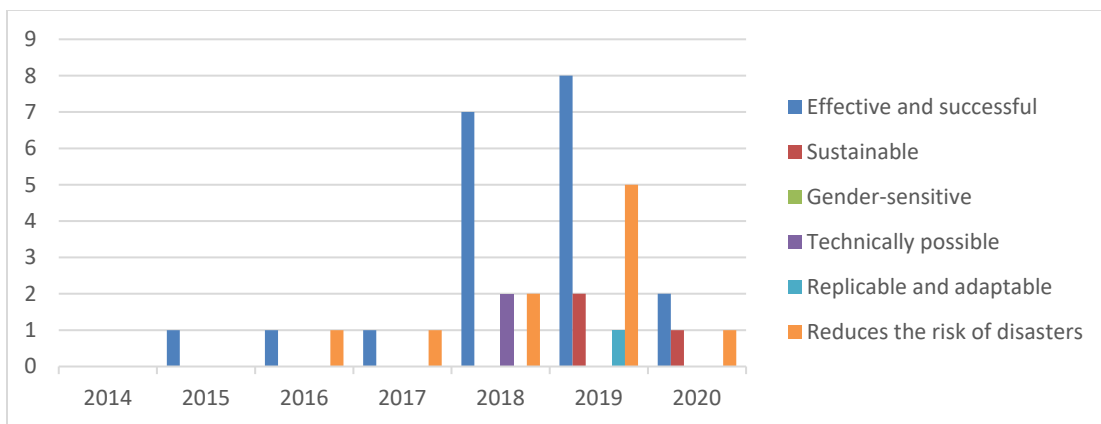
Cuadro 5. Artículos que poseen más de 2 criterios pertenecientes a buenas prácticas IoT

Criterio	Artículos seleccionados	Patentes
Efectiva y exitosa	[162], [163], [164], [165], [166], [167], [168], [169], [170], [171], [172], [173], [174], [175], [176], [177], [178], [179], [180], [181], [182], [183]	ES2755599, CN107942955A, CN208335462, CN108801354, CN108534838, US2018262571, CN108398929, CN204334624, CN110069088, CN107105062, CN110602179, CN108650299, CN110456843, CN110442053, KR20190050053, CN210006197U, CN209375694U, KR20180072438A, CN105446309A
Sostenible	[162] [163] [164] [167] [168] [169] [170] [172] [173] [174] [175] [176] [177], [180], [184], [185], [186], [187]	CN208335462, CN110069088, CN210006197U
Sensible al género	[163] [164] [165] [166] [167] [171] [175] [178] [179], [180], [181], [171], [188], [189]	
Técnicamente posible	[162] [163] [164] [165] [166] [167] [168] [170] [173] [174] [175], [182], [169], [176], [183], [163], [184], [185], [186], [187], [180]	CN107942955A, KR20180072438A
Replicable y adaptable	[180], [169], [176], [184], [187]	CN110069088
Reduce el riesgo de desastres	[166] [169] [171] [172] [175] [176] [177] [178] [179]	CN107942955A, CN109495566, CN208335462, WO2018084371, CN107105062, CN106125805, PH12018050275, CN110442053, CN110191147A, CN109588282A

A continuación, se ofrecerá un análisis con respecto a cada uno de los criterios establecidos como buenas prácticas IoT en agricultura:

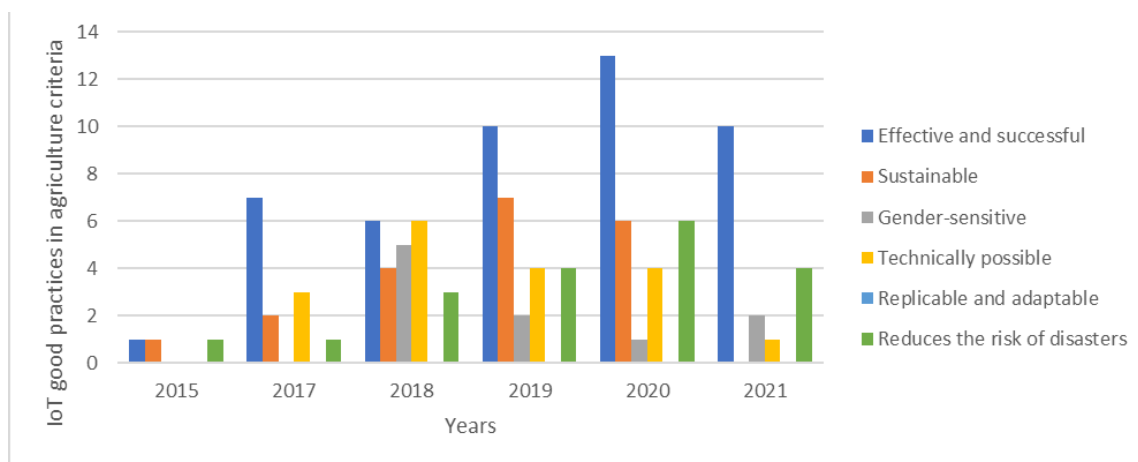
1. Efectiva y exitosa: se identifica la mayor cantidad de documentos en este criterio. En las patentes, se explica desde el concepto de patente, en donde uno de los requisitos la inversión es que debe ser comercializable y fortalecer un sector empresarial [190]. En cuanto a los documentos identificados por la literatura científica, se observa el esfuerzo en desarrollar innovaciones que tomen en cuenta el contexto de la población, y cómo identificar aquellas tecnologías que sin importar si son “*low tech*” [28][191] o emergentes, sirvan como una estrategia de éxito [192]. En el análisis de temporalidad (**Figura 30**), se observa que este comportamiento es exponencial tanto en la academia como en patentes, con un descenso en el 2020 para patentes, explicado desde la crisis sanitaria COVID-19. Así mismo, se observa un cambio de paradigma en lo que se considera efectivo y exitoso cuando se habla de riego en agricultura. Es así como las primeras innovaciones (2015-2017) se concentra en desarrollos para aumentar la productividad, a establecer una necesidad de implementar tecnologías que otorguen al campo resiliencia y adaptabilidad al cambio climático y a sus respectivas consecuencias. Es por ello que el uso de tecnologías emergentes en forma de sistemas de decisión se establece como una estrategia oportuna que puede brindar una sostenibilidad al sistema, aumentando la probabilidad de sistemas efectivos [193].

Figura 30. Comparativa del análisis de soluciones IoT con respecto a los años



2. Sostenible: Cuando se habla de sostenibilidad, se establece un proceso de apropiación tecnológica comunitaria que permite que la tecnología se mantenga y se actualice con el paso del tiempo, sin depender de una tecnología propietaria [173]. El uso de agricultura de precisión o agricultura inteligente, se reconoce como una estrategia para optimizar recursos empleando elementos que son fácilmente asequibles, económicos[30], [194], [195], abiertos e interoperables[196]. Es aquí donde cobra sentido tecnologías que sean de fácil acceso para la comunidad [197], identificando como embebidos predilectos como Arduino y ESP8266. En cuanto a patentes, se señala el uso de tecnologías abiertas, interoperables y modulares, en mayor proporción que las identificadas en artículos académicos.

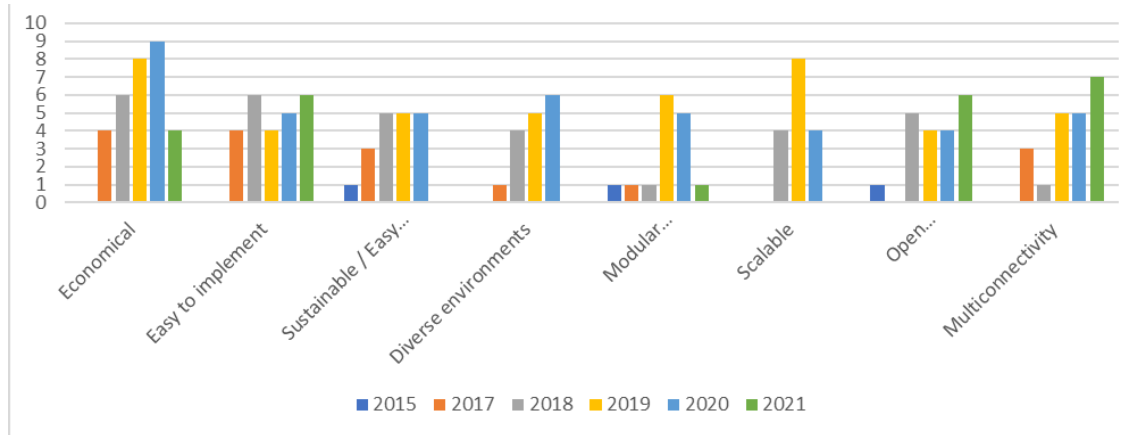
Figura 31. Análisis temporal de buenas prácticas IoT en agricultura



3. Sensible a la comunidad: Cuando se incorporan estrategias de tecnologías emergentes en zonas rurales, se debe considerar un contexto de implementación caracterizado por deficiencias en infraestructura [164] y un analfabetismo tecnológico en los lugareños [21]. Quizás, esta sea la razón por la cual las innovaciones se enfocan en incorporar tecnologías maduras o que son ampliamente empleadas por las comunidades rurales. Es así como se emplean estrategias como mensajes cortos de texto (SMS) [198], [199] llamadas telefónicas [173] en forma de alarmas. Incluso se señala la importancia de incorporar tecnologías que no tengan interacción con el productor agrícola [200][164][167][201]. De forma particular se considera esta medida contraproducente, debido a que va en contravía con la definición del siguiente criterio.
4. Técnicamente posible: aunque no se observa en ningún artículo seleccionado, prácticas que represente el interés de los investigadores por educar a quienes van a usar la tecnología, empieza a observarse el interés por desarrollar tecnologías acordes con los elementos reconocibles por los granjeros [175]. Se identificaron autores pertenecientes a instituciones y extensionistas agrícolas participando activamente en el desarrollo de innovaciones.
5. Adaptable y replicable: Ningún artículo fue clasificado en este criterio. Para poder responder a este comportamiento, hacer un análisis de este criterio, mediante un análisis temporal. En este ejercicio se identifica que, dependiendo del año, los oferentes tecnológicos (en este caso, la academia) encaminaron sus esfuerzos a fortalecer cada componente de este criterio. Es así como el aspecto económico, interoperabilidad, aspecto modular y el diseño para diversos ambientes tiene un aumento exponencial, mientras que la facilidad de implementación, el fácil uso, y el empleo de tecnologías abiertas (que no involucran costos adicionales de licenciamiento) se

estableció constante. Lo que demostró el estudio es que ningún *paper* seleccionado, cumplía al tiempo tres o más de estos componentes.

Figura 32. Análisis de temporalidad en el criterio "Replicable y adaptable"

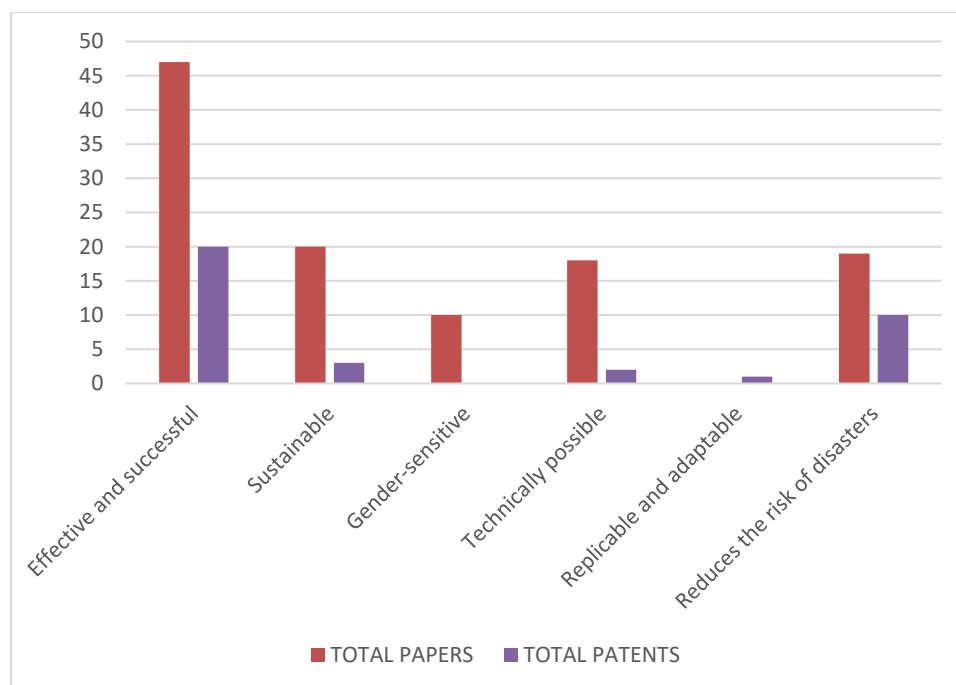


6. Reduce riesgo de desastres o promueven su mitigación: en este criterio se establece diferentes objetivos los cuáles también cambian de acuerdo con el año. Es así como el objetivo de las soluciones en el periodo del 2016-2018 establecía la necesidad de aumentar la productividad, 2018-2019 pre-COVID era necesario prestar atención al cambio climático, mientras que en 2019 – presente, se establece la necesidad de implementar soluciones que no solo ofrezcan herramientas para mitigar el cambio climático, sino para generar una agricultura resiliente que permita producir la suficiente comida en miras de fortalecer la seguridad alimentaria del mundo.

Los análisis sobre las características del estado de la técnica de las patentes seleccionadas permitieron identificar que la mayoría de las tecnologías se enfocaron en el fácil uso e implementación, además del uso de tecnologías emergentes. Las demás características se hacen evidentes en las diferentes tecnologías en un porcentaje promedio entre el 40% y el 20%. Menos del 5% de las tecnologías analizadas se han probado en ambientes diversos, incluyen las alarmas para riego o reduce el riesgo de desastres. Finalmente, llama la atención que ninguna tecnología se haya desarrollado en procesos de co-creación o que sea sensible al género.

Con todo lo anterior, ya se posee un escenario de innovaciones con respecto a tecnologías de riego, y se identifican elementos con los cuales diseñar la *framework* de transferencia tecnológica.

Figura 33. Análisis comparativo de las buenas prácticas IoT en literatura vs. análisis de patentes



3.4 MARCO NORMATIVO

Cómo se identificó anteriormente, para que se dé una correcta transferencia tecnológica agrícola es necesario que el gobierno, a partir de políticas públicas, establezca estrategias que favorezcan escenarios de investigación, diseminación y apropiación de las innovaciones generadas por los centros de investigación y desarrollo. Se pudo identificar las siguientes políticas:

Con respecto al extensionismo agrícola:

- **Ley 607 del año 2000**, que busca garantizar el Servicio de Asistencia Técnica Directa Rural (SATDR) en Colombia, como mecanismo para mejorar las condiciones de vida de los productores agropecuarios. En el Decreto 2980 de 2004 se reglamenta parcialmente la ley 607 de 2000, y se mencionan los Centros Provinciales de Transferencia Tecnológica y las Empresas Prestadoras de Servicios Agropecuarios (EPSAGROS) con la idea de mejorar las condiciones que garanticen un mejor SATDR.

Con respecto al desarrollo de soluciones para el campo:

- **Ley 1876 del 2017**: Ley de Innovación agropecuaria. Componente estratégico en donde encajan diversas políticas públicas para el sector rural, algunas enfocadas en consolidar y priorizar el

modelo agroindustrial como alternativa para modernizar el campo y continúan relegando a un segundo plano, el mundo étnico y campesino.

- **PECTIA del SNCTA2017-2027:** Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario Colombiano. Marco orientador en donde se identifican actores influyentes en el sector agrícola, propone como una de sus megatendencias la incorporación de TIC como transformación digital agrícola, ofreciendo incentivos de difusión, capacitación basada en TIC para la industria y la promoción para su uso.
- **Programa Misión para la Transformación del Campo Colombiano:** Iniciativa del Gobierno Nacional en cabeza del DNP en donde se define estrategias para el desarrollo rural y agropecuario 2015-2035. En estos lineamientos se define, entre otros, el desarrollo de la ruralidad competitiva y estrategias que permitan una sostenibilidad ambiental en donde se contribuya al cuidado de recursos naturales y se logre adaptar a las comunidades rurales al cambio climático.
- **CONPES 3558 de 2008:** En donde se busca favorecer mecanismos destinados a promover el desarrollo rural, específicamente, *“convocatorias de investigación en desarrollo tecnológico e innovación”*.
- **Resolución 2400 de mayo 22 de 1979, artículo 203:** que establece el uso de colores básicos con el objetivo de señalar e identificar diferentes objetos, elementos, componentes, etc. de acuerdo a su funcionalidad.

Con respecto al manejo de información obtenida del trabajo con las comunidades rurales:

- **Ley 1581 del 2012:** Habeas Data. Consiste en permitir a los ciudadanos el conocer, actualizar y rectificar toda la información que tengan las diferentes entidades y bases de datos del país.

3.5 MARCO CONTEXTUAL

Esta tesis se encuentra enmarcada como producto de la iniciativa AGRIOT, el cual busca desarrollar un modelo de transferencia de tecnologías IoT para el sector de pequeña escala agrícola. Este proyecto está financiado por MINCIENCIAS, convocatoria 808, que da inicio tras la firma del contrato de financiación de recuperación contingente No.80740-200-2019 entre COLCIENCIAS (ahora MINCIENCIAS) y la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB.

Debido a la poca documentación acerca de transferencia tecnológica universitaria latinoamericana, parte de la evaluación del modelo propuesto en la iniciativa AGRIOT fue el diseño de un ecosistema que permitiera experimentar la transferencia del *know how* y así evaluar las buenas prácticas identificadas en el proceso y cómo deben incorporarse (tomando en cuenta la temporalidad ofrecida por los TRL). Fue así, como desde la participación activa de varios actores (ver **Figura 34**) entre los cuáles se puede nombrar ThinkLink (como desarrollador tecnológico), estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga -

UNAB (como investigadores en diferentes etapas: semillero de investigación, en donde se les forma en aptitudes y actitudes investigativas; pasantía, en donde se desarrolla habilidades de investigación; proyecto de grado, en donde los estudiantes trabajan alrededor del problema que implica soluciones IoT descontextualizadas al entorno agrícola de pequeña escala, y proponen proyectos para solucionar este problema desde varias vistas; estudiante de doctorado, la autora, encargada de dirigir las actividades de investigación), investigadores MINCIENCIAS, expertos en TT (Clúster CREATIC y grupo DEL LABORATORIO AL CAMPO, los cuáles colaboraron en temas relacionados con el extensionismo agrícola) y estamentos externos como Tecnoacademia SENA – Nodo Santander con el fin de recibir orientaciones de desarrolladores tecnológicos de la región.

Figura 34. Modelo Proyecto AGRIOT



Fuente: Agradecimientos AGRIOT

Los estudiantes participantes en la iniciativa AGRIOT pertenecían a diferentes programas: mecatrónica, sistemas, comunicaciones, financiera y mercadeo (programa que maneja con notoriedad el área de experiencia de usuario en su currículo). El 60% de los estudiantes que participaron en el semillero, aceptaron continuar su proceso en forma de pasantía o proyecto de grado. 55% de ellos eran emisarios tecnológicos (hijos de campesinos becados para formarse como universitarios). Los proyectos de investigación propuestos en el semillero, fueron articulados a cada uno de los objetivos del presente

proyecto doctoral (que, a su vez, debía responder a los intereses directos del proyecto AGRIOT). Los estudiantes fueron repartidos en tres equipos (de acuerdo a los intereses demostrados en una entrevista previa para pertenecer al semillero): el equipo uno, tenía como objetivo la adquisición, análisis y documentación de modelos de transferencia tecnológica agrícola y su relación con los modelos de transferencia tecnológica documentados en la literatura. El equipo dos, estudió los actores relacionados con la transferencia tecnológica y sus principales actores mientras que el último equipo se decantó en el estudio de las soluciones IoT de riego a partir de la óptica de la interacción campesino-máquina, sistemas centrados en el usuario y cómo mejorar la experiencia de los campesinos con la tecnología emergente.

Los estudiantes que participaron en el semillero se manifestaron emocionados ya que podían desarrollar proyectos que beneficiaran a sus respectivas comunidades y porque se les ofrecía articular sus investigaciones en productos futuros como pasantía o proyectos de grado. Al ser embajadores campesinos, sabían “hablar ambos lenguajes” lo que les facilitó realizar actividades de recopilación, análisis y evaluación de datos. Es así como los productos derivados de la tesis doctoral se lograron articular a investigaciones de pregrado y postgrado, y pueden ser encontrados en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Proyectos desarrollados en el semillero de investigación, bajo la dirección de estudiante de doctorado

Nombre del proyecto	Productos asociados a la tesis doctoral
Diseño de un modelo de decisión para la selección de soluciones IoT apoyando la transferencia tecnológica en zonas rurales santandereanas – lagriot [202]	Dataset de patentes
EZAGRO: Diseño de directrices para la evaluación de interfaces en soluciones IOT implementadas en zonas rurales santandereanas: Apoyando la transferencia tecnológica desde la perspectiva de usabilidad [203].	Heurísticas de interfaces para soluciones IoT enfocadas a pequeños agricultores Lexicón enfocado en UX en el sector de los pequeños productores agricultores campesinos Modelo de evaluación de soluciones IoT enfocadas en pequeños productores agricultores campesinos
Framework conceptual para el desarrollo de interfaces móviles en soluciones IOT que permitan apropiación tecnológica en zonas rurales aledañas al municipio de Bucaramanga desde la perspectiva de UX. – RuralUX [204]	Modelo de adopción tecnológica para pequeños productores agricultores campesinos Benchmarking de APP asociadas al sector de la agricultura.
PROTOTIPO DE UNA RUTA TECNOLÓGICA PARA EL IOT, ENFOCADA EN LAS TECNOLOGÍAS DE RIEGO, PARA LOS AGRICULTORES DE PEQUEÑA ESCALA EN COLOMBIA [205]	Lexicón sobre proceso de TT en tecnologías de riego Evaluación de tecnologías Mapa de ruta tecnológico para soluciones de riego

Nombre del proyecto	Productos asociados a la tesis doctoral
DIGIO: Empleando elementos reconocibles como potencializador del uso de internet en zonas rurales: una investigación desde la experiencia de usuario en pequeños productores agrícolas de Santander [206]	Metodología para desarrollo de proyectos IoT enfocado en pequeños productores campesinos Mapa de actores Protocolo para investigación en UX remoto
TX RURAL: PROTOCOLO PARA EL DISEÑO DE UN MAPA DE RUTA TECNOLÓGICO SOBRE EL INTERNET RURAL ENFOCADO EN SOLUCIONES IOT DESPLEGADAS EN EL CONTEXTO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES CAMPESINOS, UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE DATA MINING: CASO DE ESTUDIO LEBRIJA, SANTANDER	Lexicón sobre proceso de TT en internet rural Identificación de actores Mapa de velocidad de Internet rural en Santander Mapa de ruta tecnológico sobre Internet Rural Evaluación tecnológica
CLIMAGRO: Diseño de un mapa de ruta de tecnologías IoT empleadas en entornos rurales para el monitoreo del clima, dirigido para los pequeños productores campesinos de Santander, mediante técnicas de text mining e inteligencia artificial. [207]	Lexicón sobre proceso de TT en monitoreo del clima Identificación de actores Mapa de ruta tecnológico sobre monitoreo del clima
FarmIA: Diseño de framework semántico para la inclusión de tecnologías IoT enfocadas a la agro rotación de cultivos de acuerdo al plan estratégico presentado por GPS Santander: Villanueva [208]	Evaluación de tecnologías IoT para el sector de los pequeños productores campesinos, implementando TRL y CRL Definición de buenas prácticas IoT en el entorno de los pequeños agricultores productores campesinos Arquitectura de agrorotación de cultivos
KAKAW: Modelo de Inteligencia Artificial Para La Identificación De Actores Y Su Relación En El Sector Cacaotero De Santander [209]	Identificación de actores según el modelo de 4 hélices Lexicón sobre el proceso de TT en el sector cacaotero Mapa de actores del sector cacaotero Metodología para el diseño de mapa de actores
MERCAMIA: Propuesta metodológica para la evaluación de modelos de transferencia tecnológica TIC en la agricultura de los pequeños productores campesinos de la región de Santander. [210]	Lexicón sobre el proceso de TT. Dataset sobre modelos de transferencia tecnológica Matriz comparativa de modelos de TT Definición de fases de modelos de TT Evaluación del modelo actual de TT en agricultura con inteligencia artificial
CroPlus: Desarrollo de prototipo funcional de red sensórica IoT para el monitoreo del estado de los suelos, teniendo en cuenta la altura al nivel del mar de los cultivos de tomate. Caso de estudio la finca El Oasis de la vereda Llanadas del municipio de Los Santos (Santander). [211]	Evaluación de tecnologías IoT para el sector de los pequeños productores campesinos, implementando TRL y CRL Metodología para el diseño de soluciones IoT enfocada en pequeños productores agricultores campesinos Despliegue sensórico en finca

Nombre del proyecto	Productos asociados a la tesis doctoral
SPRINKER: Desarrollo de una interfaz de usuario para aplicaciones móviles asociadas a soluciones de riego basado en las heurísticas de EZ-AGRO y un estudio de experiencia de usuario dirigido a pequeños productores agricultores de Santander. Caso de Estudio: AGRORIEGO.	Protocolo de investigación en UX remoto para pequeños productores campesinos UI renovada de la tecnología Agroriego siguiendo resultados de investigación en UX y heurísticas de EZAgro Protocolo en investigación en UX
Desarrollo de un modelo de transferencia y apropiación de tecnologías del internet de las cosas para los agricultores colombianos de pequeña escala – AGRIOT [212]	Metodología para desarrollo de manual de usuario y asistencia de uso (acompañamientos) enfocados en soluciones IoT enfocados en pequeños productores agricultores campesinos empleando realidad aumentada. Protocolo para investigación en UX remoto

Toda la información fue recopilada en TRELLO, software para la gestión de proyectos. Una vez se identificaba algún resultado de interés, se realizaba una invitación con asesores y personal relacionada con la tesis doctoral para validar los hallazgos, animando a la participación de actores ajenos al semillero.

3.6 ANTECEDENTES

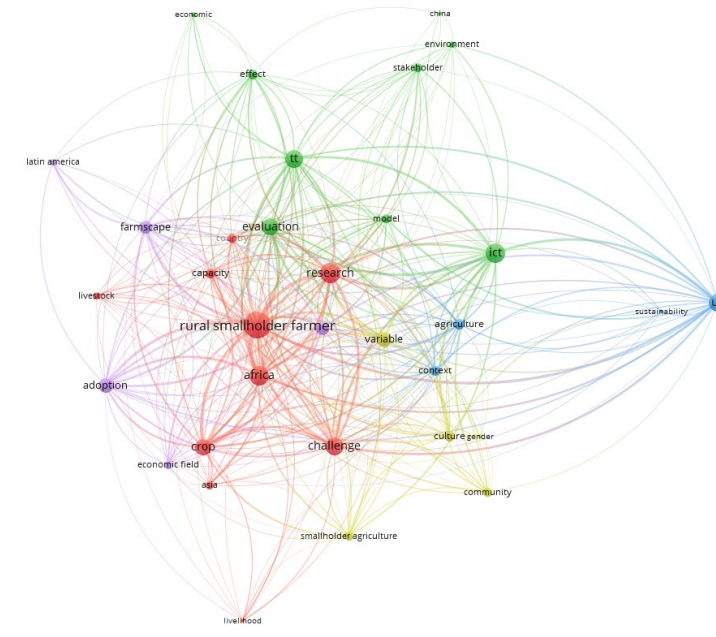
Se realiza una búsqueda en la literatura alrededor de la temática de experiencia de usuario en el desarrollo de soluciones TIC. Al realizar una categorización de términos, se observan que los países con mayores investigaciones son África (Tanzania, África subsahariana, Etiopía, Ghana, Kenia, Nigeria, Sur África, Tanzania), Asia (Bangladesh, India, Filipinas, Tailandia) y Brasil.

Los autores reconocen la importancia de la digitalización agrícola y desafíos alrededor de mejorar el bienestar de los agricultores mitigando la pobreza, aumentar el acceso a la comunidad, mejorando los mecanismos de subsistencia, disminuyendo las enfermedades de los cultivos y preservando la salud de los trabajadores al implementar sistemas ergonómicos. Se observan algunos procesos propios de la transferencia tecnológica (mercadeo, gestión de procesos, prototipos, producción, innovación y tratados justos) y de extensionismo agrícola (participación, apoyo, acceso y desarrollo).

En cuanto al contenido de los artículos, el 60% de los obtenidos son de tipo investigación exploratoria, y sus resultados son modelos, estudios sobre las problemáticas que enfrentan las comunidades, revisiones de literatura sobre implementaciones y propuestas de prototipos los cuáles aseguran tener en cuenta aspectos culturales como tradiciones, conocimiento ancestral en prácticas agrícolas; siendo los productos empleados el chocolate, granos, frutas en general, arroz y tubérculos (como la papa dulce). Las variables preferidas para el desarrollo de las soluciones son calidad del suelo, climáticas y asociadas con el recurso acuífero. El desarrollo de prototipos se divide en dos: aplicaciones que emplean IoT o WSN en las cuáles los campesinos pueden interactuar por medio de aplicaciones móviles o servicios en la nube a través de

plataformas desarrolladas o de terceros. Y aunque hablan de prototipos usables, que cumplen con criterios de experiencia de usuario, no se observan pruebas que fundamenten las conclusiones [19].

Figura 35. Categorización de términos referente a la búsqueda (UX OR user experience) AND (agriculture OR smallholder farmers) AND ICT AND ()



No obstante, se recopilan algunos artículos en los cuáles se centra la propuesta, y estos son:

Proyecto SWAMP (Smart Water Management Platform) [213]: Iniciativa financiada por el programa HORIZONT 2020, es un proyecto que busca el desarrollo de un sistema de riego inteligente de alta precisión. Han abarcado diferentes temáticas, desde el diseño de software para aplicaciones basadas en IoT, integración con drones, desarrollo de plataformas de gestión, sostenibilidad (*“los componentes tecnológicos deben ser flexibles y adaptables con el fin de adaptarse y replicarse a diferentes localidades y contextos”* (<http://swamp-project.org/>); hasta la validación de los desarrollos, no sólo desde una óptica académica sino empresarial y a la luz de la experiencia de usuario campesina. Este proyecto cuyo inicio se dio en el 2017, es una muestra exitosa de la cooperación entre universidades y organizaciones de muchos países (Teknologian tukmuskeskus VTT de Finlandia; Universita Di Bologna, Italia; Quaternium Technologies Sociedad Limitada, España; Conzorzio Di Bonifica Dell’Emilia Centrale, Italia e Intercrop Ibérica SL, España³⁴).

El trabajo desarrollado por Novák et al. [19], que demuestra la notable falencia de investigaciones en experiencia de usuario dirigida al sector agrícola de pequeña escala por parte de la academia. Denota la

³⁴ Para más información, revisar aquí: <https://www.fabiodisconzi.com/open-h2020/projects/212139/index.html>

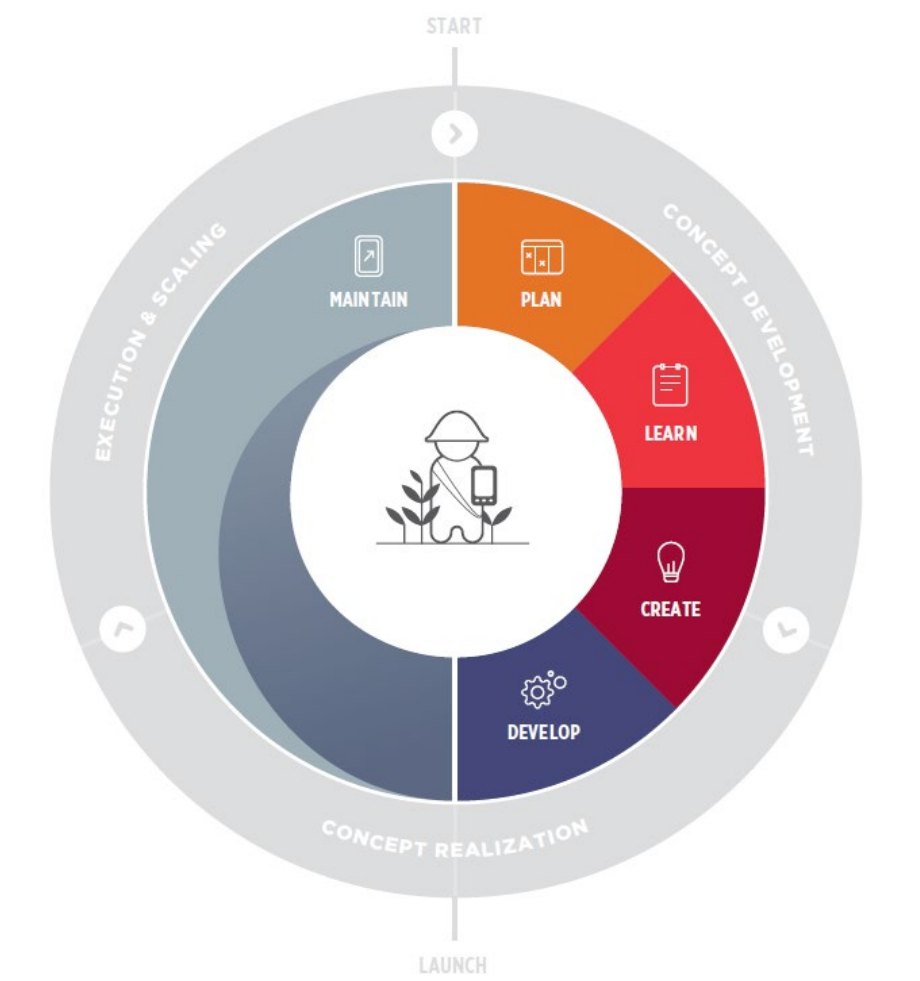
labor por elaborar elementos físicos aptos para la agricultura, pero la falta en frameworks, definiciones y sistemas que permita la elaboración de interfaces digitales aptas para el uso de los agricultores.

CareBro [175]: framework para el desarrollo de un asistente personal hindú, desarrollado en un ecosistema IoT: integración de capacidades de sensórica inteligente en la granja con un ambiente IoT. Adicionalmente, CareBro incorpora sensórica, cámaras IR, paneles solares y demás aditamentos en un elemento reconocible por los campesinos (un espantapájaros).

mAgri Design Toolkit [214]: Iniciativa del 2014 desarrollada por GSMA en colaboración con seis redes de operadores móviles (Airtel Malawi, Dialog Sri Lanka, Gameenphone, Ooredoo Myanmar, Telenor Pakistan y Vodafone Ghana) y con frog (firma global de diseño y estrategia) para el desarrollo de un framework centrado en el usuario con el objetivo de desarrollar, generar y mantener servicios agrícolas móviles.

Este framework (ver **Figura 36**) fue desarrollado tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Figura 36. Framework para el desarrollo y sostenimiento de servicios móviles agrícolas (mAgri)



Fuente: GSMA [214]

- La baja adopción tecnológica rural se debe a que es sensible a los precios (a pesar del valor agregado de las soluciones), por lo que los servicios a desarrollar deben implementar conceptos de modelos freemium.
- Debe involucrar de forma activa los actores claves en el diseño de productos y servicios para los pequeños productores agrícolas. La innovación en estos desarrollos está en soluciones que reconozcan, las necesidades de los campesinos, humanizar la tecnología y volverla sostenible.
- Los sistemas centrados en el usuario ayudan a un mejor entendimiento del contexto de los usuarios finales lo que permite el desarrollo de productos y servicios aterrizados al contexto.

El framework se divide cinco fases las cuáles se dan en tres criterios temporales: Diseño del concepto, en donde se enfoca en la construcción de un ecosistema en donde el equipo de investigación recopila información de los campesinos en su ecosistema, transformando los datos recolectados en oportunidades y servicios; desarrollo del concepto, en donde se busca formas para extender la interacción con los campesinos y actores principales, brindándoles herramientas y métodos que les permita al equipo evaluar de forma constante la idea y ejecución y escalamiento, en donde las herramientas y los métodos deben rediseñarse en iteraciones y extensiones basadas en la experiencia de usuario actual. Y así, el ciclo reinicia.

Las fases son las siguientes:

- a. Planificar: Alinear al equipo de investigación al conocimiento existente y asunciones actuales con respecto al sector agrícola. Crear un ecosistema que permita a los agricultores compartir experiencias, exponer miedos y necesidades, los cuáles serán integrados al bien o servicio.
- b. Aprender: Hacer las preguntas adecuadas y crear hipótesis con los campesinos que permita iniciar el proceso de desarrollo.
- c. Crear: desarrollar soluciones con base en los conceptos capturados de la fase anterior, recopilaciones de ideas de los campesinos y sus ecosistemas
- d. Desarrollar: cambiar del concepto a la realización, priorizando características y planificando implementar valor, entrega y captura en el tiempo.
- e. Mantener: Diseñar y mantener canales de retroalimentación de los campesinos y su ecosistema, con el fin de refinar y mejorar el producto.

De forma adicional, sugiere actividades y metodologías para la recopilación de información, la cual puede observarse en la **Figura 37**.

Figura 37. Herramientas empleadas en mAgr



3.7 *BENCHMARKING* DE EMPRESAS Y TECNOLOGÍAS

Esta sección tiene el propósito de mostrar el contexto tecnológico actual desde dos miradas: vigilancia tecnológica (que identifica el desarrollo de patentes alrededor de técnicas de riego y se puede encontrar en el estado del arte, en Vigilancia tecnológica) y desde un análisis de las empresas que desarrollan tecnologías de riego para el sector agrícola el cuál se puede encontrar en el capítulo ESTADO DEL ARTE en el apartado Caracterización de soluciones de riego en el mundo.

Este estudio se desarrolló así mismo en dos partes: desde las empresas líderes a nivel mundial, y las empresas colombianas a fin de identificar las características de sus innovaciones y cómo se relacionan con los hallazgos identificados en la academia.

El análisis inicial sobre el ecosistema empresarial alrededor de soluciones IoT de riego, se realizó tomando como referencia el reporte realizado por el Centro de Desarrollo Tecnológico clúster CREATIC para AGRIOT. Este reporte era un análisis sobre la utilidad y funcionalidad de las innovaciones alrededor de la agricultura de pequeña escala, las cuáles pueden ser observadas en el **Cuadro 7**. Las compañías seleccionadas en este estudio, son reconocidas a nivel mundial como desarrolladoras de soluciones de riego IoT, y su identificación se realizó desde compañías colombianas, o desde la búsqueda en web a partir de foros de opinión.

Cuadro 7. Análisis de compañías desarrolladoras de productos IoT a nivel mundial

Preguntas	Características/funciones/atributos	Competidores							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Trimble Inc.	Farmers Edge Inc	Deere and Company	Raven Industries	Agjunction	Dickey John	AGCO Corporation	Sciroop
¿Cuál es la utilidad de los productos y/o servicios?	Monitoreo de características y salud de los cultivos	1	1	0	0	0	0	1	1
	Optimización de insumos y tratamientos agrícolas	1	1	1	1	1	1	1	1
	Monitoreo de suelo	1	1	1	0	0	0	0	1
	Monitoreo de variables ambientales	1	1	1	0	0	0	0	1
	Apoyo a las decisiones de riego	1	1	1	1	1	1	1	1
	Vehículos agrícolas inteligentes	1	0	1	1	1	1	1	0
	Monitoreo de instalaciones de almacenamiento y logística	0	0	0	0	0	0	1	0
	Seguimiento y monitoreo de maquinaria agrícola	1	1	1	1	1	1	1	0
	Informes y predicciones	1	1	1	1	0	0	1	1
¿En qué etapa del proceso de producción se implementan?	Preparación de terreno	1	1	1	1	1	1	1	1
	Siembra	1	1	1	0	1	1	1	0
	Post-siembra	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cosecha	1	1	1	1	1	0	1	0
	Comercialización	0	0	0	0	0	0	0	0
¿Permite integración con otros fabricantes?	Integración de las soluciones con las de otros fabricantes	1	1	1	1	1	1	1	1
Totales		13	12	12	9	9	8	12	9

Fuente: AGRIOT – CREATIC

Empleando las buenas prácticas IoT agrícolas [161] y con las patentes relacionadas con el estudio, se realizó una clasificación (ver **Tabla 7**) en la cual se identificaron 16 patentes que eran soluciones asociadas a IoT de riego, y que podían ser implementadas para el sector de pequeña escala agrícola. Se decidió que las patentes fueran buscadas en una ventana de tiempo de 10 años.

Los requerimientos evaluados fueron identificados en la descripción ofrecida por la patente. Estos fueron:

- Variables censadas por el sistema
- Calidad del producto (robustez)
- Optimización del proceso productivo
- Relación costo/beneficio
- Facilidad de uso

No se identificaron variables asociadas a la usabilidad de los desarrollos registrados.

Tabla 7. Caracterización de patentes relacionadas con IoT de riego

Preguntas	Características/Funciones/Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		PATENTE 1	PATENTE 3	PATENTE 8	PATENTE 10	PATENTE 11	PATENTE 12	PATENTE 13	PATENTE 16	PATENTE 19	PATENTE 20	PATENTE 21	PATENTE 22	PATENTE 39	PATENTE 41	PATENTE 43	PATENTE 48
¿Para qué sirve la invención?	Asegurar la salud y calidad del cultivo	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
	Optimizar insumos y tratamientos	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
	Disminuir costos operativos de la gestión de los cultivos	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
	Disminuir el desperdicio de agua	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
¿En qué etapa del proceso de producción se implementa?	Seguimiento de la calidad de los productos agrícolas después de la cosecha	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Preparación de terreno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Siembra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Post-siembra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cosecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
¿Cuál es la aplicación de IoT?	Comercialización	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Monitoreo del cultivo	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
	Monitoreo de suelo	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	Monitoreo de variables ambientales	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
	Monitoreo del agua	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	Sistemas de riego automatizados	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
	Vehículos agrícolas inteligentes, UAV	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Invernaderos inteligentes o hidroponía	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Monitoreo de instalaciones de almacenamiento y logística	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Temperatura del suelo	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
Humedad del suelo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	
Ph	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
nutrientes (N P K)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: AGRIOT – CREATIC y autor

Finalmente, para complementar el estudio del ecosistema empresarial alrededor de soluciones IoT de riego, se realiza una caracterización de las utilizadas (ver **Figura 38**). Esta caracterización (resumida en la **Tabla 8**) fue realizada en el primer semestre del 2020, y para su selección, se tomó en cuenta:

- Las aplicaciones deben estar alojadas en la Google Store, ya que los pequeños productores agricultores campesinos prefieren productos Android (ver resultados de Caracterización del pequeño productor agricultor) y se facilita su uso si es descargado desde la tienda electrónica.
- Debe ser soluciones referentes a problemáticas agrícolas: Se extiende el marco de búsqueda, debido a que existen muy pocas aplicaciones de riego.
- La aplicación debe ser gratuita o freemium (de acuerdo a las recomendaciones de buenas prácticas para el diseño de soluciones agrícolas [215]).

Figura 38. Estudio de aplicaciones móviles asociadas a la agricultura

Nombre	País	Propósito	Plataforma/Colores	Botones	Simbología	Categoría	Pantallas	Tipografía	Usuario	Ventajas	Desventajas	Versión Android	Comentarios	Link
AeraMía: Mapa Pro	Colombia	Aplicación destinada al cultivo de la actividad agrícola para el control de la salud de los cultivos, mediante el uso de sensores, permite en cuenta todas las acciones relacionadas al específico terreno.	Android Blanco Verde Azul Naranja		Simbología verde en general (representando la actividad agrícola) con colores cálidos (naranja y rojo) de un cráter informativo ambiental. Hecho para darle un toque de seriedad.	Servicios y productividad		Sans Serif con tamaño de letra adecuado para la lectura. Se utiliza una tipografía moderna y clara.	Desde que se hizo el desarrollo de la aplicación, hasta que se realizó la versión final de la aplicación, se utilizó un lenguaje de programación que permite un desarrollo más rápido y eficiente.	Ofrece facilidad de uso para la toma de decisiones. Precisa al momento de la toma de decisiones. Tiene un lenguaje de programación que permite un desarrollo más rápido y eficiente.	Problemas de conectividad en zonas rurales. Necesita de un buen internet para funcionar correctamente.	5.0 y +	Comentarios muy positivos.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aeramiapro
Verde Inteligente	Colombia	Aplicación destinada al monitoreo del nivel de humedad del suelo de un cultivo, a través de sensores de humedad, permite conocer el estado de la planta y así mismo, permite saber cuándo regar el cultivo.	Android Verde Blanco Naranja		Simbología verde en general (representando la actividad agrícola) con colores cálidos (naranja y rojo) de un cráter informativo ambiental. Hecho para darle un toque de seriedad.	Servicios y productividad		Sans Serif con tamaño de letra adecuado para la lectura. Se utiliza una tipografía moderna y clara.	Agricultor/pequeño productor.	Facilidad de uso para la toma de decisiones. Precisa al momento de la toma de decisiones. Tiene un lenguaje de programación que permite un desarrollo más rápido y eficiente.	No compatible con algunos dispositivos antiguos. Necesita de un buen internet para funcionar correctamente.	2.2 y +	Comentarios muy positivos.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.verdeinteligente
Aeris: Agricultura Inteligente	Colombia	Aplicación destinada al monitoreo del nivel de humedad del suelo de un cultivo, a través de sensores de humedad, permite conocer el estado de la planta y así mismo, permite saber cuándo regar el cultivo.	Android Azul Blanco Verde		Simbología verde en general (representando la actividad agrícola) con colores cálidos (naranja y rojo) de un cráter informativo ambiental. Hecho para darle un toque de seriedad.	Educación		Tipografía de carácter y serif de tamaño adecuado para la lectura. El tamaño de letra es normal.	Agricultor/pequeño productor.	Facilidad de uso para la toma de decisiones. Precisa al momento de la toma de decisiones. Tiene un lenguaje de programación que permite un desarrollo más rápido y eficiente.	Algunos usuarios reportan problemas de conectividad en zonas rurales. Necesita de un buen internet para funcionar correctamente.	4.4 y +	Comentarios muy positivos.	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aeris

Fuente: Kevin Villamizar y autor

22 aplicaciones fueron identificadas en la Google store: diez pertenecientes al contexto colombiano, cinco al latinoamericano y cinco al internacional (ver **Figura 38**). De la caracterización (la cual puede ser encontrada en ANEXO 2. Benchmarking de aplicaciones móviles empleadas a nivel mundial para soluciones IoT de riego.), se encuentra lo siguiente:

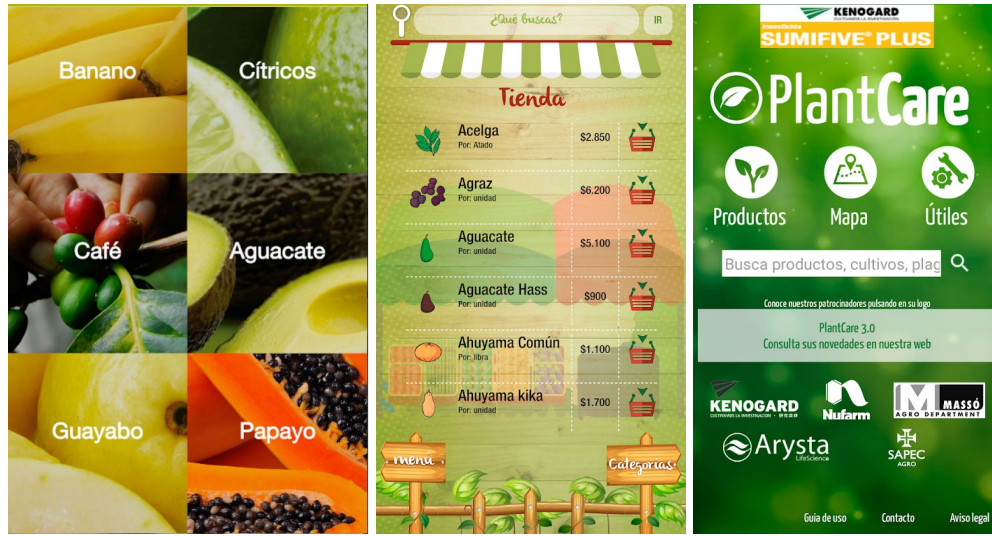
- En Colombia se suele usar verdes pálidos (verde manzana) mientras que en el resto del mundo los verdes usados son tonalidades oscuras.
- Con respecto al uso de marcas culturales y metáforas (leer Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT) se observan dos aspectos de diseño: en uno, se usan íconos reconocibles en la cultura digital (mapa, documentos, gestión de datos, plagas, interconexión) las cuáles se identificaron en base de datos de íconos en línea. Por otro lado, se observa un esfuerzo de los desarrolladores por implementar marcas culturales propias del sector agrícola. En la **Figura 39** se observa un ícono con unas manchas marrones, simbolizando una planta enferma; la calculadora de fertilizante usa un saco de granos junto con una calculadora Casio (famosa entre los agricultores) o el empleo de íconos que representan a fidelidad las plantas o una foto (ver **Figura 40**).

Figura 39. Uso de íconos como metáforas o marcas culturales



- Los colores más empleados en este tipo de aplicaciones agrícolas son verdes (34%), blanco (25%) y azul (11%) siendo la combinación más empleada es el blanco y verde. Los colores específicos de ciertas aplicaciones son amarillo, beige y rojo.
- De todas las aplicaciones estudiadas, dos sostienen ser usadas por los pequeños agricultores, y una dice haber sido diseñada por agricultores para agricultores, pero el lenguaje empleado no es coloquial. Comunica mucha información en forma numérica en compañía con íconos (evitando el uso de curvas de nivel o líneas).
- Las Font de las aplicaciones internacionales son de mayor tamaño que las latinoamericanas. Algunas aplicaciones adolecen de un adecuado diseño de contraste, como se puede observar en la **Figura 40**.

Figura 40. Error de diseño en contraste empleado en aplicaciones móviles



- Cuando son aplicaciones que involucran mapas, se emplea la vista de pájaro (elementos reconocibles desde una distancia prudente desde arriba), uso de representación de vías y carreteras. La **Figura 41** permite reconocer los diferentes esquemas de uso. La primera imagen de izquierda a derecha, se encuentra el uso de la vista de pájaro con muchos elementos que entorpecen el reconocimiento. La imagen del centro usa de forma adecuada la vista de pájaro y la última imagen de izquierda a derecha muestra el esquema de calles y carreteras empleado por Google Maps. Se sugiere que, para el diseño de aplicaciones diseñadas para agricultores de pequeña escala, se emplee el diseño del centro.

Figura 41. Uso de estrategias para localización.

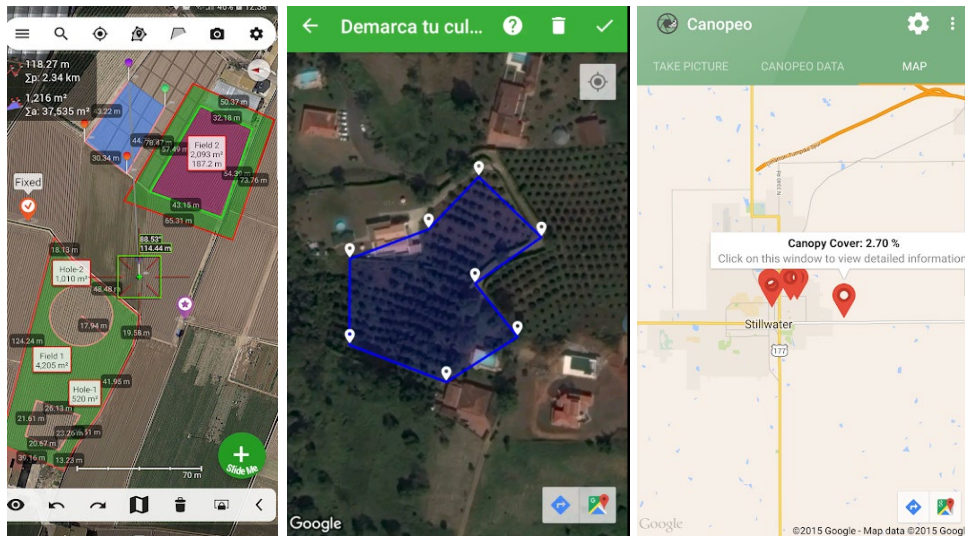


Tabla 8. Características de aplicaciones móviles para agricultura

	Propósito	Categoría	Colores empleados	Simbología empleada	Características de la fuente	Usuario final
<i>Colombia</i>	Localización de cultivos (2) Información relacionada al terreno (2) Análisis de las plantas (6) Soporte técnico (1) Sistemas de decisión (1) Explotación de cultivos profesionales (1) Orientación a pequeños y medianos agricultores (1) Comercio electrónico de frutas y verduras (2)	Servicios y productividad (6) Educación (2) Compras (2)	Blanco (6) Negro (2) Verde (7) Rojo Marrón (3) Naranja (3) Azul Beige Gris	Figuras empleadas en aplicaciones. (8) Fotos (2)	Tipografía decorativa y tipografía usada por el dispositivo móvil	Aficionados (2) Agricultores (7) Profesionales en agricultura (4) Agrónomos (1) Pequeños productores (1) Consumidores (2)
<i>Latinoamérica</i>	Información de cultivo (1) Sistema de recomendación (2) Información para mantenimiento del cultivo (1) Análisis de plantas (2) Clima y predicción (1)	Educación (1) Servicios y productividad (5)	Verde (5) Blanco (4) Azul (2)	Sólo texto (1) Fotos (5)	Texto decorativo y Font propia del teléfono	Agricultores (5) Profesionales (2)
<i>Internacional</i>	Análisis de plantas (4) Guías ilustrativas (2) Libreta de campo (1) Información alrededor del cultivo (1) AI (1)	Educación (2) Agricultura y desarrollo (1) Servicios y productividad (2)	Gris (2) Azul (2) Verde (4) Blanco (2) Amarillo (1) Negro (1)	Íconos y texto (1) Fotos (2) Sólo texto (2)	Texto decorativo y Font propia del teléfono	Extensionistas (1) Agricultores (4) Profesionales (1) Horticultores (1)

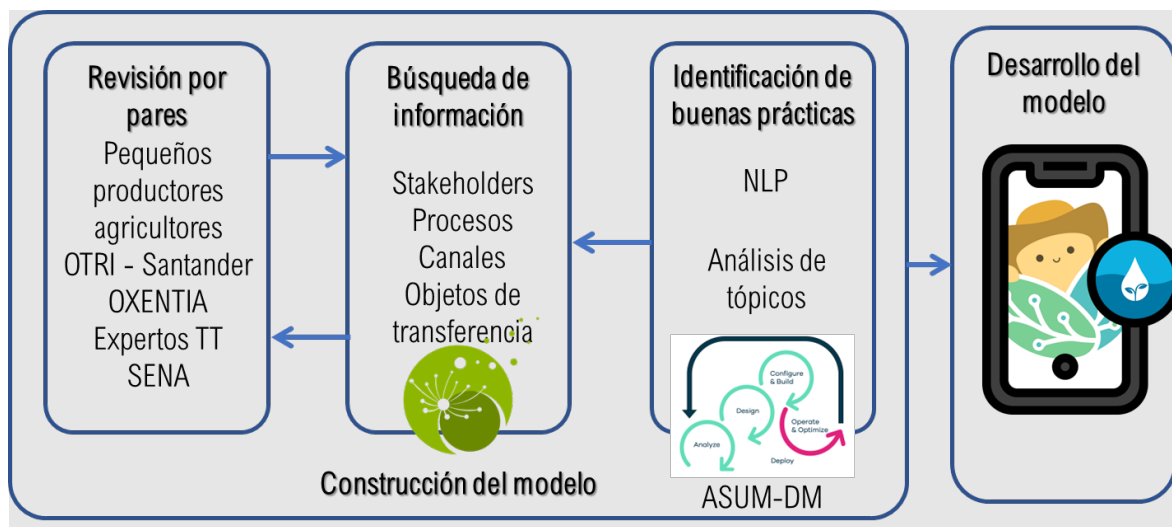
4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA TESIS

El presente capítulo tiene el propósito indicar el diseño metodológico empleado para el desarrollo del framework. Este capítulo muestra el enfoque y tipo de investigación, la cual es de corte mixto, las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de la información en cada una de las fases establecidas, las fases de la investigación finalizando con las actividades investigativas relacionada a cada una de las fases y objetivos y la descripción de las fases y subfases empleadas en el marco metodológico.

4.1 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por sus características, las tecnologías emergentes no pueden ser medidas ni evaluadas por metodologías tradicionales, por lo que maneja un alto grado de incertidumbre [216]. Por otro lado, el sector de los pequeños productores campesinos tiene una documentación muy limitada, y su caracterización nacional, está desactualizada (el último censo nacional agropecuario se dio en el 2014 [217]). Este panorama motiva a desarrollar una metodología que implemente mecanismos de recopilación de datos desde varias fuentes (academia, industria y pequeños agricultores) empleando un diseño por triangulación y así poder entender el contexto en el que se deben desarrollar las soluciones IoT para riego agrícola, reconocer tendencias, identificar desafíos y finalmente, proponer un framework que les permita a los oferentes tecnológicos desarrollar una tecnología acorde a la información acumulada durante el proceso.

Figura 42. Metodología empleada para el desarrollo de la tesis



La **Figura 42** muestra la metodología que permitió el desarrollo del framework. Está conformada por dos grandes etapas, siendo la primera recopilación de información (perteneciente a los objetivos 1 y 2) y la formulación del modelo y la segunda, su evaluación mediante la tecnología de riego IoT agrícola AGRORIEGO V2 desarrollada por la empresa ThinkLink a través del convenio con AGRIOT – MINCIENCIAS.

El paradigma seleccionado para el desarrollo de esta tesis es de corte mixto siendo cada una de las fases asociadas a un tipo de investigación (cualitativo o cuantitativo). La recopilación de las fases, junto con su descripción, instrumentos y metodologías empleadas son definidas en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Tipos de investigación implementada en el marco metodológico

SUBFASE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTO O METODOLOGÍA
Revisión por pares	Se establece comunicación con diferentes representantes del sector productivo (ThinkLink como oferente tecnológico), agrícola (Parques Nacionales de Colombia – extensionista agrícola, SENA Tecnoacademia – Nodo Santander y extensionista agrícola, padres de emisarios tecnológicos) y expertos en transferencia tecnológica (OXENTIA, OTRI SANTANDER y expertos en transferencia tecnológica) a fin de identificar aquellas variables importantes en el proceso de riego, transferencia tecnológica y desarrollo de innovaciones.	Cualitativa de corte exploratorio	Entrevista de Análisis de contenido
Búsqueda de la información	Recopilación de información empleando la metodología DANDELION [218] la cuál es una revisión sistemática de literatura, que emplea técnicas bibliométricas para identificar información pertinente para la investigación.	Cualitativa	Análisis de contenido Categorización
Identificación de buenas prácticas	Con los documentos seleccionados de la subfase anterior, se crea un corpus de conocimiento que, empleando técnicas de NLP, encontrará aquellas prácticas que, según la academia, deben ser replicables. Esas prácticas son evaluadas a la luz de dos instrumentos propuestos, las buenas prácticas IoT Agrícolas [161] y el modelo de desarrollo integral de soluciones IoT para el sector agrícola. Aquellas que obtuvieron mejor puntuación, serán retomadas por el modelo.	Mixta	Análisis de contenido Diseño exploratorio Categorización Procesamiento de lenguaje natural (Tokenización, Análisis de tópicos)
Desarrollo del modelo	El <i>framework</i> toma como punto de partida la intersección entre buenas prácticas, las recomendaciones identificadas desde los modelos de transferencia tecnológica, así como los sistemas centrados en el usuario.	Mixta	Diseño por triangulación

4.1.1 Subfase 1: revisión por pares

Esta etapa busca entender el contexto de los pequeños productores campesinos desde diferentes ópticas (oferente tecnológico, experto en transferencia tecnológica, pequeños productores agricultores campesinos y emisarios tecnológicos).

POBLACIÓN/ UNIVERSO Y MUESTRA: Esta fase se emplea una muestra por conveniencia, ya que debido a la crisis sanitaria causada por la pandemia SARS-COV2, la movilización era limitada. De acuerdo a la actividad, seleccionó una población diferente:

Caracterización campesina: En este grupo se seleccionaron padres y/o familiares de emisarios tecnológicos cuya profesión fuese agricultor de pequeña escala y que contaran con celular. También participaron 3 campesinos pertenecientes a Asociación Lebrijense Agropecuaria (ASOLAGRO LEBRIJA), la cuál fue la única que respondió de forma afirmativa en la participación de las entrevistas. Fue un total de 18 personas entrevistadas, y sus resultados pueden ser observado en el capítulo **RESULTADOS**.

Caracterización de la transferencia tecnológica: PhD. Astrid Jaime, asesora del proyecto; PhD. Hugo Ernesto Martínez Ardila, docente de la Universidad Industrial de Santander, PhD(c) Leidy Dayhana Guarín Manrique, coordinadora de OTRI SANTANDER, Clúster CREATIC (agradecimientos AGRIOT) y Profesores OXENTIA, para un total de 10 profesionales.

Caracterización de extensionismo agrícola: PhD. Efrén Romero, PhD(C) George Archibold Taylor, psicólogo Nelson Luna quien se desempeña como extensionista agrícola en Matanza, MsC. Luis Hernando Meneses, jefe de área protegida – ANU Los Estoraques en Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Identificación de buenas prácticas en experiencia de usuario para sector agrícola: semillero AGRIOT (32 estudiantes), padres participantes (10). Para un total de 42 personas. Adicionalmente, se cuenta con el apoyo de docentes que trabajan en el área de experiencia de usuario y extensionistas agrícolas, que evaluaron los resultados obtenidos en las investigaciones (agradecimientos a Toni Granollers, MsC. Ariel Ortiz y MsC. Luis Hernando Meneses, jefe de área protegida – ANU Los Estoraques en Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Las tres últimas caracterizaciones fueron realizadas empleando entrevistas y encuestas, cuyos resultados pueden observarse en Caracterización de soluciones de riego en el mundo y en el capítulo **RESULTADOS**.

4.1.2 Subfase 2: búsqueda de información

En este apartado, se realiza una revisión sistemática de literatura con una metodología desarrollada con otros estudiantes del doctorado en red: DANDELION [218]. Esta metodología, desarrollada con estudiantes del doctorado en red MUTIS – sede UNAB, reúne las bondades de la bibliometría (revisión temporal de información, coautoría, palabras claves, coocurrencia y acoplamiento bibliográfico, mitigando el sesgo en decisiones cruciales (como selección de base de datos, palabras claves y ventana temporal de búsqueda), generado por redes de confianza o conocimientos previos.

El resultado del desarrollo de este ejercicio puede observarse en Caracterización de soluciones de riego en el mundo, en donde los artículos seleccionados fueron sometidos a la técnica Análisis de contenido [219], que pertenece al paradigma cualitativo. Los artículos académicos son analizados, se identifican frases u oraciones claves las cuáles son categorizadas, resultando en 24 categorías distintas las cuáles serán evaluadas a la luz de las buenas prácticas IoT para la agricultura (BPIoTAG) [161] y el modelo integral para el desarrollo de soluciones IoT en agricultura (el cuál será explicado en profundidad en el capítulo **RESULTADOS**).

4.1.3 Subfase 3: identificación de buenas prácticas

El hallazgo de las características identificadas en el apartado anterior, fueron complementadas con los resultados obtenidos por resultados del estudio empleando técnicas de procesamiento de lenguaje natural, tomando como muestra el título y resumen de las publicaciones (al considerar que la información más importante del documento se encuentra en esa sección). Esos datos son insumo del modelo análisis de tópicos, en donde se analizan las palabras con mayor frecuencia de aparición en todos los artículos y calcula su cercanía. La explicación del modelo junto con sus resultados puede ser revisado en el capítulo **RESULTADOS**.

4.1.4 Subfase 4: desarrollo del modelo.

Empleando un diseño por triangulación [219], se toman los resultados obtenidos en las fases anteriores para la formulación del framework, el cual se encuentra embebido en la matriz del modelo de transferencia tecnológica centrado en el usuario desarrollado por la iniciativa AGRIOT.

La evaluación del modelo se da desde dos perspectivas: La primera, mediante la dirección de proyectos de grado de estudiantes, quienes a su vez diseñaron diversas soluciones dirigidas al sector agrícola, específicamente a la evaluación de la tecnología AGRORIEGO o relacionados a sistemas de riego. Ellos siguieron las directrices del modelo, y ayudaron en su retroalimentación directa. La segunda, se toma como muestra la empresa desarrolladora de tecnologías IoT ThinkLink. Su selección responde a varios requerimientos:

- Es una compañía Spin-off de la UNAB.
- Fue encargada de desarrollar la primera versión de la tecnología AGRORIEGO, tecnología seleccionada para la validación del modelo (es una solución de riego IoT para entornos agrícolas de mediana escala).
- Fue la compañía seleccionada por la iniciativa AGRIOT para el diseño de la solución que sería empleada por una familia campesina del municipio de Simacota – Santander.

Con esto se puede observar que fue una muestra por conveniencia. Los oferentes tecnológicos estaban bajo constante supervisión desde diferentes ámbitos (académico, empresarial).

También se emplea el modelo desarrollado para evaluar dos compañías: DynamoElectronics (también santandereana y spin-off, con ocho años de experiencia en soluciones electrónicas) y LifelsTheGame.sas

(empresa de videojuegos santandereana que se desempeña actualmente como una compañía outsourcing).

4.2 ASPECTOS ÉTICOS

Esta tesis doctoral se encuentra adscrita al proyecto “MODELO DE TRANSFERENCIA Y APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA LOS AGRICULTORES COLOMBIANOS DE PEQUEÑA ESCALA – AGRIOT”. Dicho esto, la tesis está sujeta a las disposiciones enmarcadas en los resultados del estudio del comité de Ética de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), entidad ejecutora del proyecto.

Entre ellas, se realiza la revisión del documento CONSENTIMIENTO INFORMADO, el cual está conformado por los siguientes elementos:

- 4.2.1 Objetivos del estudio: Desarrollo de una prueba piloto con el fin de evaluar la efectividad y carácter exitoso del modelo desarrollado en el proyecto AGRIOT.
- 4.2.2 Antecedentes y objetivos: En donde se indica que el proyecto AGRIOT (financiado por MINCIENCIAS y ejecutado por la UNAB en asociación con la Corporación de Incubación y Fomento de Empresas de Base Tecnológica – Clúster CREATIC y Clúster CREATIC y la Corporación del Laboratorio al Campo – DLC con el fin de desarrollar un modelo de transferencia y apropiación de tecnologías IoT en el sector de los agricultores colombianos campesinos de pequeña escala.
- 4.2.3 Descripción del estudio: Despliegue de la tecnología AGRORIEGO en la Vereda El Salto, finca El Milagro en el municipio de Simacota – Santander, con el fin de identificar elementos que propician la adopción tecnológica de un sistema de riego (AGRORIEGO) y así validar los mecanismos pertenecientes al modelo H.
- 4.2.4 Duración de participación del estudio: Los participantes del estudio se vincularán en un espacio de co-creación con el equipo de desarrollo ThinkLink durante un periodo de 3 meses. El equipo desarrollador ThinkLink trabajará al menos 6 horas a la semana en calidad de extensionistas tecnológicos con la familia seleccionada. La familia seleccionada puede abandonar el estudio cuando lo considere pertinente, y solicitar la desinstalación de la solución sin emitir ninguna explicación al equipo investigador.
- 4.2.5 Actividades: Se establece un total de siete (7) actividades en las cuáles el equipo investigador en asocio con la empresa ThinkLink tendrá como propósito obtener información relevante sobre los servicios de extensionismo tecnológico y el despliegue de una herramienta contextualizada en el entorno para favorecer la adopción tecnológica. Las intervenciones fueron consideradas de tal forma que se respeta la idiosincrasia de los pequeños agricultores respetando sus puntos de vista.
- 4.2.6 Beneficios: Se identifican beneficios del estudio para el equipo de investigación, oferente tecnológico y miembros de la comunidad en la forma de documentación y socialización de experiencias en torno al diseño, desarrollo y despliegue de soluciones IoT de un sistema automático de riego contextualizado.

- 4.2.7 Costos: Los participantes de la investigación no recibieron ningún pago por su participación, la cual fue libre y voluntaria.
- 4.2.8 Confidencialidad: Todo material, información y resultados vinculados al desarrollo de la prueba piloto, son de uso exclusivo del proyecto y gozan de protección.
- 4.2.9 Participación voluntaria y retiro de este: Como se había comentado, la participación de todos los actores dentro de la prueba piloto fue de forma voluntaria y se le informa que puede retirarse si se considera necesario.
- 4.2.10 Retiro unilateral por parte del equipo investigador: Se puede retirar a cualquier participante del proyecto, si este no cumple a cabalidad con los compromisos establecidos por el proyecto en la ejecución de la prueba.

La **Figura 43** muestra el formato de consentimiento informado el cuál fue diligenciado por todos los participantes en el estudio de la prueba piloto.

Figura 43. Formato de Consentimiento de Participación en la Investigación AGRIOT

IV. CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

Yo he leído, escuchado y comprendido el propósito de este estudio, los procedimientos que serán implementados, los riesgos y beneficios asociados con mi inclusión en el estudio y la naturaleza confidencial de la información que será recolectada y revelada durante el estudio.

He tenido la oportunidad de resolver mis dudas acerca del estudio y estas han sido resueltas satisfactoriamente.

Comprendo que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento y que esto no perjudicará o cambiará mis futuras relaciones con las entidades participantes.

Yo, quien firma, acepto participar en este estudio y autorizo la recolección y utilización de mi información personal como se indica en este formato de **Consentimiento Informado**.

Entiendo que una copia de esta ficha me será entregada y que yo puedo pedir información sobre mis resultados contactando a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, al teléfono 643 6111, previamente autorizado.

Nombre del Participante:

Firma:

Dirección:

Teléfono:

Correo electrónico:

En caso de presentarse una eventualidad, el participante podrá comunicarse con José Daniel Cabrera Cruz, Coordinador Proyectos Estratégicos Nacionales e Internacionales

Nombre: José Daniel Cabrera Cruz

Teléfono: (7) 6436111 ext. 222

Contacto Comité Institucional de Ética para la Investigación, CIEI-UNAB: Dra. Claudia Janeth Uribe Pérez.

Correo: ciei@unab.edu.co

Fuente: Agradecimientos AGRIOT

5. RESULTADOS

Este capítulo guía ofrece al lector información sobre el desarrollo de la propuesta y los resultados obtenidos relacionados a los objetivos específicos mencionados en el capítulo OBJETIVOS DE LA TESIS. Con el fin de organizar de forma adecuada la información recopilada en el desarrollo del proyecto, cada objetivo fue estructurado en varias fases que a su vez, relacionó actividades asociadas al logro del resultado. El **Cuadro 9** muestra cada una de las fases junto con su respectiva descripción.

Cuadro 9. Fases y actividades relacionadas con el desarrollo de la propuesta doctoral.

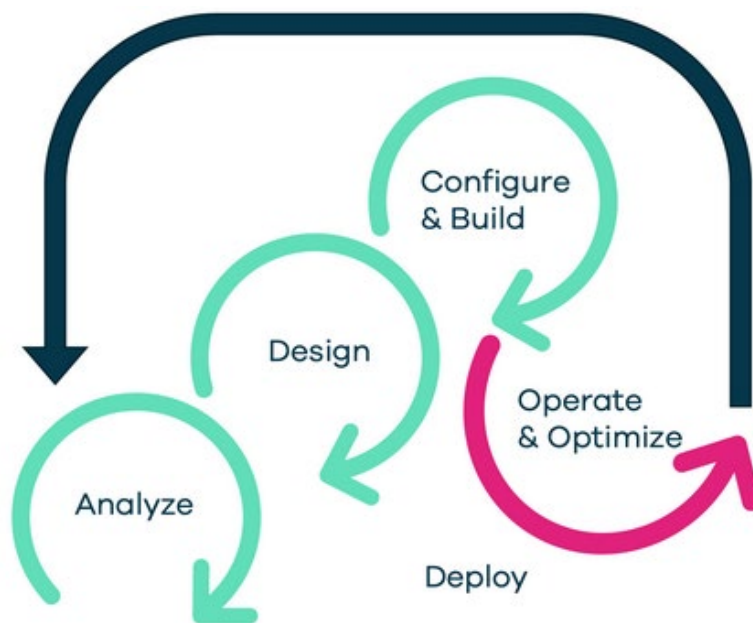
OBJ.	FASE	Descripción
1	Caracterización del proceso de transferencia de las tecnologías IoT de riego en el sector agrícola	Esta fase tiene como propósito establecer el escenario actual de la transferencia de tecnologías IoT en el sector de riego agrícola colombiano. Comprender su tendencia, desafíos y oportunidades. Identificar los procesos, canales y actores propio de estos modelos que servirá como entrada para las siguientes fases.
	Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala	De los elementos seleccionados en la fase anterior, se identifican específicamente sus características. Se desarrolla una segunda selección, esta vez teniendo en cuenta aquellas que pueden ser incorporadas en agricultura de pequeña escala. Empleando procesamiento de lenguaje natural y análisis de contenido, se categorizan los elementos seleccionados, identificados propiedades con mayor frecuencia de aparición.
	Definición de instrumentos de evaluación para selección de características	Realizando una revisión de literatura y normativas internacionales relacionadas con IoT y agricultura. Se seleccionan los elementos comunes en todas las definiciones, y se construyen instrumentos de evaluación que permitan elegir aquellos que, por su característica de buenas prácticas, pertenecerán al framework.
	Promoción y divulgación	Comunicación al sector académico y empresarial sobre los resultados obtenidos.
2	Selección de los procesos que pertenecerán al framework	Revisión de literatura relacionadas a sistemas centrados en las personas, con un criterio de selección sobre aquellas empleadas en el sector agrícola.
	Caracterización de modelos de experiencia/centrado en el usuario	De los elementos seleccionados en la fase anterior, se identifican sus características. Se desarrolla una segunda selección, esta vez teniendo en cuenta aquellas que pueden ser incorporadas en agricultura de pequeña escala. Para esta caracterización, se emplea análisis de contenido, que permite identificar temáticas con mayor frecuencia de aparición. También se complementa la información con información suministrada por expertos.

OBJ.	FASE	Descripción
	Caracterización del usuario final	caracterización de los campesinos santandereanos.
	Articulación de los elementos en el framework	Definición de etapas seleccionadas a partir de la información recopiladas, relacionada con las características de las soluciones IoT agrícolas desarrolladas para Colombia. Estos elementos serán organizados de tal forma que obedezcan una temporalidad y caracterización de acuerdo sus definiciones. Para ello, se elige el marco de referencia empleado en el Modelo para la transferencia de tecnologías emergentes centrado en las personas, diseñado por la iniciativa AGRIOT.
3	Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto	Se construyen instrumentos que permita validar la empresa desarrolladora tecnológica, el mecanismo empleado en el desarrollo de la solución y el dispositivo desarrollado, así como el instrumento para evaluar la percepción de la familia seleccionada con respecto a la solución implementada en su granja.
	Evaluación de los resultados	Recopilación de resultados de los diferentes instrumentos, generación de recomendaciones y conclusiones con respecto a la experiencia realizada.
	Promoción y divulgación	Comunicación al sector académico y empresarial sobre los resultados obtenidos.

Esta propuesta doctoral fue realizada en conjunto con los estudiantes pertenecientes al semillero AGRIOT, por lo que se establece un marco de trabajo que le permite a los estudiantes desarrollar proyectos enmarcados en las necesidades de la tesis doctoral, y al mismo tiempo, generar productos (en forma de artículos científicos, proyectos de pregrado, participación en eventos de semillero y/o otras actividades académicas y acompañamiento).

Para la analítica de datos, se toma como insumos todos aquellos artículos recopilados de la revisión de literatura empleando la metodología DANDELION [218]. La categorización de información y agrupamiento de datos se realiza, en dos fases: una exploratoria, en donde se emplea NVIVO y VOS Viewer y otra analítica en la que se emplea Python mediante el uso de las librerías Numpy, Matplotlib y Pandas. Se emplea el framework ASUM-DM [220], actualización de CRISP-DM [221], el cual tiene como objetivo proporcionar una serie de etapas para asegurar la robustez de los datos (**Figura 44**). Este framework inicia con un entendimiento del negocio, siguiendo con una preparación y gestión de los datos (limpieza y disposición) para su posterior análisis, diseño del modelo y despliegue. Cada una de estas etapas será descritas a continuación.

Figura 44. Framework ASUM-DM



FUENTE: [Datos – CRISP-DM](#)

Entendimiento del negocio: Se debe entender los objetivos y requerimientos del proyecto con el fin de convertir los datos obtenidos en información significativa para el negocio. Para ello, se deben hacer los siguientes pasos:

- a. Recopilación del contexto del negocio: Conformado por artículos académicos y demás documentos recopilados a partir de RSL DANDELION.
- b. Objetivo del proyecto: definido por las diferentes fases metodológicas mostradas en el **Cuadro 9**. Fases y actividades relacionadas con el desarrollo de la propuesta doctoral.

Criterios de proyecto: definido en cada capítulo del proyecto: 5.1 RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1, RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2, y RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

Descubrimiento y Entendimiento de datos: acceder y explorar datos en bases de datos académicas y agrícolas con el fin de adquirir la información para la caracterización. La especificación de recopilación de información puede encontrarse en el **Cuadro 10**. Descubrimiento y entendimiento de datos

Cuadro 10. Descubrimiento y entendimiento de datos

Objetivo	Datos existentes	Compra de datos
Transferencia tecnológica	Artículos académicos Libros	OXENTIA AUTM

Objetivo	Datos existentes	Compra de datos
	Acta de conferencia Tesis de grado	
Transferencia tecnológica agrícola	Artículos académicos Libros Acta de conferencia Tesis de grado AGROSAVIA EMBRAPA TV-AGRO	
Caracterización de soluciones IoT Agrícolas	Artículos académicos Libros Acta de conferencia Tesis de grado Ministerio de Comunicaciones MINCIENCIAS	Caracterización de patentes – clúster CREATIC
Caracterización de sociedad campesina santandereana	Censo Nacional Agropecuario 2014 DANE Ministerio de Agricultura MINCIENCIAS Ministerio de Comunicaciones	Encuestas desarrolladas por ThinkLink Encuestas desarrolladas a pequeños productores campesinos de Santander
Caracterización de modelos centrados en el usuario	Artículos académicos Libros Acta de conferencia Tesis de grado Páginas web de diseño	ACM Cursos en línea – COURSERA Cursos en línea – Interaction Design

Preparación y gestión de los datos:

- Diseñar y validar la infraestructura: Verificar que se cuenta con hardware y software necesario para el desarrollo de la actividad. Para este proyecto, se emplearán las siguientes aplicaciones:

Cuadro 11. Requerimientos empleados para el desarrollo del proyecto

OBJETIVO	HARDWARE	SOFTWARE
1	Computador GP65 Leopard, 16 GB RAM, GTX GEFORCE 4GB	Paquete Office (Excel, PowerPoint, Word) Paquete Adobe Acrobat (Photoshop, Illustrator). NVIVO
2	Trabajo en la nube.	Google Colab Mural Google Drive

	Computador GP65 Leopard, 16 GB RAM, GTX GEFORCE 4GB	Paquete Office (Excel, PowerPoint, Word) Anaconda
3	Computador GP65 Leopard, 16 GB RAM, GTX GEFORCE 4GB	Paquete Office (Excel, PowerPoint, Word) Paquete Adobe Acrobat (Photoshop, Illustrator).

- b. Configurar entornos: configurar entornos establecidos para tareas y análisis de documentación. Para el desarrollo de esta tesis, se emplearon las librerías NumPy (biblioteca de Python empleada para el soporte de vectores y matrices de muchas dimensiones), pandas (para la manipulación de tablas), re (para el trabajo con expresiones regulares y limpieza del texto), os (para el manejo de archivos generados), seaborn y plotly (para graficación de resultados) y librerías para manejo de lenguaje natural como PyPDF2 (para el tratamiento de documentos en pdf), spaCy y Transformers (trabajados en la pasantía – RoBerta, DistilBert, Bert y Electra)

Preparar datos: En este apartado se preparan los datos para su posterior análisis. Esta actividad se explicará a detalle en Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT.

Validación de datos. Esta fase es la encargada de discriminar la información recibida, y garantizar que el modelado es correcto. Se explicará a detalle en Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT.

Análisis, prototipo y Validación: Construcción del modelo mediante el refinamiento de parámetros e iteraciones. El modelo desarrollado se articula de acuerdo a la información obtenida por la triangulación de las tres fases. El modelo pasa por tres validaciones antes de ser el prototipo a evaluar. Esta sección será desplegada en el capítulo RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3, específicamente en la sección: Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto.

Evaluación: Para este apartado (que forma parte de la tercera validación), se incorporó el modelo a nivel académico en la formulación y desarrollo de quince tesis de pregrado y dos de maestría, con el fin de evaluar la calidad de información recopilada, contextualización de la solución, características en la construcción del prototipo y la incorporación de buenas prácticas. La mayoría de los proyectos se centraron en evaluar y generar valor agregado a la solución AGRORIEGO. Se compara los resultados obtenidos con el desarrollo de la solución AGRORIEGO y AGRORIEGO 2.0, la cual sirve como estrategia comparativa entre el desarrollo de la primera y segunda solución, empleando diferentes frameworks de desarrollo.

5.1 RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Identificar los elementos comunes y complementarios pertenecientes a los modelos de transferencia tecnológica agrícola, extensionista agrícola, y de transferencia de tecnologías emergentes.

El primer objetivo específico está dirigido a la comprensión del contexto en que se desarrolla la transferencia tecnológica relacionada a las tecnologías emergentes. Para ello, se establece fases que asocian actividades comunes entre sí, las cuáles pueden ser revisadas en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 1

Fase asociada al objetivo 1	Actividades
Caracterización del proceso de transferencia de las tecnologías IoT de riego en el sector agrícola	<p>Caracterización de elementos que componen los modelos de transferencia tecnológica agricultura de tecnologías TIC, mediante una revisión de literatura</p> <p>Caracterización de elementos que componen los modelos de extensión agrícola, mediante una revisión de literatura</p> <p>Identificación de elementos que componen los modelos de transferencia de tecnologías IoT de riego, mediante una revisión de literatura de soluciones encontradas en tesis de grado latinoamericanas, artículos y documentos de conferencia.</p>
Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala	<p>Generación del corpus a partir de documentación agrícola IoT de riego para el sector de pequeña escala</p> <p>Identificación de variables que afectan la transferencia de tecnologías IoT mediante revisión de literatura.</p> <p>Generación de un <i>ground truth</i> a partir de los hallazgos de la revisión de literatura y revisión por expertos</p> <p>Tarea de limpieza del corpus: Remoción de faltantes</p> <p>Tarea de limpieza del corpus: Remoción de datos anómalos</p> <p>Identificación de actores en artículos académicos seleccionados</p> <p>Etiquetado de actores</p> <p>Clasificación de actores de acuerdo con su rol</p> <p>Síntesis de los datos e información extraída</p>
Definición de instrumentos de evaluación para selección de características	<p>Definición de buenas prácticas IoT en el sector agrario, de acuerdo con organizaciones reconocidas en agricultura (FAO, OCDE, BM, BMI y otras entidades pertinentes a la región, como IICA y FIDA)</p> <p>Generación de un “ground truth” a partir de la identificación de variables panel de expertos y revisión de la literatura.</p>
Promoción y divulgación	<p>Organización de Webinar sobre transferencia tecnológica en agricultura</p> <p>Participación en ponencias</p> <p>Formación de recurso humano: Dirección de proyectos de grado</p>

5.1.1 Caracterización del proceso de transferencia de las tecnologías IoT de riego en el sector agrícola

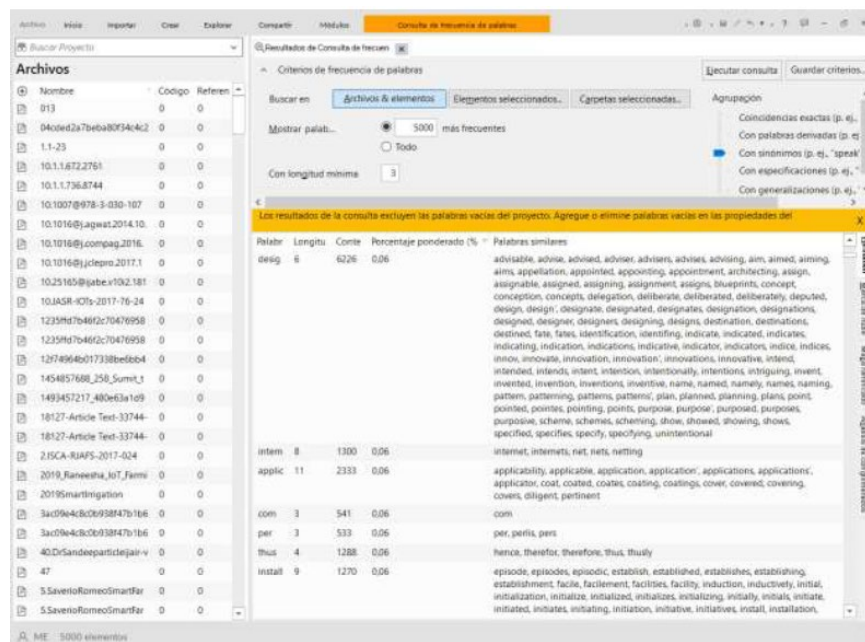
En este apartado, se busca comprender el escenario de innovaciones IoT en riego desarrollado y cómo se realiza su transferencia.

Para la caracterización de estas soluciones, se realizó una recopilación de artículos, actas de conferencia y tesis de grado cuyo tema central fuese soluciones de riego agrícola empleando IoT. Como criterio de selección, sólo se eligieron aquellas soluciones que se encontraban en el programa [Global Plan Santander](#) (GPS) iniciativa de la cámara de comercio de Bucaramanga que busca incrementar la exportación de productos agrícolas santandereanos tales como los cítricos, el café, la piña, el aguacate y la guayaba.

Como obtención de los artículos académicos, se emplea la ecuación de búsqueda

(IoT OR internet of things) AND (smart irrigation OR Smart irrigation system) AND crops AND smallholders AND soil moisture.

Figura 45. NVIVO como estrategia para análisis semántico



De esta ecuación, se obtienen 725 documentos científicos (tesis, revistas, artículos científicos y actas de conferencia) y 92 patentes. Se emplea el software NVIVO para establecer un análisis semántico (en la **Figura 45** se puede observar la interfaz de NVIVO), y se establecen los siguientes criterios para categorización de contenido:

- Selección de las 5000 palabras más frecuentes
- Longitud mínima de palabra: 3
- Agrupación con sinónimos de las 5000 palabras más frecuentes
- NVIVO genera un archivo de Excel con cinco columnas (palabra, longitud de la palabra, cantidad de veces que se repite, porcentaje ponderado y sinónimos). Se realiza una limpieza de la información agrupada, y se toma el 60% de los primeros registros, tomando como la sugerencia de Van Eck & Waltman [222] en donde en el 60% de los datos de mayor frecuencia se encuentra representada la mayor cantidad de información dado un corpus conformado.

- Se identifican las diferentes tecnologías mencionadas en los documentos seleccionados, y se procede a realizar un conteo de aparición. Esta analítica se realizó con los ingenieros de sistemas Eduardo Andrés Martínez y Adrián Felipe Rincón.

Figura 46. Conteo de aparición por tecnologías

	B	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
16													
17	TECNOLOGÍAS	Researchga	UNi	UG	Javeria	Scie	UniRioja	U	Proque	Core	Google Schol	Dimensio	
18	Bluetooth	9	0	6	0	0		2	2	1431	2841	3580	20012
19	RFID	0	0	2	0	0		4	4	1546	3372	3810	13439
20	Near Field Communication (NFC)	0	0	2	0	0		0	0	1999	2886	1200	4564
21	Zigbee	13	0	3	0	0		0	0	429	1376	3260	5451
22	Thread	0	0	3	0	0		0	1	373	1719	1110	5566
23	Neul	0	0	0	0	0		0	0	11	61	45	5566
24	Long Range	6	0	4	0	0		0	1	248	917	1370	1422
25	Sigfox	0	0	0	0	0		0	0	101	172	743	615
26	Zwave	0	0	0	0	0		0	0	2	19	53	85
27	Windows	51	0	109	0	1		4	6	6	74835	280000	216689
28	iPhone OS (iOS)	1	0	262	0	0		0	16	79	13134	34600	81278
29	Linux	1	0	15	0	0		1	1	0	4601	12500	23557
30	Android	33	0	14	0	1		1	2	1	3306	11700	11689
31	GNU	1	0	9	0	0		0	1	1146	3293	6240	15617
32	Debian	1	0	62	0	0		8	10	2	523	19200	4700
33	Raspbian	0	0	1	0	0		0	0	0	118	3880	396
34	macOS (OSX)	0	0	1	0	0		0	1	130	509	2630	489
35	Contiki OS	1	0	0	0	0		0	0	14	61	177	114

Fuente: [Repositorio UNAB](#), Eduardo Andrés Martínez, Adrián Felipe Rincón y Autor

Para la evaluación de análisis de los resultados obtenidos, se emplea un círculo dividido en segmentos circulares y círculos concéntricos: Los segmentos simbolizan la categorización de tecnologías siguiendo las capas del modelo IoT propuesto por la ITU. Es así como la primera capa muestra los sistemas embebidos empleados, la segunda división los nodos sumideros, sensórica, sistemas energéticos (capa 1), Analítica de datos (capa 2), Analítica de datos en la nube, sistemas de pronóstico, protocolos de red, algoritmos de irrigación (capa 3) y controladores de irrigación (capa 4). Las tecnologías identificadas se adjuntarán en el apartado ANEXOS:

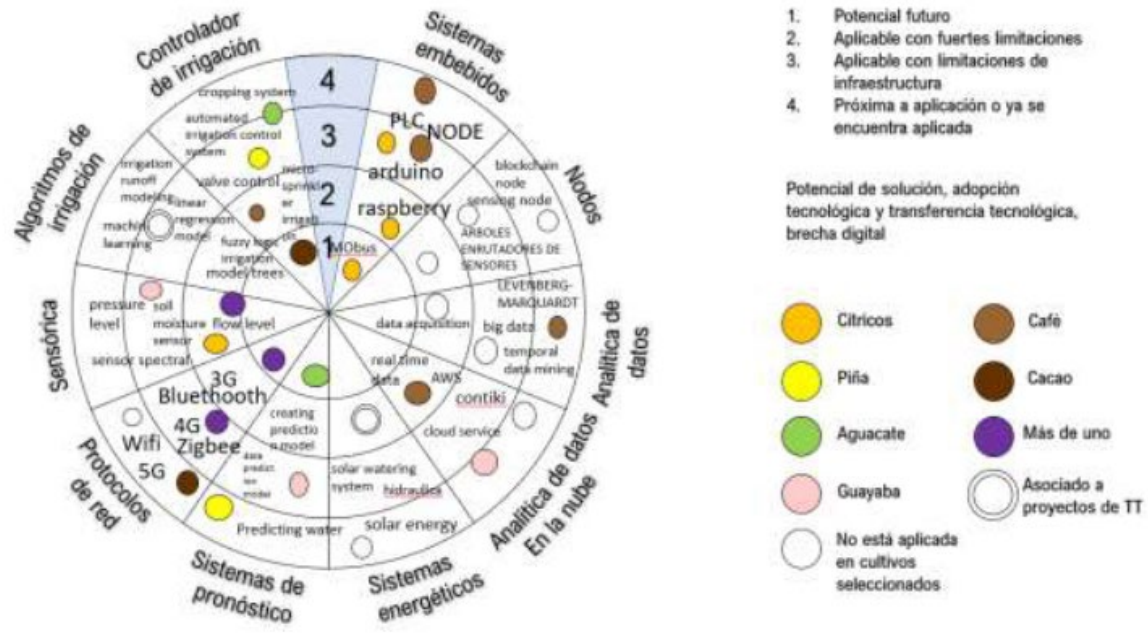
Las tecnologías están repartidas entre cuatro círculos concéntricos, enumerados del 1 al 4: las capa 1, señala las tecnologías que tienen potencial de implementación a futuro, o posee poca aparición porque los autores han dejado de emplearla; círculo 2, aquellas tecnologías que pueden ser aplicadas, pero poseen fuertes limitantes (como infraestructura física y de red); en el círculo 3 se encuentran aquellas tecnologías que sólo poseen una limitación y el círculo 4 (más próximo a la periferia) señalan todas las tecnologías que se encuentran actualmente en aplicación o que por sus características demuestran un alto grado de madurez en el sector agrícola, o representa una tendencia de uso.

Figura 47. Cálculo para diseño de un mapa de ruta de tecnologías empleadas en soluciones IoT de riego

TECNOLOGÍAS	UCC	Proquest	Core	red.uao.	Colombi:	DIMENSI	Posición	Posición:	Tamaño de	Tamaño clúster
Acelerometro lis331hh	0	0	254	28	29	Sensor	12.963	1%	283	0.000747522
Anemómetro	0	60	228	0	62	Sensor	27.714	3%	290	0.000766012
Sensor luminosidad bh1750	10	24	19078	10	153	Sensor	68.391	8%	19231	0.050797181
Sensor humedad bme280	23	36	2345	33	481	Sensor	215.007	24%	2826	0.007464658
sensor presion barometrica bmp180	24	47	5105	41	710	Sensor	317.37	36%	5815	0.015359867
sensor presion barometrica bmp280	23	20	5105	33	466	Sensor	208.302	24%	5571	0.01471536
Sensor temperatura dht22	46	143	871	69	1405	Sensor	628.035	71%	2276	0.006011876
tempratura sumergible ds18b20	57	43	377267	70	1317	Sensor	588.699	67%	378584	1
sensor humedad hs1101	9	14	45258	6	128	Sensor	57.216	6%	45386	0.119883566
Sensor sonido lm393	16	80	56696	24	424	Sensor	189.528	21%	57120	0.150878009
Sensor de imagen pixy2	57	1	118	70	1274	Sensor	569.478	64%	1392	0.003676859
Sensor de temperatura pt100	44	730	86461	67	1976	Sensor	883.272	100%	88437	0.233599413
Temp y humedad sht10	56	67	2907	70	1339	Sensor	598.533	68%	4246	0.011215477
Temp y humedad sht11	55	141	2907	70	1411	Sensor	630.717	71%	4318	0.011405659
Temp y humedad sht15	48	60	2907	69	1323	Sensor	591.381	67%	4230	0.011173214
Temp y humedad si7021	45	5	166848	65	1257	Sensor	561.879	64%	168105	0.444036198

Fuente: Semillero AGRIOT

Figura 48. Mapa de ruta tecnológica cultivos GPS Santander

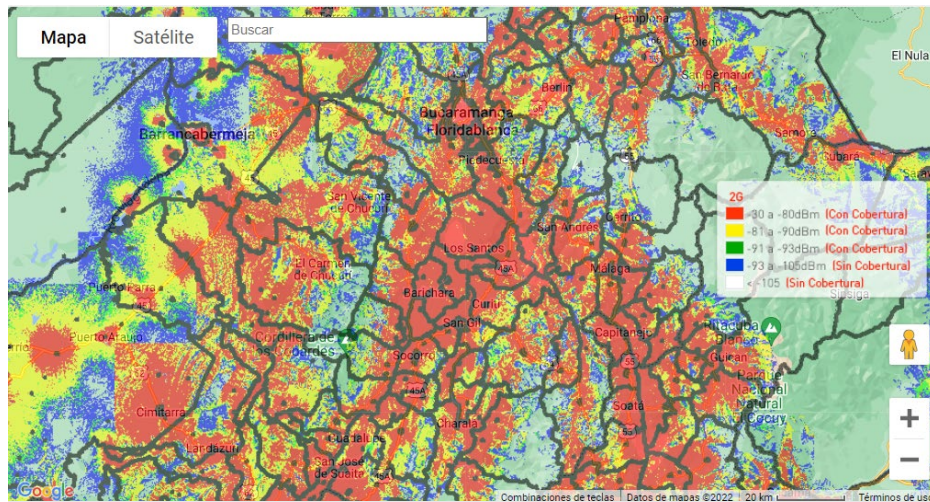


Fuente: Daniel Aceros [205]

Se logra observar una preferencia de los desarrolladores por el uso de PLC y Arduino, y el uso frecuente de sensores que apuntan a variables meteorológicas como presión atmosférica y precipitaciones, y del estado del cultivo como pH del suelo, humedad y luminosidad, así como el uso de sistemas energéticos que brinden al sistema de robustez, al comprender que en zonas agrícolas la infraestructura energética es deficiente.

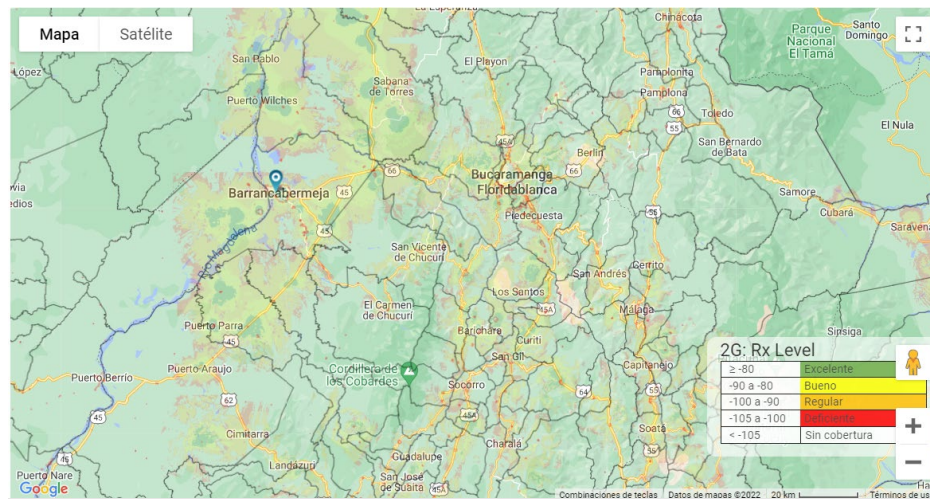
No obstante, hay información que evidencia la descontextualización en las soluciones, como el uso de redes Wifi (es poco probable el despliegue de este tipo de redes en zonas alejadas de los cascos urbanos no poseen esta tecnología) y 5G (según los mapas de cobertura móvil, las zonas veredales trabajan con redes 2G tal como se observa de la **Figura 49** a la **Figura 52**). Se observa una tendencia creciente hacia el uso de sistemas inteligentes que implementen tecnología en la nube, siendo la preferencia sistemas propietarios como CONTIKI, UBIDOTS, y AWS IoT, Google Cloud IoT, IBM Watson IoT, Thingspeak IoT platform, Cisco IoT Cloud Connect, así como el estudio de algoritmos de irrigación para el control automatizado de riego.

Figura 49. Mapa de cobertura de soluciones móviles CLARO, redes 2G



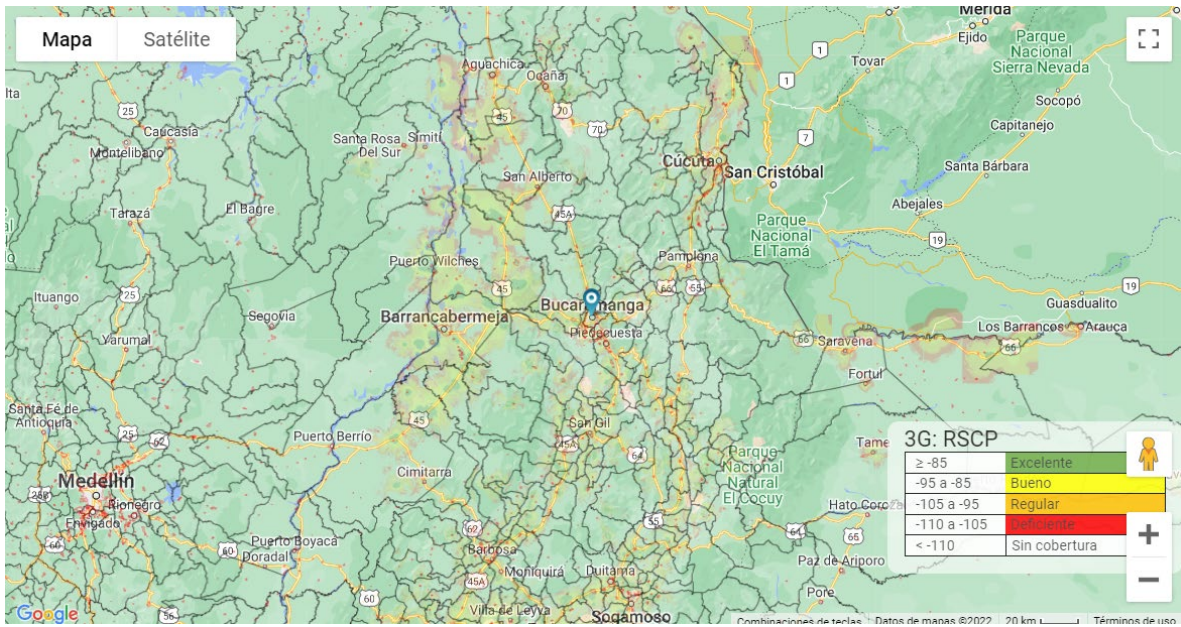
Fuente: [Claro](#)

Figura 50. Mapa de cobertura de soluciones móviles MOVISTAR, redes 2G



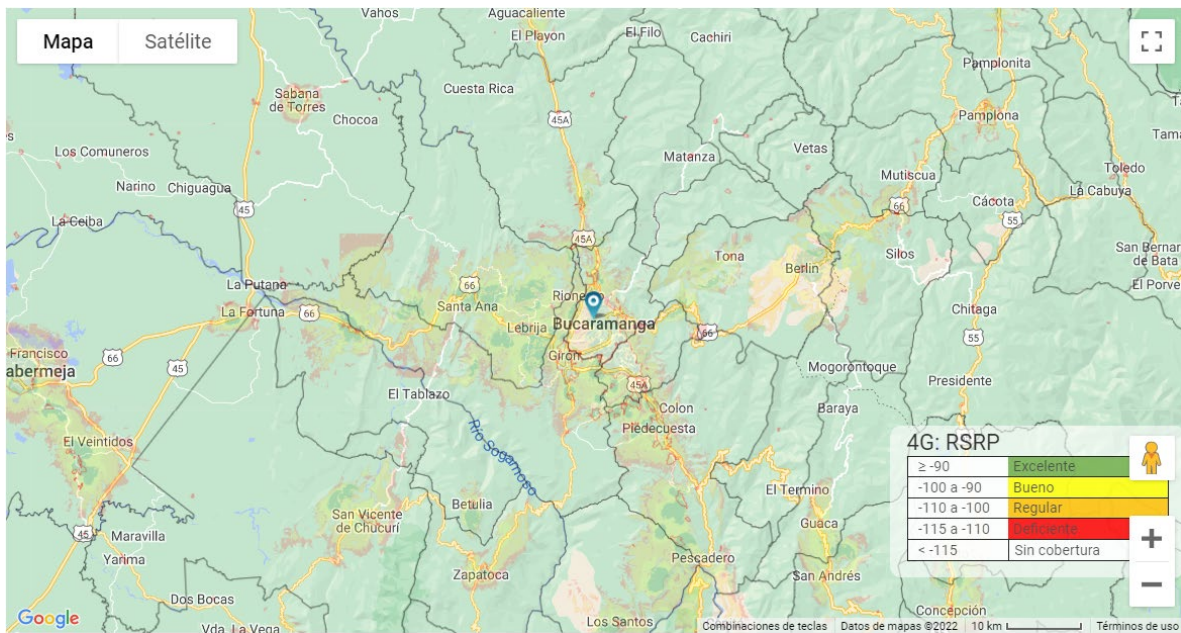
Fuente: [MOVISTAR](#)

Figura 51. Mapa de cobertura de soluciones móviles, MOVISTAR, redes 3G



Fuente: [MOVISTAR](#)

Figura 52. Mapa de cobertura de soluciones móviles MOVISTAR, redes 4G



Fuente: [MOVISTAR](#)

Si bien, esto representa ejercicios académicos para el desarrollo de innovaciones en una etapa TRL3, se observa el analfabetismo comercial de los diseñadores al tomar las decisiones para la implementaciones

de sus soluciones: los sistemas propietarios son costosos, y exigen una infraestructura de red robusta, Raspberry pi (un sistema embebido con las características de un computador de escritorio) no puede emplearse como respuesta a soluciones empresariales por disposición reglamentaria; y la característica identificada [31], [223] es que los campesinos de pequeña escala latinoamericanos no poseen los ingresos suficientes para la automatización de la cadena de valor.

5.1.2 Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala

Para responder a este apartado, se toma la información desde varias fuentes de información:

- a) Recopilación de información académica [205], desarrollada y dirigida por el semillero AGRIOT, en donde se obtuvieron artículos académicos con la ecuación de búsqueda:

**(necesidades OR problemas) AND pequeños agricultores AND agricultura
AND Colombia**

Fueron 745 artículos identificados (tesis de grado, artículos científicos, revistas rurales y actas de congreso). La información fue procesada por el software NVIVO, dándosele el mismo tratamiento descrito en el apartado anterior.

- b) desde el análisis PESTAL elaborado por la iniciativa AGRIOT,
 c) a partir de estudios latinoamericanos [115], [224]–[228], nacionales,
 d) la encuesta de calidad de vida [40] y
 e) una caracterización en la cual participaron 20 pequeños agricultores santandereanos³⁵.

Cuadro 13. Definiciones identificadas a partir de los artículos seleccionados

VARIABLES	DEFINICIÓN	A TENER EN CUENTA
Desarrollo rural	Es el crecimiento agrícola y económico rural. El desarrollo rural representa un cambio en el paradigma agrícola con base a todas las necesidades en el ámbito rural combinado con los recursos disponibles para el sector. Para ello, debe existir una coordinación entre el ente gubernamental con las necesidades del sector rural.	FAO realiza mediciones con respecto al desarrollo rural tomando en cuenta la seguridad alimentaria, el hambre, la resiliencia y la sostenibilidad.
Brecha digital	Diferencia socioeconómica entre la población que tiene acceso fácil a las TIC y los que no la tienen.	Se observa relación con nivel de estudio, experiencia manipulando TIC y cercanía a cascos urbanos.
Potencial de la solución	Evaluación de buenas prácticas	

³⁵ Este estudio fue desarrollado a partir de la necesidad identificada, cuando se estableció una comunicación con el secretario TIC y de agricultura de Santander, y según lo conversado, no existe datos asociados al uso de tecnologías digitales por parte de los pequeños agricultores campesinos de la región de Santander.

VARIABLES	DEFINICIÓN	A TENER EN CUENTA
Transferencia tecnológica	Proceso que describe canales, actores y procesos para que un conocimiento sea transmitido para el desarrollo de productos, bienes y servicios basado en las capacidades adquiridas.	Se apunta a la competitividad, sustentabilidad social, económico y ambiental.
Adopción tecnológica	Impacto de cierta tecnología y el vínculo que un individuo, población o comunidad genera dependiendo de factores como los técnico-productivos, capacidad y relaciones sociales en el campesino	La mayor apropiación tecnológica depende de nivel de estudio, experiencia en la manipulación de TIC y poder de adquisición [229].
Análisis del contexto	Estudio socioeconómico, antropológico y geográfico asociado a una población	Se sugiere agregar estudios relacionados con cambios generacionales
Ecosistema	Estado de la tierra, tipo de cultivo, fuentes de agua, plagas, fauna y flora coexistente en el sector, etc.[48]	
Pequeño productor agricultor	Productor agrícola propenso esta para adquirir nueva tecnología, con capacidad de cultivar al menos 5 hectáreas de tierra.	influye comportamiento, curiosidad y cambios generacionales
Factor económico	Medios materiales para satisfacer necesidades en la agricultura podría ser una región rica, buenas tierras,	Posibilidad de adopción tecnológica, de acuerdo a los recursos disponibles.
Formación académica	nivel de escolaridad	Alfabetización, alfabetización digital
Analítica de datos	Limpieza, contexto, examinación de datos, con el fin de tener conclusiones de información	Aumento de la competitividad empleando datos generados por el sector agrícola.
Políticas públicas	políticas que apoyan el uso tecnológico, tecnologías sostenibles y amigables con el medio ambiente	Sostenibilidad y resiliencia
Integración	Capacidad para adecuar una tecnología contexto agrícola. Ejemplo ¿Qué tan fácil sería llevar al campo de una conectividad 2G a 5G?	Agremiaciones

Esta información se presentará empleando la arquitectura desarrollada la Unión Internacional de Telecomunicaciones - ITU, el “ecosistema digital”[230]. En este framework, se explica cómo se puede

establecer un ambiente propicio que estimule el uso y adopción de tecnologías digitales en una comunidad.

- a. **Obstáculos relacionados con la Infraestructura:** En este apartado, se evaluará el estado de las vías, vivienda, servicios públicos que posibilitan la construcción de la infraestructura digital, así como el acceso a internet.

A1. Acceso a veredas: Con respecto a este apartado, se puede hablar de una dificultad para acceder a comunidades rurales alejadas de los cascos urbanos, en donde hay carreteras sin pavimentar y trochas lo que hace difícil el ingreso de equipos y maquinarias en los poblados. Esto dificulta que las compañías de Internet extiendan y mantengan un servicio de internet banda ancha³⁶.

A2. Cobertura de acueducto: En cuanto a servicios públicos, el DANE³⁷ reporta una cobertura de energía eléctrica rural del 94.7% y la cobertura de acueducto de 74.6%[231]. No obstante, 19 de los 20 campesinos encuestados, no poseen servicio de acueducto, lo que deja una inquietud real si ese cubrimiento es para municipios o incluye sus veredas. Con eso se explicaría por qué estas comunidades no emplean un sistema de riego automatizado. Posiblemente, este problema se originó desde la desaparición del HIMAT – *Instituto Colombiano de Hidrología, meteorología y Adecuación de Tierras*, entidad encargada en supervisar y gestionar la inversión pública en el sector riego rural.

A3. Inexistencia de cánones de riego adecuados de los agricultores: La estandarización incrementa la compatibilidad entre diferentes piezas y equipos de diferentes fabricantes y reduce la dependencia de adquisición con un oferente[232]. Aunque se hayan demostrado las bondades de un riego automatizado, el no contar con un servicio de acueducto, no estar inscritas ante ninguna agremiación [233] y desconocimiento de la tecnología dificulta aún más su adopción por parte de las comunidades rurales [234]. Según los extensionistas agrícolas encuestados, no existe ningún ente regulador que supervise los sistemas adecuados de riego. Si la comunidad posee servicios de acueducto y alcantarillado, se instala la manguera junto con su aspersor. *“Se mantiene abierta la manguera por un periodo de 30 minutos, y se revisa si la tierra está mojadita”*. Comentó una de las encuestadas. Cuando no se cuenta con servicio de acueducto, se tienen dos opciones: Si se vive cerca de una cañada o río, se envía a alguien de familia a recoger agua hasta llenar un tanque (como sucede en Simacota). De lo contrario, se abre un pozo en la tierra, y se espera que llueva (o que el gobierno lleve carrotanques) para abastecerse del recurso hídrico, como sucede en Los Santos.

Figura 53. Formas de riego en tres municipios Santandereanos.

³⁶ De acuerdo a datos obtenidos del Departamento Nacional de Planeación ([Campo con progreso: una alianza para dinamizar el desarrollo y la productividad de la Colombia rural \(dnp.gov.co\)](http://campo.con.progreso.una.alianza.para.dinamizar.el.desarrollo.y.la.productividad.de.la.Colombia.rural.(dnp.gov.co))), entrevistas con agricultores localizados en diferentes municipios de Santander y oferentes tecnológicos (ThinkLink y DynamoElectronics), y corroborado de la página de INVIAS ([Estado de las vías \(invias.gov.co\)](http://Estado.de.las.vias.(invias.gov.co)))

³⁷ Información obtenida de [TerriData :: DNP](http://TerriData.::DNP)



Fuente: De derecha a izquierda a derecha: San Miguel, Simacota y los Santos. Fuente: Autor y La silla vacía [El conflicto de Los Santos por el agua \(lasillavacia.com\)](http://Elconflicto.de.Los.Santos.por.el.agua(lasillavacia.com))

A4. Acceso a internet: En cuanto a la conectividad a internet, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) identificó que el internet en zonas rurales apenas abarca el 18.6% en comunidades alejadas de los cascos urbanos de Santander y 29.8% en el total nacional. Existe un acceso desigual al WIFI-público a lo largo del territorio colombiano [40], que no hace posible la conexión de dispositivos IoT a Internet [21, p. 4].

A5. Orografía: Santander es un departamento cruzado en su mayoría por la cordillera oriental. El único terreno que posee una facilidad natural para implementar sistemas de regadío es el Valle del Magdalena, el valle del Sogamoso, el valle del río Suarez y el Valle del Chicamocha. El resto de tierras del departamento de Santander, tiene característica montañosa y escarpada, por lo que es muy difícil y técnicamente costosa establecer una solución de riego [235].

A6. Obstáculos relacionados con Servicios: Hace referencia a problemáticas asociadas a la forma de cómo el sector explota los datos.

b. Políticas orientadas a apropiación de tecnologías emergentes: todos los programas gubernamentales apuestan al cambio generacional: Ser Pilo Paga, Generación D, Misión TIC 2022, les permiten a hijos de comunidades campesinas estudiar en entidades de educación superior y así mitigar el analfabetismo tecnológico, pero sin incentivar su regreso a las zonas rurales. Los hijos de agricultores no son agricultores, y en su mayoría, no estudian carreras pertinentes a la agricultura, por lo que el conocimiento ni se usa, ni se transfiere [236].

B1. Sostenibilidad en proyectos digitales: Realizando un seguimiento de los proyectos financiados por MINCIENCIAS desde el 2015, se encuentra que el 90% no ha seguido una vez se concluye la ejecución del proyecto.

Se les ha preguntado la razón a los líderes de los proyectos de investigación, y ellos manifiestan que al no poseer financiamiento para continuar el acompañamiento, los campesinos retornan al uso de técnicas tradicionales. Julián Rodríguez Ferreira, Doctor en Astronomía y Astrofísica y participante activo en proyectos de transferencia tecnológica en Europa, comenta que parte del problema viene en los requerimientos de la misma convocatoria, que obliga a los investigadores a no realizarse por una única línea de desarrollo: *“En Estados Unidos, por ejemplo, a un profesor le cuesta años de carrera desarrollar algo (...) pero hay un fin. Ya saben a dónde van a llegar. Y empieza a buscar funding para llegar a ese objetivo. La industria le inyecta porque hay viabilidad (...) MINCIENCIAS como entidad, sólo les interesa mostrar cifras”*.

Figura 54. Proyectos financiados por MINCIENCIAS desde 2015

Título del proyecto	Ciudad	Entidad Ejecutora	Entidad Beneficiaria/ Coejecutora	Riego	IoT		Finalizado
SISTEMA DE INFORMACIÓN	Buesaco (Nariño)	Universidad de Nariño	Universidad del valle	Sí	Sí	Sistema de fe	No
Fabricación pre-industrial	Medellín (Antioquia)	Universidad Nacional de Colombia	CRATIVAINTEGRAL DE	No	No	Adopción con	No
Fortalecimiento empresarial	Medellín (Antioquia)	Universidad de Antioquia					Sí
DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA	Medellín (Antioquia)	Universidad Nacional de Colombia	CEDERSIDAD CESFEDEP	No	No	Herramientas	No
Sistemas inteligentes para el campo	Medellín (Antioquia)	COMETROPOLITANA	RIA -AGROSAVIABLE	No	Sí	Caracterización	No
Desarrollo de una herramienta	Bogotá (Bogotá)	Universidad Javeriana - Sede Bogotá		No	No	Visión artificial	Sí
DESARROLLO DE UN MODELO	Caramanga (Santander)	UNAB		Sí	Sí		No
MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA	Ibagué	TIC MAKERS S.A.S	ción Tecnalia Colombia	No	No	Analítica de datos	Sí
DESARROLLO Y VALIDACIÓN	Manizales	NACIONAL DE INVESTIGACIONES	DE CAFÉ	No	No	Inteligencia artificial	Sí
DESARROLLO DEL CÁLCULO	Cali (Valle del Cauca)	Universidad ICESI		No	No	Huella de carbono	Sí
Implementación de un modelo	Medellín	Universidad Nacional de Colombia	Metropolitano Knowledge	No	No	Apropiación tecnológica	No
FORTALECIMIENTO DE RECURSOS	Ibagué (Tolima)	Universidad de Ibagué	Universidad Jorge Tadeo U	No	No	Análisis de datos	Sí
MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN	Bogotá	Universidad de los Andes	Unión Universitaria del Huila				Sí
CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS	Bogotá	Universidad Nacional de Colombia					Sí
SISTEMA EXPERTO PARA EL MONITOREO	Risaralda	Universidad Tecnológica de Pereira		No	No	Detección temprana	Sí
Programa para el Fortalecimiento	Popayán (Cauca)	Universidad del Cauca	Consejo Nacional de Investigación	No	No	Sistema de alerta	Sí

Fuente: Cortesía MINCIENCIAS

Realizando un ejercicio actual, se toma como ejemplo la página www.podsantander.com, en donde se mantenían datos sobre el Santander rural. Esta página estaba activa hasta el año pasado y se desconoce el porqué de su desconexión y si se depositará en otro host.

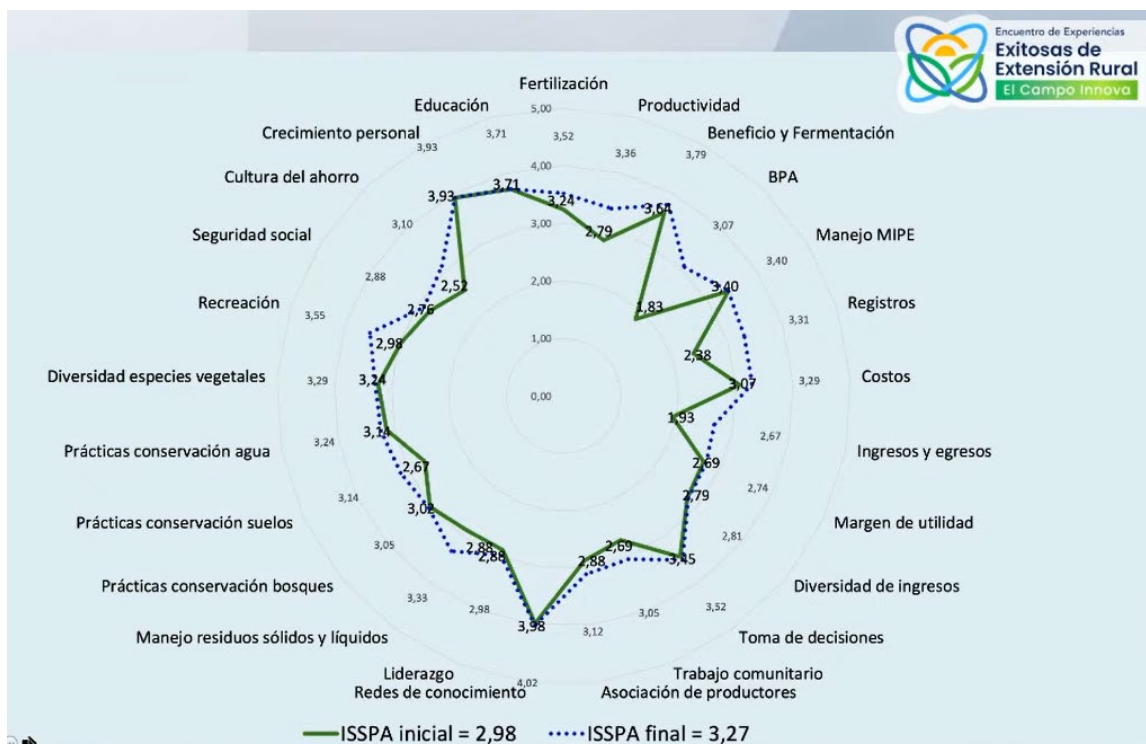
Para asegurar la sostenibilidad de estos proyectos, es necesario involucrar una diversidad de actores (como los pequeños productores, asociaciones y cooperativas, gobiernos, oferentes tecnológicos) y entender su participación activa en el proceso de apropiación tecnológica, ya que cada uno posee una perspectiva en el desarrollo de la tecnología agrícola

B3. Explotación de datos: A pesar del gran esfuerzo del gobierno colombiano por establecer el acceso a los datos (datos abiertos), estos no son utilizados por los pequeños agricultores. Adicionalmente no hay datos suficientes relacionados al uso y comportamiento de tecnologías digitales en el sector rural en Santander. Esto hace que a pesar de tenerse algunos datos recopilados, que pueden ser revisados en la página del ministerio de agricultura, no exista una estrategia que invite a los pequeños agricultores de la región a emplearlos, y por ende, no tomar decisiones consultadas con la información provista por las

diferentes fuentes de información creadas por el gobierno relacionadas con el sector agrícola: Precios de compra/venta de los productos, decisiones de cultivo, etc. Este dato pudo evidenciarse en la encuesta realizada a los pequeños productores, los cuáles ignoraban cómo acceder a esos datos y cómo podían emplearlos para su beneficio.

En el presente, todos los esfuerzos de tecnificación agrícola digital están dirigidos hacia los servicios de extensionismo (ver Figura 55). En la misma gráfica se puede observar que las prácticas de conservación del agua es la práctica con menos puntuación entre los extensionistas agrícolas.

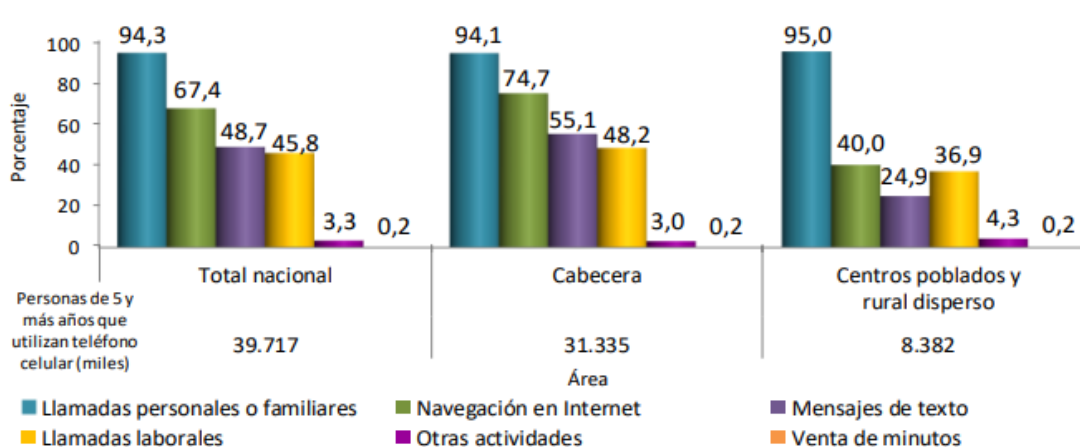
Figura 55. Tecnificación de los servicios de extensionismo agrícola



Fuente: [Encuentro de Experiencias Exitosas de Extensión Rural 2021 \(elcampoinnova.co\)](http://elcampoinnova.co)

B4. Masificación de terminales y servicios: Los pequeños productores poseen celulares de gama baja y media, siendo los más aventajados aquellos que usan servicios de comunicación (WhatsApp) y Facebook (ver Figura 56), posiblemente a que se identifican de bajo costo (o sin costo) y como poseen una alta comercialización poseen una alta adopción y masificación social [21].

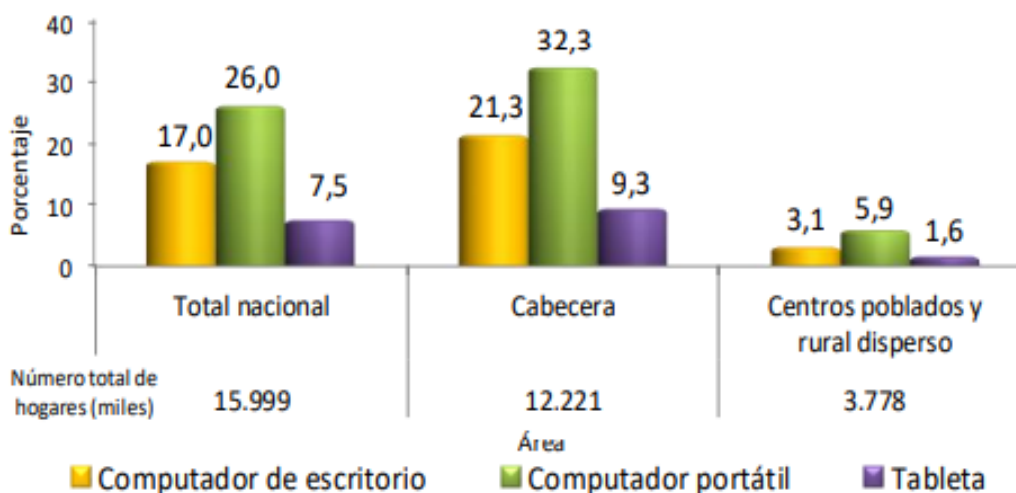
Figura 56. Proporción de personas de 5 y más años de edad que usaron celular según una actividad.



Fuente: DANE, Encuesta de Calidad de Vida - ECV

No poseen computadores (a menos que vivan con emisarios tecnológicos) ni ven la necesidad de adquirir uno. Los resultados de los indicadores básicos de tenencia y uso de tecnologías TIC en rural disperso así lo indican (ver Figura 57)

Figura 57. Proporción de hogares que poseen computador, según tipo de dispositivo. Total Nacional 2019



Fuente: DANE, Encuesta de Calidad de Vida - ECV

B5. Servicio de Internet: Debido a la velocidad y acceso a internet, los pequeños productores agricultores no son muy dados a usar los servicios. Las mejores velocidades son logradas en los quioscos digitales, los cuáles desde su montaje, no han sido mantenidos adecuadamente por lo que ahora sólo lo usan los estudiantes para el desarrollo de sus actividades en pandemia y para reuniones comunales. El promedio de conectividad se da por telefonía móvil 2G (valores máximos: 40kbps de bajada y 20kbps de subida),

limitando las estrategias que requieran un ancho de banda considerable (revisión de datos, estadísticas, mercados, etc.).

B6. Innovaciones no desarrolladas para las necesidades industriales: Usualmente, los grupos pertenecientes a entidades de educación superior suelen crear prototipos que no consideran aspectos como reglamentaciones, contextualización, requerimientos ambientales, etc. Esto hace que innovaciones elaboradas en universidades tengan dificultades de comercializarlas ya que el precio de masificación no fue considerado desde un primer momento. A esta conclusión se llegó al analizar el ecosistema de soluciones planteado en la academia en comparación con los productos generados por las compañías que realizan soluciones IoT de riego: Desde el uso de sensores sofisticados, hasta base de datos meteorológicas ubicadas in situ complementado a los servicios en la nube [159].

B7. El proceso de transferencia y adopción se entiende muy vagamente: los proyectos enfocados en esta problemática hacen un énfasis en el uso de soluciones “low-tech” debido a su fácil adquisición, su carácter económico y madurez en el mercado, aun cuando la tendencia empresarial es el emplear soluciones de alta tecnología. Los canales de comunicación son escasos, no existe un mapeo actualizado de actores que permita la fácil financiación de estas intervenciones y hay una tensión gubernamental enfocada en la urgencia de tecnificación sin un propósito claro y definido, que puede llevar a una aversión tecnológica [159]. Los extensionistas agrícolas forman parte fundamental de esta apropiación tecnológica [156] pero la cantidad en relación a pequeños productores no dan a vasto [237]. Inclusive, de los veinte (20) encuestados, solo uno manifestó una breve presentación de extensionistas agrícolas en juntas de acción comunal. Según expresaron los pequeños productores, los extensionistas sólo hablan con los dueños de las fincas, esperando que el propietario pueda gestionar el conocimiento.

c. Obstáculos relacionados con Aplicaciones. Hace referencia a problemas relacionados con el ecosistema de aplicaciones generado para el consumo de la comunidad. Con respecto a este punto, se analizará:

C1. Generación de aplicaciones y contenido: Se hace una revisión de aplicaciones de riego en la Google store y la Apple Store. Se identifica sólo un 5% (de un total de 120 identificadas para riego) dirigida para el uso de pequeños productores agrícolas. En la encuesta preguntada con los agricultores, se indagó sobre el conocimiento de estas aplicaciones y ninguno las conocía. Inclusive, investigadores recomiendan la generación de contenido apto para las comunidades rurales, teniendo en cuenta su cultura y contexto [21], [223].

C2. Adopción de TIC en el sector agrícola (apropiación tic para agricultores): a pesar de las grandes ventajas naturales con las que cuenta Colombia³⁸, esta no posee una fuerte agroindustria [238] que le permita una fácil transición a la industria agrícola 4.0 [28]. Tampoco se visualizan muchos proyectos

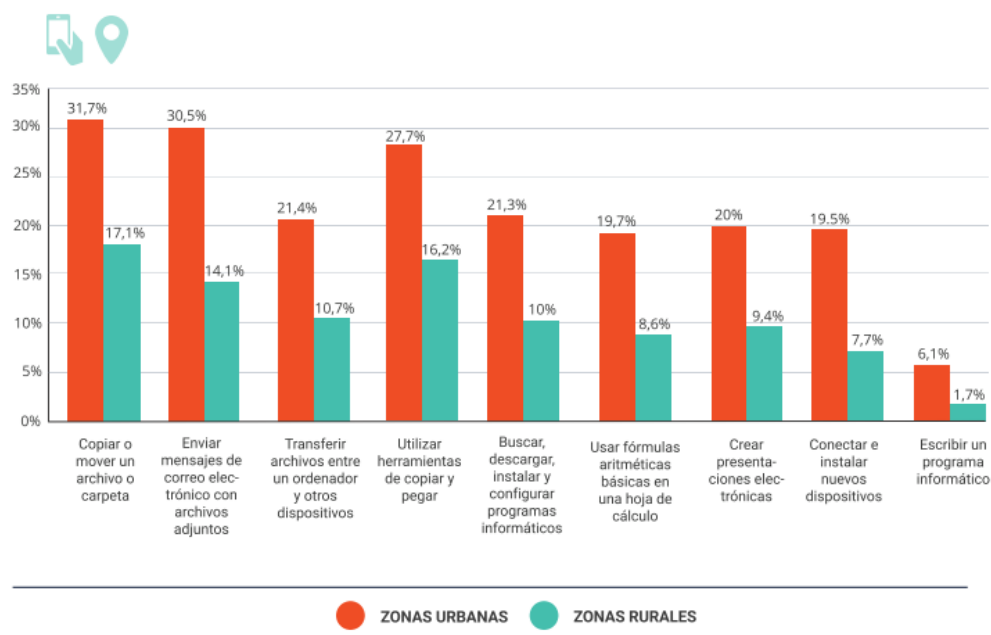
³⁸ Colombia se encuentra ubicada en la zona ecuatorial que les permite siembras ininterrumpida al no poseer estaciones, cuenta con tierras fértiles en todos los pisos térmicos que le permite la producción de una gran variedad de productos [379], una red hidrológica extensa que atraviesa todo el territorio colombiano, y dos océanos que permiten exportar vía marítima a diferentes mercados [380], aspectos importantes, al entender que la disponibilidad, accesibilidad y elección de alimentos son factores que inciden en el consumo de alimentos.

dirigidos hacia la adopción de TIC para pequeños productores (ver Figura 54) financiados por MINCIENCIAS. Este punto se analizará con mayor claridad en la dimensión USUARIOS.

d. **Problemas asociados a los Usuarios:** las dificultades expresadas hacen referencia a las causas identificadas que imposibilita el uso y apropiación de tecnologías emergentes.

D1. Educación: De acuerdo al estudio desarrollado por Ziegler [21], “*el uso de internet es más frecuente entre quienes presentan mayores condiciones de escolarización*”, al entender que “*las escuelas (sobre todo en el nivel secundario) incentivan su uso*”. Cuando se habla del mundo rural, según el estudio de la OXFAM “Radiografía de la desigualdad” [20], las comunidades más alejadas del campo urbano sólo poseen instituciones que ofrecen básica primaria, y al menos el 50% de la comunidad rural no supera quinto primaria.

Figura 58. Proporción media de la población América Latina y Caribe en Zonas Rurales y urbanas con una actitud digital específica, 2017



Fuente: [21]

D2. Uso de la tecnología digital: Adicional a la poca infraestructura de internet [21, p. 4], el analfabetismo tecnológico característico de las zonas rurales [20] y los pocos elementos de experiencia de usuario implementados en las interfaces móviles [19], trae como consecuencia una masificación limitada del uso de tecnologías digitales. Quizás, esta sea la razón por la cual los académicos proponen como ventaja del uso de soluciones IoT: la poca interacción de los dispositivos con los agricultores (analizada en documento anteproyecto).

D3. Cultura y explotación tecnológica: Con respecto a las barreras identificadas, el libro Historia de la Cultura Campesina Santandereana de Fidel Castillo Blanco [239] da algunas pistas al respecto. El campesino por naturaleza tiene valores asociados al trabajo duro, la humildad y al aprendizaje transferido de generación en generación. A nivel tecnológico, también difieren en la predilección de uso: se prefiere lo robusto y duradero. La mayoría de estos usuarios manejan tecnologías muy por debajo a la media en zonas urbanas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y esto no se toma en cuenta en el desarrollo de las interfaces, las cuáles, están establecidas para un uso ofimático que no se da en el sector agrícola[240]. La forma como se ha vendido la tecnología a los pequeños productores no ha sido la adecuada.

D4. Pocos estudios antropológicos y de investigación en experiencia de usuario que permita elaborar soluciones acordes a las necesidades rurales: la pobre usabilidad en tecnologías agrícolas trae como consecuencia resultados confusos, producción ineficiente y finalmente un impacto financiero negativo [19]. Inclusive, se ha recomendado generar contenido adecuado entendiendo el contexto y cultura de la región como motor motivador del uso de las tecnologías emergentes [21]. Para esto, se recomienda estudios antropológicos de los cuáles, desde el 2015, sólo se ha financiado dos por MINCIENCIAS (ver Figura 54).

Para la identificación de actores relacionados con la transferencia tecnológica, se empleó otro tipo de modelamiento del Natural Language Processing (ver Figura 8), NER (Name Entity Resolution) en el cual, por medio de librerías, busca identificar actores, organizaciones, lugares y demás entidades en un texto.

Para la identificación de artículos, se emplea la búsqueda de información en repositorios abiertos: CORE y Publish or Perish, con la ecuación de búsqueda:

Colombia AND 'cultivo seleccionado' AND "technology transfer" OR (Colombia and 'cultivo seleccionado' and technology appropriation)

En donde cultivo seleccionado puede cambiarse por cacao, tubérculos, aguacate o cítricos. Fue identificado un total de 9427 documentos (ver, de los cuáles se trabajó 689 empleando Web-Scrapping en CORE y 1126 por descarga directa de los identificados en Publish or Perish).

Tabla 9. Documentos relacionados con el área de estudio.

	CORE		Publish or Perish		Total
	Inglés	Español	Inglés	Español	
Cacao	143	515	1000	1000	2658
Tubérculos	96	63	1000	1000	2159
Aguacate	90	223	1000	1000	2313
Cítricos	177	120	1000	1000	2297
					9427

Fuente: Semillero AGRIOT con autor

Cuadro 14. Actores identificados en el sector agrícola

B	C	D	E	F	
	Sinónimos	Nivel	Sector	SubSector	tipo
	Instituto Colombiano Agropecuario	Nacional	Sector público	Entidad	Gobierno nacional y
	Centro Internacional de la Papa	Internacional	Sector público	Centros	Regulación Intenacio
	CORPOICA; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	Nacional	Sector academia	Corporaciones	Generadores de conc
de Córdoba	Unicordoba	Nacional	Sector academia	Academia	Generadores de conc
Nacional de Colombia	UNAL	Nacional	Sector academia	Academia	Generadores de conc
de Agricultura y Desarrollo Rural	Minagricultura; MADR	Nacional	Sector público	Entidad	Fomento Empresaria
	Centro Agropecuario de la Universidad Nacional de Colombia	Nacional	Sector academia	Academia	Generadores de conc
al hortifrutícola	FNFH; FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTIFRUTICOLA; ASOHOFRUCOL; Asociación Hortifrutícola de Colombia	Nacional	Sector público	Cooperativas	Financiación e invers
americano de Cooperación para la Agricultura	IICA; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura	Internacional	Sector social	Entidad	Regulación Intenacio

Fuente: Agradecimientos Semillero AGRIOT

Para ello, 250 artículos científicos seleccionados alrededor de cultivos como el aguacate, cítricos cacao y tubérculos fueron leídos, y de forma manual, extraídos cada uno de sus actores. Se hizo una clasificación de tres niveles, en donde el primer nivel clasificaba si era nacional o internacional, el segundo nivel, a qué sector pertenecía de acuerdo al modelo de cuatro hélices (público, privado, academia y social) establecido por [241], y como tercer nivel, qué tipo de actor es (generador de conocimiento, financiador, regulador, etc.) los cuáles fueron clasificados de acuerdo a su frecuencia de aparición.

Tabla 10. Total de oraciones identificadas alrededor de los cultivos de análisis

Cultivo	Oraciones identificadas	Oraciones depuradas
Cacao	5050	2734
Cítricos	10797	2222
Tubérculos	327	153
Aguacate	531	213
TOTAL	16705	5322

Fuente: Daniel Fernando Álvarez y autor

Del estudio se extrajo la siguiente información:

- 349 actores eran nacionales, 96 internacionales
- 84 pertenecen al sector académico, 231 privado, 99 público, 7 sociales, 3 al margen de la ley y 21 no fueron identificados. Esto quiere decir que el sector privado tiene mayor pertinencia en el ecosistema de transferencia tecnológica agrícola.
- Para la extracción de oraciones, se empleó un motor de coincidencias que usaba las reglas de Spacy (Matcher), el cual permite definir un conjunto de expresiones regulares que permita

clasificar las coincidencias dado un documento. La **Tabla 10** muestra en su segunda columna, la cantidad de oraciones identificadas alrededor de los diferentes cultivos de análisis, mientras que la tercera columna identificó los actores encontrados dentro de esas oraciones.

Para el entrenamiento del modelo, se emplearon dos archivos a partir de uno principal que poseía 5322 oraciones en los cuáles se incluían los actores relacionados con la transferencia tecnológica agrícola. Para el entrenamiento del modelo se empleó el 80% de los datos y el 20% restante se usó como evaluación.

El estudiante de maestría Daniel Fernando Álvarez tomó esta base de datos y la empleó para el modelado NER (Named Entity Recognition) el cual permite establecer la relación entre los actores identificados. Empleó los modelos tok2vec y Transformers de Spacy. El **Cuadro 15** muestra las medidas de precisión (número de entidades clasificadas de forma correcta por el sistema), Cobertura (o recall en inglés, que muestra la cantidad de entidades identificadas de forma correcta por el sistema) y F1-Score (que combina las dos medidas anteriores). Los resultados muestran que el modelo es capaz de reconocer los actores con una alta precisión, y gracias a las bondades de NER, se puede establecer su grado de relación dado un documento.

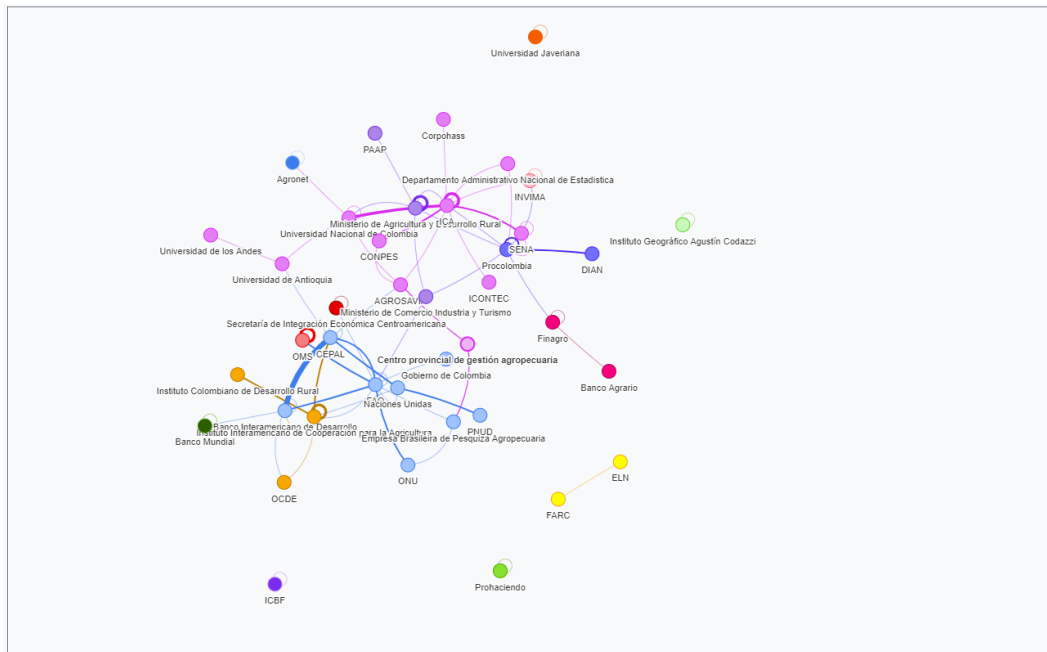
Cuadro 15. Comparación de resultados obtenidos por tok2vec y transformers

Modelo	Precisión (P)	Recall (R)	F1-Score (F)
Tok2vec	98.1	97.2	97.7
Transformer Spacy	93.1	96.9	95.2

Fuente: Daniel Fernando Álvarez y autor

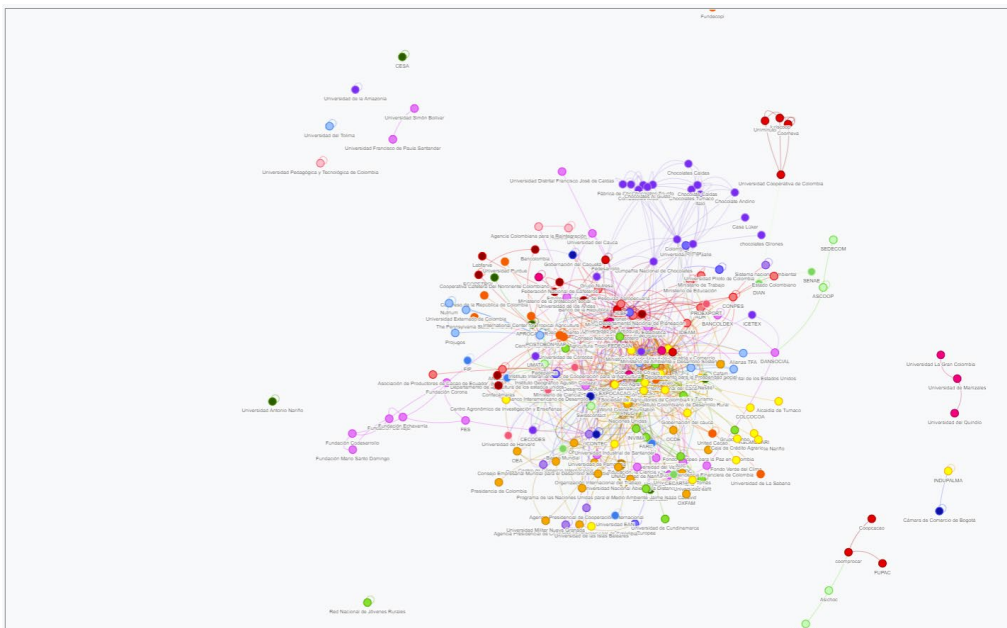
El dataset empleado para el entrenamiento (**Cuadro 14**), puede ser revisado en **ANEXO 7. Actores y tipos de actores identificados en la transferencia tecnológica agrícola**. Las **Figura 59** a la **Figura 62** muestra la relación de los diferentes actores alrededor de los cuatro cultivos cuando se introduce un documento. Fue el estudio de esta interacción la empleada para sugerir los actores que serán incorporados en el desarrollo del framework.

Figura 59. Mapa de actores relacionados con el sector del aguacate



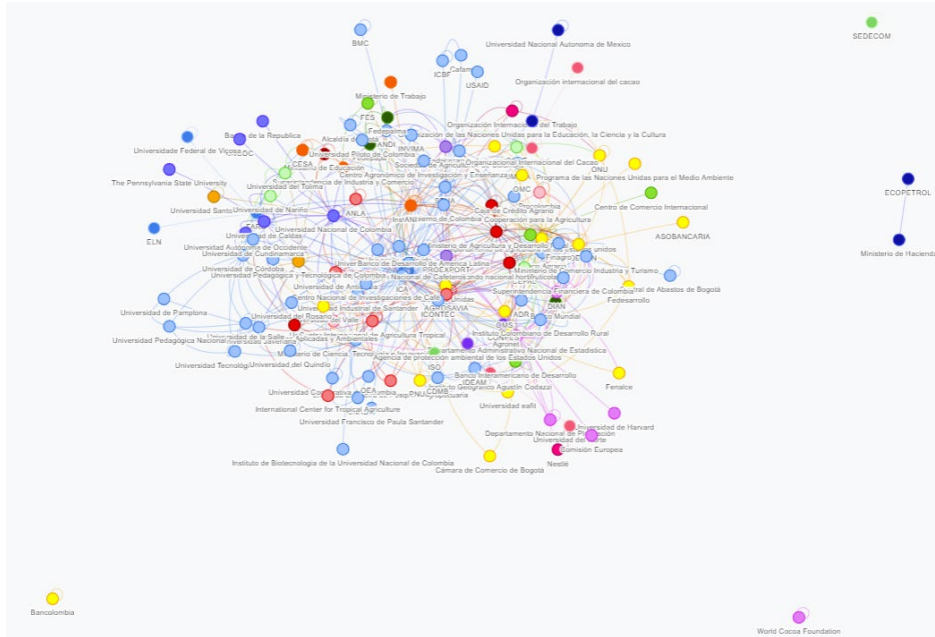
Fuente: Daniel Hernández

Figura 60. Mapa de actores relacionados con el sector del café



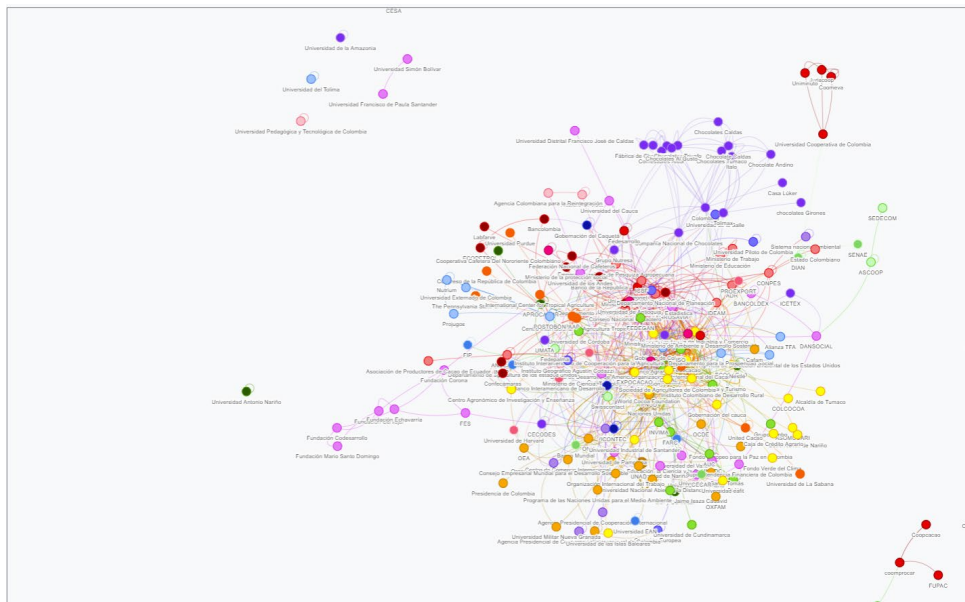
Fuente: Daniel Hernández

Figura 61. Mapa de actores relacionados con el sector de los cítricos



Fuente: Daniel Hernández

Figura 62. Mapa de actores relacionados con el sector del cacao



Fuente: Daniel Hernández con autor

5.1.3 Definición de instrumentos de evaluación para selección de características

El internet de las cosas, como tecnología emergente representa una novedad radical [242] que, de acuerdo a los diferentes artículos científicos analizados, promete un cambio exponencial en cuanto productividad, competitividad, optimización de recursos alrededor de las cadenas productivas de cualquier sector (en este caso la agricultura de pequeña escala). El problema alrededor de su rápido crecimiento, es que no puede evaluarse con métricas contemporáneas, sino que debe establecerse otros criterios que permita analizar sus tendencias, desafíos y retos. Y es precisamente esta razón, por lo que se busca diseñar instrumentos que permita evaluar el ecosistema de las soluciones IoT de riego y los criterios de su diseño, a fin de poder proponer mejoras en el proceso. Este proyecto generó dos tipos de instrumentos cada uno con sus características particulares: La evaluación de buenas prácticas IoT Agrícolas (BPAIoT) descrito en capítulo Caracterización de soluciones de riego en el mundo que evalúa las soluciones a través de una serie de recomendaciones identificadas por organizaciones a nivel nacional sobre la incorporación de IoT en la agricultura y el modelo de desarrollo integral de soluciones IoT para entornos agrícolas (AgCDV) que evalúa las soluciones a partir de tres dimensiones.

5.1.3.1 Desarrollo integral de soluciones IoT para entornos agrícolas.

Es el resultado de relacionar cada uno de los elementos identificados en el framework explicado en el capítulo Articulación de los elementos en el framework con las directrices establecidas en BPAIoT. Esta evaluación se da a través de los diferentes productos establecidos por AgCDV: desde la idea con características descontextualizadas; pasando por el desarrollo de concepto producto de una caracterización tecnológica alrededor de la implementación de soluciones IoT para el sector agrícola; prototipo, en donde se toman los aspectos más provocadores de la solución que permita una correcta interacción con el usuario final a fin de establecer un escenario adecuado que relacione a los desarrolladores con los campesinos en búsqueda de un diseño adecuado para el contexto; prototipo, en donde se prueba la innovación en un lugar que permita evaluar su eficiencia y eficacia; y finalmente, el producto mínimo viable, que tendrá como objetivo ser instalado en granjas demostrativas con el fin de facilitar la adopción de la tecnología desarrollada a una comunidad.

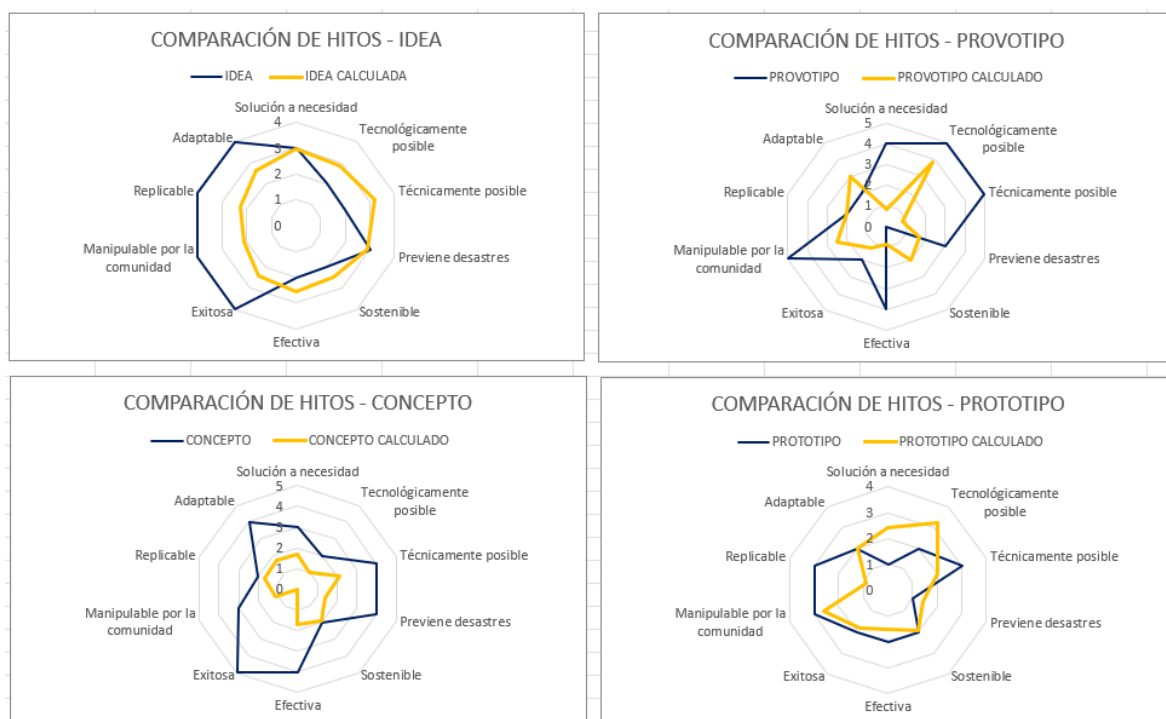
Cuadro 16. Relación entre elementos pertenecientes a AgCDV y BPAIoT (Solución a la comunidad)

	FASE I: IDEA	FASE II: CONCEPTO	FASE II: PROVOTIPO	FASE III: PROTOTIPO	FASE IV: PMV
Solución a comunidad	44 Resultado proceso Recopilación inicial del contexto y población objetivo	123 Resultado del proceso Especificación del sistema	470 Jornadas de integración investigador - campesino	95 Resultado proceso Requerimientos de construcción	95 Resultado proceso Requerimientos de construcción
	63 Resultado proceso Rango inicial de soluciones	158 Resultado del proceso Componentes del sistema	557 Definición de especificaciones técnicas	42 Resultado proceso Selección de familia campesina	127 Resultado de proceso Financiación para la comercialización
	120 Resultado de proceso de Identificación inicial de requerimientos	185 Identificación de herramientas empleadas por la comunidad	485 Aceptación del provotipo por la comunidad	575 Diseño técnico	165 Resultado de proceso Revisión final del producto
	93 Resultado proceso Asesoramiento	196 Posibilidad de actualización de herramientas	512 Recopilación de nuevos requerimientos	671 Diseño interfaz humano-máquina	178 Resultado de proceso Instalación en Granja
	203 Resultado de proceso Primera intervención con comunidad	243 Evaluación de limitaciones del sistema y construcción	542 Corrección de especificaciones del sistema		193 Resultado de proceso Servicio de extensionismo tecnológico
	292 Resultado del proceso de Estudio de mercado	274 Evaluación sobre el Despliegue del sistema			251 Resultados del proceso de Evaluación del estado actual v oportunidades
	241 Resultado del proceso Distribución de roles				

El **Cuadro 16** muestra como el criterio efectiva (solución a una necesidad) de BPAIoT se relaciona con diferentes procesos pertenecientes a las fases **Contextualización**, **Desarrollo** y **Verificación** a través de sus hitos (idea, concepto, prototipo, producto mínimo viable).

Este instrumento (**Figura 63**) permite visualizar, la percepción que tiene el equipo investigador alrededor del desarrollo de una solución IoT para agricultura de pequeña escala (color azul) y compararlo contra la evaluación suministrada por el modelo AgCDV, el cuál evalúa criterios de construcción alrededor de indicadores asociados a cada uno de los procesos.

Figura 63. Resultado de instrumento: comparación entre percepción de desarrollador vs Resultado de evaluación de diseño



Los indicadores se puntúan alrededor de una serie de preguntas, que son resueltas por un observador del proceso de desarrollo (para este caso, el equipo técnico de AGRIOT). En esta etapa inicial, todos los procesos tienen la misma ponderación. Se propone, como trabajo futuro, establecer una investigación que permita calcular un peso adecuado a cada uno de los procesos de diseño relacionado con los objetivos del proyecto y la capacidad de su personal. El uso de este instrumento se puede observar el capítulo Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto, en donde el instrumento testeó la percepción alrededor del desarrollo de la solución AGRORIEGO 2.0 contra las sugerencias del modelo, y el desarrollo del proyecto AGRIOT a la luz del instrumento.

5.1.3.2 Desarrollo integral de soluciones IoT para entornos agrícolas.

La revisión de literatura alrededor de soluciones IoT de riego, se identifica una serie de características producto de decisiones de los diseñadores. Como se observa en Categorización de artículos de acuerdo

con buenas prácticas IoT en agricultura, existen tendencias marcadas por temporalidad, en donde se pasa de una preocupación orientada a aumentar la productividad con miras a mejorar la competitividad a una conciencia ambiental. Una preocupación por la interacción (incipiente) del campesino con la tecnología relegada con una excusa económica.

Esta tendencia de analizar partes del sistema IoT en forma de frameworks, herramientas y demás requerimientos que conforman [243] sin explorar en las características de los objetos inteligentes que la conforman para asegurar su adaptación, en este caso, de comunidades rurales, suscitó la exploración de distintas soluciones (ajenas a meramente el desarrollo de soluciones IoT) dirigidas hacia la agricultura, en donde otros sectores involucran aspectos de experiencia de usuario de una forma más madura, como son las aplicaciones móviles asociadas al sector bancario [244]. El resultado de la revisión de literatura identifica un conjunto limitado de artículos que esclarece lo que se había pensado con anterioridad: se evidencia un interés de elaborar productos, bienes y servicios para el uso de los pequeños productores agrícolas (en inglés, *smallholder farmers*) pero con características asociadas a su contexto; obligando a realizar un estudio casi desde cero, en donde debe estudiarse aspectos propios de la cultura en la comunidad rural.

Esta investigación, realizada en conjunto con la ingeniera de sistemas Mery Dayahna Caro Meza, obtuvo como resultado que, una solución apta para el uso del contexto agrícola debía contener elementos pertenecientes a tres dimensiones interrelacionadas, con el fin de aumentar la probabilidad de adopción por parte de una comunidad rural (de acuerdo a los resultados presentados por los documentos recopilados).

La ecuación de búsqueda (“Internet of things” OR IoT) AND (agri* OR farming OR smallholder OR farmer OR rural OR peasant) AND (techno* OR solution) AND (cellphone OR smartphone OR tablet OR mobile) AND (usability OR UX) emitió un total de 312 documentos, de los cuáles fueron seleccionados para trabajar 250.

Empleando el programa NVIVO 12, se selecciona la opción de análisis semántico, en donde produce una base de datos donde toma las palabras con mayor relevancia (con mayor frecuencia de aparición) y la relaciona con otras (análisis de tópicos) de acuerdo a su cercanía. La **Figura 63** muestra este conjunto de palabras en forma de nube. Fue un total de 992 palabras generadas a las cuáles se les debía dar limpieza y asignar un contexto.

Se trabajó con 296 palabras después de la limpieza para finalmente ser clasificadas en tres dimensiones (ver **Figura 64**):

- a) DIMENSIÓN FORMULACIÓN o cumplimiento de requerimientos mínimos;
- b) DIMENSIÓN MANIPULACIÓN o aseguramiento de usabilidad, experiencia de usuario y ergonomía y
- c) DIMENSIÓN CONTEXTUALIZACIÓN o implementación de características socioculturales propias de la comunidad.

Desde el 2020, lo que inició como un sketch que relacionaba palabras alrededor de tres dimensiones se transformó en un framework que permitía evaluar soluciones de una forma integral de soluciones IoT, complementado con hallazgos a partir de nuevas teorías identificadas y del trabajo cercano con campesinos, extensionistas agrícolas y demás profesionales en el área de IoT y TT.

DIMENSIÓN DE LA TÉCNICA (DT): Hace referencia a la solución propuesta por los desarrolladores con el fin de cumplir con los requerimientos identificados por el cliente o en el análisis del problema. Es la base tecnológica conformada por todos los estándares y lineamientos necesarios para desarrollar un producto mínimo viable que pueda ser comercializado.

Esta dimensión está conformada por los siguientes elementos:

- **Autonomía:** Un sistema IoT es autónomo, cuando evita o mitiga la intervención humana en su funcionamiento. Puede referirse a la autonomía energética [246] en donde se implementan protocolos que permita a un sistema operar el mayor tiempo posible con una capacidad de almacenamiento limitada; autonomía computacional [247], cuando el sistema logra conectar y gestionar dispositivos inteligentes a gran escala sin necesidad de intervención humana; autonomía operacional, los subsistemas tiene un comportamiento autónomo, siendo capaces de operar normalmente ante la conexión de un nuevo dispositivo y configurarlo [248], recolectar datos [249], interpretarlos [250], traducirlos e integrarlos [251], monitorea y negocia recursos [251].
- **Interoperabilidad:** *“Grado en el cual dos o más sistemas, productos o componentes pueden intercambiar información y usar la información que ha sido intercambiada”*[24]. La interoperabilidad puede darse en el dispositivo, red, el sistema y nivel organizacional mediante diferentes soluciones sintácticas o semánticas [243].
- **Implementación de tecnologías emergentes:** Interoperabilidad entre la arquitectura IoT y otras tecnologías emergentes (Unmanned Aerial Vehicles, AI, BD, etc.) con el fin de adicionar a la solución nuevas características, como inteligencia, utilidad, modularidad, etc.
- **Modularidad (también conocida como flexibilidad):** Integración de tecnologías heterogéneas. Puede referirse a arquitectura de red modulares [252] en donde se integran protocolos de comunicación heterogéneos con el fin de mejorar rangos de transmisión, requerimientos de potencia en todo el sistema y rendimiento; proveer funcionalidad personalizable al granjero de acuerdo a sus necesidades [253][254] brindando al sistema de características escalables [255] [256].
- **Útil:** Un producto es útil si sirve para lo que fue diseñado [257]. La solución cumple con su propósito.
- **Eficiencia:** Una solución IoT es eficiente si cumple con su propósito consumiendo la menor cantidad de recursos disponibles en el sistema (energético, datos, etc.)
- **Inteligencia:** Capacidad de un sistema el cual puede procesar y actuar en base a la información capturada a nivel sensorico empleando tecnologías emergentes como machine learning (ML), data mining, etc., con el fin de emular un comportamiento humano[243].

- Propósito: *“Propósito general o meta específica”*. [243]. En este caso, se refiere al uso de la tecnología para monitorear, analizar, gestionar, controlar con el fin de optimizar los recursos empleados en el proceso productivo.
- Confiabilidad: La norma ISO/IEC 30141 establece que todos los sistemas IoT deben tener la propiedad de calcular un grado de confianza que permita establecer el funcionamiento correcto del sistema.
- Tipo de licencia: Producto abierto o propietario.

DIMENSIÓN MOTIVACIÓN DE USO (DMU): Hace referencia a la incorporación de objetos que faciliten la interacción solución – campesino.

- Ergonomía: La solución optimiza la interacción entre el trabajador con su ambiente de trabajo [258]. Este apartado puede interpretarse en cómo las soluciones IoT benefician al campesino, al evitar que interactúe con dispositivos que deterioraban su salud, ya sea por una mala postura adoptada o por la intervención hombre-máquina.
- Usable: Según Interaction Design Foundation [257] la usabilidad evalúa la calidad de un producto en relación al placer generado en su uso, la simpleza y su efectividad. David McQuillen [259] citado en [257] se refiere a la usabilidad como un aspecto relacionado al comportamiento: *“El humano es perezoso, emocional y no le interesa esforzarse”*. Así que usable hace referencia al uso de un producto que no represente un esfuerzo significativo y suscite emociones positivas alrededor de su uso. También se puede hablar del nivel mínimo de experticia necesaria para su operación [243].
- Eficacia: El producto, bien o servicio satisface las necesidades o expectativas del agricultor.

DIMENSIÓN CONTEXTUALIZACIÓN (DC): Hace referencia a la incorporación de elementos socioculturales propios de la región, con el fin de generar reconocimiento y motivar su uso con el fin de facilitar la adopción de nuevas tecnologías [260] y preservar las tradiciones[261]. Si bien la globalización ha traído como consecuencia un mercado en donde las compañías de manufactura de cualquier sector diseñen soluciones estandarizadas, el éxito de cualquier producto, bien o servicio está en cómo pueden implementarse variantes que le permita ser comercializado en una cultura y así resolver sus necesidades [262]. Se sugiere realizar una investigación que determine los significados imbuidos a los elementos pertenecientes a la cultura de la región, como el color, formas, y simbología las cuáles están atadas a las tradiciones [263]. El trabajo de [8] citado por [264] introduce el término de marcadores culturales, como una combinación de símbolos de la cultura local, asociados a la letra, colores íconos, formas de navegación, imágenes, lenguaje y metáforas, que ayudan a mejorar el desempeño de sus usuarios:

- Color: empleo de colores reconocibles en la cultura de la región. Cada color en una cultura diferente ofrece un significado distinto [265], por lo que el diseñador debe enfocar una investigación que le permita determinar los colores empleados por la comunidad y su significancia. Usualmente, los diseñadores emplean paletas de colores siguiendo razones estéticas o de conocimiento anecdótico en relación a la cultura, y esto representa parte de las barreras en la adopción tecnológica [266]. De acuerdo a estudios realizados con apoyo del

semillero AGRIOT, los colores reconocibles por las comunidades campesinas se encuentran en los textos empleados para la enseñanza de lectura en la primera infancia (Nacho Lee).

- Imaginario: La solución debe emplear elementos reconocibles y que permita al usuario reflejarse, mientras se evita el uso de objetos que sean tabú dentro de la comunidad. FAO sugiere el uso de elementos reconocibles en el contexto rural, como, por ejemplo, preferir fotos de los lugareños a fotos descargadas de sitios de diseño [152].
- Tamaño y tipo de letra: El desarrollo de la interfaz gráfica asociada a la solución IoT implementa un tipo de letra legible a simple vista, contrastante con su fondo y permite su graduación.
- Metáfora: De acuerdo a [267] citado en [264], metáfora es transformar una idea conceptual en otra. No sólo está relacionada con el lenguaje, sino en la forma de pensar [44]. Se emplean como estrategia para ayudar a un novato a entender el sistema [264]. La mayoría de las metáforas se basan en la cultura de la región, siendo una combinación de colores, tipo de letras, íconos, lenguaje y animaciones.
- Íconos e imágenes: emplea el imaginario y usa metáforas articuladas con la cultura de la región. Debe mantenerse lo más simple posible, de preferencia en fondo blanco, o puede emplearse una fotografía con el campesino en relación al propósito de la solución [268]. Debe usarse un estudio de co-creación para que los desarrolladores identifiquen la iconografía reconocible y que pueda funcionar mejor con la cultura local.
- Lenguaje: la interfaz de usuario empleada para la interacción hombre máquina asociada a la solución IoT, permite la interacción de personas iletradas, con educación formal limitada, Emplea características etnográficas reconocibles en el desarrollo del oficio. El dialecto digital no se habla en comunidades rurales. Así que debe emplearse palabras extraídas de su contexto [269].
- Sensible a la comunidad: La solución IoT fue desarrollada con el fin de mejorar el bienestar de la comunidad rural, al disminuir su carga laboral o las horas destinadas en el proceso productivo. También hace referencia a la participación activa de la comunidad rural en el desarrollo de la solución, ya sea en forma de espacios para la co-creación, encuestas, entrevistas, prueba de usuario, etc.

INTERSECCIÓN ENTRE DIMENSIONES

Algunos elementos no pertenecen completamente a una dimensión, sino que comparten características entre dos o más dimensiones:

INTERSECCIÓN ENTRE DMU Y DC:

- Hedonismo: Capacidad del ser humano de sentir, retener y responder a la belleza, al placer y a la recompensa cuando interactúa con una tecnología [270]. Este apartado evalúa elementos empleados en la interfaz humano-máquina que susciten una experiencia positiva en el campesino. Se sugiere que estos elementos deben ser reconocibles por su usuario, y que la solución está determinada por un beneficio utilitario reconocido por el usuario. Los consumidores hedónicos eligen sus productos basados en la posibilidad de recibirlos como regalos, con descuento, como producto de una promoción o cuando un grupo de consumidores tiene el equipo [215].

- **Habitus:** Bourdieu [271] define el *habitus* como un conjunto de disposiciones para apreciar o hacer ciertas cosas. En este ámbito, se define que una solución IoT contempla el uso de un servicio adecuado de extensión agrícola [272] para modificar el *habitus* de un campesino o la comunidad rural [273], y con eso fomentar la integración de tecnologías emergentes.
- **Contenido:** La distribución e información mostrada por el sistema, es suficiente para entregar la información al campesino.
- **Culturabilidad:** Este término aparece por primera vez en [8] y es citado por [264], en donde los elementos empleados son la unión entre la “cultura” e “usabilidad”. Se emplean marcadores culturales como forma de asistencia para el usuario en el uso de la herramienta, bien, producto o servicio.

INTERSECCIÓN ENTRE DMU Y DT

- **Fácil mantenimiento:** El sistema desarrollado no necesita un conocimiento técnico o superior. Los elementos empleados en la solución son de fácil consecución
- **Innovación del servicio:** [274] define a la innovación del servicio como la solución desarrollada mejora la productividad y la calidad en un área del sector establecido. Una segunda definición, ofrecida por [8] menciona la creación de actividades de valor que puede generar nuevos trabajos productos o servicios.
- **Retroalimentación:** La solución IoT consideró en su diseño mecanismos de monitorización continua que le permite a los desarrolladores revisar el estado del sistema, y verificar la interacción entre el campesino que tiene con este.

INTERSECCIÓN ENTRE DT Y DC

- **Tiempo real:** sistemas IoT que reaccionan en un tiempo corto a eventos generados por condiciones desencadenantes capturados por sensores remotos. El sistema debe tener la capacidad de minimizar el uso de la batería mientras soporta tiempos de respuesta entiendo real haciendo que los sensores estén diseñados en intervalos de tiempo adecuados para reaccionar a las limitantes del tiempo real [275].
- **Sostenible:** Una solución IoT es sostenible, cuando puede ser instalado por la mayor cantidad de campesinos de la comunidad, su desarrollo tomó en cuenta los diferentes actores regionales, de tal forma que al ser implementado en un proceso productivo no va a ser minimizado debido a interrupciones como la pérdida de financiamiento o la culminación del proyecto³⁹.
- **Robustez:** La solución puede ser instalada en diferentes escenarios sin afectar su propósito con mínimos cambios. Esto considera optimización del uso de la batería, trabajo en ambientes adversos (lluvia, polvo, temperaturas extremas, etc.) y un sistema autónomo que pueda capturar información aún si se desconecta del sistema principal.
- **Efectividad:** La solución es efectiva cuando es eficiente y eficaz.

³⁹ Esta definición fue tomada siguiendo las directrices encontradas en <https://digitalprinciples.org/principle/build-for-sustainability/>

- Escalabilidad: Capacidad de un sistema IoT en mantener un rendimiento real sin importar a ser sometido cambios (número de usuarios, disponibilidad de recursos, patrones de interacción y movilidad, tamaño, características de los dispositivos.). [243]
- Sensórica - Recolección de datos establecida en la capa 1 de la arquitectura IoT a partir de sensores.
- Uso de tecnologías maduras: Adaptación de tecnologías maduras en las soluciones IoT con el fin de ofrecer otros mecanismos de interacción con el usuario.
- Reduce el riesgo de desastres: Además de su propósito, la solución incluye características que puede emplear la comunidad rural para la mitigación de desastres causados por el cambio climático, como alerta de sequía, inundaciones, etc.

INTERSECCIÓN ENTRE DMU, DT Y DC:

- Fácil implementación: esta característica se da cuando la instalación de un nuevo hardware o software es plug and play, es decir, los dispositivos funcionan tan pronto son conectados al sistema sin necesidad de un manual.
- Diseño para la vejez: Cuando se habla de comunidades rurales, desde los niños hasta los ancianos son trabajadores. Es por ello que la solución implementada debe implementar interfaces mecánicas, electromecánicas y táctiles, que puedan ser manipuladas por todos en la comunidad, así como demás aspectos físicos, cognitivos, de control y lenguaje [276].
- Costo / Beneficio: Hace referencia a una mejora en la efectividad del proceso productivo con la adquisición de la solución IoT, representado en un retorno de la inversión. Usualmente se refiere a soluciones de bajo costo al implementar elementos comerciales de venta al público [252].
- Servicio al cliente: Redefiniendo el concepto definido [277], el sistema debe poder ofrecer retroalimentación que le permita a los investigadores analizar los resultados de forma conjunta con el usuario final en un contexto de manipulabilidad, estructura y contexto, desarrollar pautas (entre campesinos y desarrolladores) que les permita incorporar de forma adecuada, áreas culturales más sensibles y la implementación correcta de conceptos.
- Interacción: El sistema IoT cuenta con múltiples tipos de entrada de información (mecánica, electromecánica o táctil) [278] que el campesino encuentre fácil de usar y placentera.
- Accesibilidad: El producto, bien o servicio puede ser usado por toda la comunidad [278], [279] y sus actores. En cualquier momento, en cualquier lugar, los usuarios de la tecnología pueden ingresar a la información suministrada por el sistema a través de mecanismos dispuestos por los desarrolladores.
- No intrusivo: El sistema no entorpece el correcto desarrollo de la actividad productiva del campesino.
- Utilizable: Hace referencia a la propiedad de un objeto, bien o servicio, que sea útil y usable[257].

Como propuesta evaluativa, se seleccionó como herramienta una Evaluación Heurística desarrollada en conjunto con la ingeniera Mery Caro, que consta de un total de 157 preguntas, todas dirigidas a medir existencia de los diferentes requerimientos pertenecientes a las tres dimensiones. La prueba no fue modificada con el fin de generar un contraste de resultados entre la solución AGRORIEGO V1 evaluada

en el 2020 y la solución AGRORIEGO V2⁴⁰ desarrollada en el 2022. Los resultados podrán ser revisados en la sección RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

5.1.4 Promoción y divulgación

En colaboración con SENA Tecnoacademia Nodo Vélez, se gestiona un webinar con el fin de compartir los resultados de la experiencia obtenidos hasta el momento. Se hace la presentación de 10 resultados, producto del trabajo investigativo del semillero, y entre los temas a tratar se encuentra el uso contextualizado de tecnologías para el sector agrícola, tendencias en el uso de tecnologías emergentes para el riego agrícola, importancia de implementar de forma activa los servicios de extensión agrícola en las soluciones propuestas y la necesidad de implementar elementos reconocibles en los prototipos desarrollados.

Figura 66. Material publicitario empleado en el webinar.

Hérika Bibiana Ariza González tiene el gusto de invitarlos a participar al ciclo de eventos de divulgación tecnológica EDT "Soluciones integrales basadas en IoT: Hacia la tecnificación de los pequeños y medianos agricultores, a partir de inteligencia artificial y experiencia de usuario" organizado por Tecnoacademia Nodo Vélez sub sede Cimitarra.

SENA

La experiencia de usuario como elemento estratégico para el desarrollo de soluciones IoT

Conferencista:
Semillero AGRIOT
Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB

MIÉRCOLES 25 DE NOVIEMBRE
10:00 AM
[HTTPS://BIT.LY/AGRIOT_SENA](https://bit.ly/agriot_sena)

zoom

Los interesados por favor inscribirse en el siguiente link:
<https://forms.gle/uJ8w7K3JP03pPFHM7>

TECNOACADEMIA

Soluciones integrales basadas en IoT:

Hacia la tecnificación de los pequeños y medianos agricultores, a partir de inteligencia artificial y experiencia de usuario

11 de noviembre:
Diseño de soluciones integrales en IoT en agricultura, para la generación de Innovaciones y la competitividad empresarial

18 de noviembre:
Identificación de retos y oportunidades mediante IA, para creación de soluciones IoT en el sector agricultura

25 de noviembre:
La experiencia de usuario como elemento estratégico para el desarrollo de soluciones IoT

unab **TECNOACADEMIA** **SENA**

El conocimiento es de todos. **Integración** **El cambio es de todos. **Innovación****

Fuente: Agradecimientos AGRIOT

Se publica las buenas prácticas prácticas IoT agrícolas en el capítulo de libro *Trends and Applications in Information Systems and Technologies*, [161] del 2021, en donde también se ofreció una conferencia.

⁴⁰ Solución desarrollada siguiendo el framework desarrollado en esta tesis.

5.2 RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Esta fase está relacionada hacia la identificación de elementos que pertenecerán al modelo. Estos elementos provienen metodologías pertenecientes a paradigmas cualitativos y cuantitativos, de tal forma que la primera fase asociada al objetivo 2, emplea el análisis de contenido, el cuál será evaluado a la luz de las buenas prácticas IoT agrícolas con el fin de seleccionar aquellas que ingresan al framework y los resultados se evalúan con pares expertos en IoT. La segunda fase es un análisis se desarrolla mediante un modelamiento de tópicos, técnica de NLP que asocia palabras con una cercanía vectorial. Estos resultados se contrastan con los resultados obtenidos por en la fase anterior con el fin de obtener conclusiones alrededor de los conocimientos experimentados y lo que se transmite en la academia. Como planteó un framework centrado en el usuario, la tercera y cuarta fase va asociada a caracterizar los diferentes modelos y/o desarrollos empleando este enfoque, así como una caracterización del campesino santandereano.

Los resultados obtenidos serán empleados en la articulación del framework, el cual será evaluado en el siguiente objetivo.

Cuadro 17. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 2

Fase asociada al objetivo 2	Actividades
Selección de los procesos que pertenecerán al framework	Comparación de los diferentes elementos identificados, seleccionando comunes y los que pueden ser complementarios o respondan a las buenas prácticas identificadas Evaluación de los diferentes elementos identificados con la definición de buenas prácticas IoT. Definición de los procesos seleccionados
Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT	Extracción de palabras más relevantes del corpus textual con el fin de identificar cadenas de texto más significativas. <ul style="list-style-type: none"> • Tokenización • Normalización de minúsculas • Caracteres especiales • Remoción de stop Words, palabras vacías • Corrección ortográfica • Lematización Análisis general de los datos: análisis de N-gramas (mono-gramas, bi-gramas, tri-gramas) Generación de nube de palabras de respuestas analizadas. Analizar la similitud de palabras dentro de los textos recopilados Clasificación de palabras dentro de tópicos Etiquetado de tópicos Resultado de modelado de tópicos
Caracterización de modelos	Identificación de modelos centrados en el usuario a partir de revisión de literatura Identificación de elementos empleados en los sistemas centrados en el

Fase asociada al objetivo 2	Actividades
experiencia/centrado en el usuario	usuario Matriz de relación entre elementos identificados de modelos centrados en el usuario con procesos de transferencia tecnológica identificados
Caracterización del pequeño productor agricultor	Estudio de casos para la realización de pruebas en usabilidad y UX en zonas rurales enfocadas en IoT Caracterización de pequeños productores campesinos por medio de revisión de literatura Diseño de instrumento para caracterización de pequeño productor campesino santandereano. Preparación del corpus a partir de documentación agrícola colombiana Preparación de metodología para etiquetado de entidades empleando NER Clasificación de actores de acuerdo con su rol
Articulación de los elementos en el framework	Relacionar las buenas prácticas identificadas con NLP con las variables que afectan la transferencia tecnológica de soluciones IoT de riego Clasificación de las buenas prácticas de transferencia IoT identificadas por NLP con los procesos seleccionados Revisión de estrategias para la articulación de los diferentes elementos seleccionados, manteniendo al usuario como centro Interrelación de los diferentes procesos a partir de la información obtenida en las diferentes fases Indexación de los actores identificados

5.2.1 Selección de los procesos que pertenecerán al framework

Para este apartado, se realizaron tres búsquedas: modelos de transferencia tecnológica, modelos de transferencia tecnológica universitaria y modelos de transferencia tecnológica agrícola. El resultado de la primera comparativa, puede encontrarse en el capítulo MARCO TEÓRICO en el apartado Definiendo la transferencia tecnológica. Los resultados de la segunda búsqueda se dan también en el mismo capítulo, en el apartado ¿Extensionismo agrícola o transferencia de tecnología agrícola?.

En esta sección, se hablará del modelo de transferencia tecnológica universitaria, y se realizará un comparativo entre los tres modelos, a fin de identificar similitudes entre procesos, y cuáles pueden acoplarse a un proceso de diseño.

- 4.1 Para este apartado, se buscaron modelos de transferencia tecnológica de universidades reconocidas como TOP en innovación (ver
- 4.2 **Cuadro 17**). La tabla se podrá revisar en la sección ANEXOS: **ANEXO 3. Codificación temática alrededor de la transferencia tecnológica IoT.**

Entre los resultados, se encuentra un conjunto de prácticas que fueron seleccionadas siguiendo los siguientes criterios:

- a. Fue identificado en un documento científico, y
- b. Halla aparecido como estrategia en el estudio de las universidades TOP y,
- c. Según la revisión con pares, puede ser implementada en organizaciones de investigación y desarrollo.

Las prácticas seleccionadas fueron las siguientes:

1. Prácticas identificadas en relación a las características de los proyectos de investigación
 - 1.1 Cuando se piensa en la generación de un producto, bien o servicio, este debe estar pensado en la transferencia de tecnologías blandas y duras [280].
 - 1.2 El proyecto debe tener un componente de vigilancia tecnológica y estudio comercial, que posibilite evaluar el contexto de la innovación [281] y así ofrecer un valor agregado que pueda competir en su entorno [282].
 - 1.3 Buscar otras fuentes de financiación diferentes a las ofrecidas dentro del proyecto de investigación [283] y que vaya acorde a las necesidades del proyecto y a sus resultados.
 - 1.4 Los proyectos de investigación deben ser comunicados de forma activa en diferentes canales (clúster empresarial, académico y social) a fin de atraer la atención de inversionistas y generar en su audiencia confiabilidad y renombre en la institución

2. Prácticas identificadas en relación a los actores de investigación y desarrollo:
 - 2.1 Los investigadores deben trabajar únicamente en su investigación: La academia manifiesta de forma reiterativa, que los investigadores no pueden ejercer otra profesión aparte de ser investigadores. Pueden ser docentes – investigadores (con el fin de mantener activo el carácter innovador de la academia), pero no participar en actividades administrativas, ni de propiedad intelectual, ni otra aparte de su oficio.
 - 2.2 Se sugiere que los investigadores lleven notas de sus adelantos, y que estos sean depositados en un lugar para su posterior revisión. Esquemas, sketch, dibujos, bocetos, notas en papel [284]. Todo es importante y debe ser depositado y almacenado. Debe estar al alcance de todo el equipo de investigación, y de preferencia, debe dejarse un registro de los adelantos del proyecto (puede ser en forma de bitácora). Alguien del equipo, puede digitalizar la información y ubicarla (dependiendo de los privilegios negociados con anterioridad) al resto de investigadores.
 - 2.3 Se sugiere el empleo de gestores documentales y estrategias tipo KABAN que permita comunicar a colegas y administradores, logros del proyecto. En la documentación se identificó los reportes tipo “EUREKA” [285], aunque hay estrategias más actualizadas como TRELLO.
 - 2.4 Se considera como buena práctica el empleo de diagramas de flujo para la comunicación de ideas entre los diferentes investigadores [286]. Actualmente, existen software para el desarrollo de esquemas que se puede compartir entre miembros de un equipo como por ejemplo MURAL.
 - 2.5 Interactuar y participar en eventos de dominio público académico [287], además de propiciar espacios en donde se comunique de forma adecuada los hallazgos a la comunidad objetivo [288].

- 2.6 En lo posible, seleccionar medios de ciencia abierta para la divulgación de información académica. [281]: Además de propiciar la creación de un canal entre ciencia y sociedad, acelera el desarrollo de innovaciones y la comunicación de hallazgos en medios que, por sus características, tiene la probabilidad de ser observados por una comunidad más amplia [288].
3. Medición de capacidades en los grupos de investigación
- 3.1 Se sugiere que los equipos de desarrollo tecnológico sean multidisciplinarios [233] [284] y que entre sus participantes se encuentren trabajadores del sector industrial[281]. Con esto, se logra potenciar el canal entre la industria y academia, así como el traslado de ideas y capacidades, identificar fácilmente potencialidades industriales y facilitar estrategias de diseño y desarrollo.
- 3.2 El equipo de investigación debe contar con un instrumento que les permita evaluar el personal, teniendo en cuenta los requerimientos presentes y futuros del proyecto. Esta auditoría debe ser externa al equipo investigativo, y de preferencia, de un equipo de investigación con proyectos similares que pueda retroalimentar experiencias. OXENTIA recomienda dos tipos de estrategias⁴¹:
- a. Técnica del Faro: La cabeza de propiedad intelectual en las organizaciones de investigación y desarrollo lanzan convocatorias y los grupos de investigación las atienden. Ellas mantienen esquemas de evaluación de proyectos anteriores exitosos, y con base a esos resultados, evalúan el personal del grupo.
 - b. Por auditoría: La organización contrata una organización externa y con experiencia para que audite a todo el personal perteneciente a la organización.

De las dos consideraciones anteriores, la técnica del faro es la más económica y rápida, ya que quienes atienden a las convocatorias son investigadores que, de antemano, saben que cumplen con las disposiciones. El más completo (pero costoso y toma tiempo) de las dos estrategias, es auditoría, y se recomienda ser practicada cada cierto tiempo.

4. Con respecto a la propiedad intelectual:
- 4.3 La universidad (o unidad de protección intelectual – PI) debe hacer un seguimiento cercano al desarrollo de la idea: Desde el inicio del proyecto, un representante del equipo de propiedad intelectual debe hacer visitas al grupo de investigación con el fin de coordinar esfuerzos para que su desarrollo sea comercializable[289] .
- 4.4 Proteja, luego publique: Esta práctica es la más difícil de implementar, ya que los investigadores de organizaciones de estudios superiores (como universidades) son usualmente obligados a publicar (inclusive, existen políticas gubernamentales en donde el escalafón depende de las publicaciones desarrolladas). Lo que se aconseja desde la transferencia tecnológica, es presentar el registro de PI antes de publicar el artículo académico, cuando se considera que uno de los requisitos para asignar esta protección es su carácter innovador [287].

⁴¹ Estas estrategias fueron recomendadas por OXENTIA, en su curso: INTRODUCCIÓN A LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA.

4.5 Negocie los PI antes de iniciar un proyecto: Cuando un proyecto de investigación tiene como socio a varios estamentos universitarios u organizaciones que trabajan en conjunto, se recomienda que todas las partes negocien y firmen un acuerdo de propiedad intelectual [290]. Se sugiere que este acuerdo beneficie las partes de acuerdo a su participación, en donde la entidad con mayor contribución obtenga mayores derechos [291].

Cuadro 18. Comparativa universidades TOP 5 reconocidas en innovación

PARTES DEL PROCESO	CHILDREN'S HEALTHCARE OF ATLANTA CHOA.ORG	AALBORG UNIVERSITY	UCLB Comercializador Tecnológico de University College London	Oficina de cooperación en Investigación de Yale
Página WEB	http://bit.ly/Proceso_TT_CHOA	http://bit.ly/U_AALBORG_TT	http://bit.ly/TT_UCLB	http://bit.ly/UVALE_TT
Empaquetador tecnológico	Oficina de Innovación y Transferencia Tecnológica (OITT)	Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT)	Business Manager	OCR - Office of Cooperative Research
Investigación	Resultado de investigación en el desarrollo de la propiedad intelectual (PI)	Notificar la invención a la OTT Envío a agencia de patentamiento que clasificará si la invención es novedosa y representa un paso inventivo. OTT realiza evaluación comercial de la invención; contacta redes de profesionales, compañías e inversores. Cuando el examen de novedad termina se envía a la OTT, el cual emite al interesado la retroalimentación.	IP: Intellectual Property Creación de la mente, tal como las invenciones; trabajos literarios y artísticos; símbolos, nombres e ímágenes empleadas en el comercio. Tiene métodos de protección de propiedad intelectual (patentes, know how, copyright, derechos de diseño y trademarks)	Define el proceso de observación y experimentos que conducen a descubrimientos e inventos. Un invento es cualquier proceso útil, máquina, composición de la materia, o cualquier mejora nueva o útil de la misma. A menudo, producto del esfuerzo de varios investigadores
Pre-sometimiento	Presentación del formulario de divulgación de la PI, incluyendo los que contribuyeron en ella, cómo se financiará y divulgará. Inicia el proceso por parte de la OITT	- La universidad se hace cargo de los derechos de la invención e inicia el proceso de comercialización activa. - La universidad decide no hacerse cargo de los de los derechos de la invención y los	Tecnología con potencial de comercialización o aplicación y que puede impactar a investigaciones.	Contacto temprano con el personal de la OCR para discutir sobre la invención y orientación con respecto a procesos de divulgación, evaluación y protección.
Divulgación de la propiedad intelectual				Notificación por escrito de la invención a la OCR iniciará el proceso forma de transferencia tecnológica (TT).
Evaluación tecnológica	Evaluación del mérito tecnológico, potencial comercial, panorama de patentes, estado del desarrollo para detectar si hay un valor o la mejor estrategia para comercializar. Proceso colaborativo entre la oficina de innovación y transferencia tecnológica y sus contribuyentes.	Lograr el mejor resultado en términos de proyección de novedad, comercialización y el potencial de patentamiento de su invención. Estrategia de comercialización: 1. Intención del inventor con su invención. 2. Escalabilidad y etapa técnica del inventor 3. Recursos R&D y actividades necesarias para generar interés de los negocios. Detalles sobre para qué usar la invención, y seleccionar las aplicaciones a ser comercializada.	Evaluar si la idea está alineada con las necesidades del mercado y justifica el aprovechamiento de los recursos. 1. Necesidad insatisfecha 2. Evaluación del mercado 3. Competencia 4. Obstáculos técnicos 5. IPR 6. Costos de desarrollo 7. Camino de desarrollo	Periodo en el cual el representante del OCR y el desarrollo del invento realiza una búsqueda de patentes (en caso de ser necesario), analizar el mercado y panorama competitivo a fin de comercializar la invención. El proceso de evaluación puede conducir a una ampliación o perfeccionamiento de la invención, guiando la estrategia adecuada para la concesión de licencias a una empresa existente o la creación de una nueva empresa.
Estrategia (Sólo se da si la universidad adquiere la invención)				
Protección	Aplicación de patente Registro de copyright/trademark Obtención de protección IP formal o protección en todas las instancias para comercializar de forma exitosa la IP	Cuál es el valor de contribución única de la invención? Cómo se le puede dar valor? Cómo la innovación mejora las soluciones existentes? 4. Empresas/Inversionistas específicos son contactados con el fin de verificar intereses comerciales en la invención	Patente: Acuerdo entre inventor y gobierno con el cual el inventor tiene derecho a comercializar su invención durante 20 años. Las entidades comerciales están dispuestas a solicitar estos derechos mediante una remuneración financiera para asegurar ventaja competitiva, especialmente si se requiere una inversión en el desarrollo	Método de protección legal común, iniciando por la oficina de patentes y/o oficina de patentes extranjeras. Una vez presentada una solicitud de patente, se necesitarán varios años y muchos miles de dólares para obtener patentes emitidas por las oficinas de patentes requeridas. Otras opciones de protección incluyen protección de derechos de autor y marcas registradas
Mercadeo	OITT busca empresarios interesados en PI. Los contribuyentes tienen un rol importante en el mercadeo, ya que a menudo los potenciales licenciatarios son identificados a través de sus redes profesionales	Invención conjunta: se contacta con compradores potenciales será limitado por cada uno de los colaboradores. Invención libre de pre-acuerdos: se contacta a los inversionistas/empresas con las que se estableció un acuerdo previo, y se discute los términos analizando las ventajas y aplicaciones de la invención, generando un interés inicial en aprender más.		La oficina de TT de la universidad, empresa o la Oficina de transferencia tecnológica (OTT) identificará las empresas candidatas que tengan la experiencia, recursos redes de negocios para llevar la tecnología al mercado. Esto podría implicar el asociarse con una empresa existente o generar una nueva empresa. a. Formar una Startup b. Relación de negocios existente
Licenciamiento Negociación	Al identificar al socio industrial, la OITT negocia un acuerdo de licencia para el uso de PI. El acuerdo de licenciamiento especifica los términos y condiciones bajo la licencias y permite el uso tecnológico y la consideración para tal uso	Acuerdo derechos de propiedad intelectual (IPR Intellectual Property Rights). Dependiendo de la naturaleza tecnológica y las necesidades de los inversores/empresarios, la negociación de los acuerdos de IPR usualmente terminan en acuerdos de licenciamiento o acuerdos de transferencia contrapago. En casos especiales, los acuerdos IPR permite la creación de spin-out. En este caso, el pago toma la forma de acciones en la compañía.	Decisión de iniciar una compañía vs licenciar la tecnología a un socio comercial. En general la posición del PI se reduce a un sólo producto, licenciar a una compañía existente puede ser apropiado y probablemente lo que más genere al inventor.	Un acuerdo de licencia entre la universidad y un tercero en el que se licencian los derechos de la universidad sobre la tecnología (sin renunciar a la propiedad) para obtener beneficios financieros y de otro tipo. Un acuerdo de licencia se emplea tanto como un negocio nuevo o como una empresa ya establecida. A veces se utiliza un acuerdo de opción que permite a un tercero evaluar la tecnología durante un tiempo limitado antes de conceder la licencia.
Producto / Comercialización	PI se desarrolla típicamente más allá por la licencia, y un producto o servicio es traído al mercado	Ocurre cuando hay un acuerdo con un negocio en el uso de la tecnología contra pago.	Cultura de colaboración académica. Llevar un registro de socios productivos en la industria que han liderado la diseminación de habilidades al sector privado. Interacciones comerciales pueden presentar desafíos no tan obvios en colaboraciones académicas con la misma capacidad o tecnología	Avance en el desarrollo tecnológico por parte de la empresa licenciataria, desarrollo de productos y/o servicios.
Lealtades	Además de un beneficio público, la comercialización del PI podría resultar en beneficios para esfuerzos en reinversión y apoyo a la investigación.	Al comercializar las tecnología, y es de interés del inventor, se facilita la oportunidad para negociar y/o aplicar para un nuevo proyecto de investigación en el mismo área de investigación. Se cierra el ciclo de innovación ofreciendo la oportunidad a nuevas investigaciones en curso e inventores.		Una parte fija de los ingresos recibido por la universidad del licenciamiento se distribuye entre los inventores, a la universidades y a otras universidades (si hubo colaboración), con el fin de financiar investigaciones y educación adicional para fomentar una mayor participación del proceso de TT.

De forma adicional se evaluaron modelos de transferencia tecnológica (TT) enfocados en el diseño. Se tomó como mecanismo de evaluación los modelos de TT de la NASA [292]–[294], Blekinge [295] , Motorola [296], un modelo propuesto para la transferencia TIC agrícola y un modelo de transferencia tecnológica orientada a la sostenibilidad rural [97].

Cuadro 19. Comparación de modelos de transferencia tecnológica con diseño

BLEKINGE [295]	MOTOROLA [296]	Pretiese & Pretorius [297]	NASA [292]–[294]	Corsi et al. [97]
PROBLEMA				
	Caracterizar el ambiente y las tecnologías usadas	Identificar stakeholders (grupos de interés), definir necesidades, determinar regulaciones gubernamentales, definir capacidades y formar una misión	Invencciones recibidas por civiles a partir del reporte NF1679	
Formulación del problema	Definir las metas organizacionales y elegir los procesos con alto retorno	Definir estándares para elegir y evaluar la tecnología		Identificar la necesidad tecnológica
Estudio de estado del arte	Crear documentos de definición de proceso para los procesos elegidos, pensados en diferentes audiencias	Buscar y generar una lista de tipos de tecnologías potenciales	Revisión de potencial de comercialización (Legal-patentabilidad, evaluación comercial, software?)	Identificar facilitadores de TT
		Realizar una evaluación tecnológica para diseñar un mapa de ruta		Evaluar las alternativas tecnológicas
		Identificar la fuente para la transferencia tecnológica		
Solución candidata		Aplicar técnicas de gestión y/o estadísticas para reducir las	Diligenciamiento de patentes con UPSTO / Ofrecimiento de PI	

BLEKINGE [295]	MOTOROLA [296]	Pretiese & Pretorius [297]	NASA [292]– [294]	Corsi et al. [97]
		posibles alternativas		
	Construir un piloto y crear documentos de lecciones aprendidas	Evaluar y desarrollar capacidades domésticas	Revisión en el mercadeo de invenciones	
		Elegir una tecnología y una fuente tecnológica		Seleccionar la tecnología
		Transferir la tecnología desde la fuente más deseable		
		Desarrollar un sistema de entrenamiento y educacional apropiado		
Validación en la academia			Fomento de publicación	
Validación estática		Instalar e implementar la tecnología	Publicación de Tech Briefs	Promocionar la infraestructura
		Realizar evaluaciones de provisiones tecnológicas y de necesidades		Iniciar negociaciones
	Mejoramiento con entrenamiento y consultoría			Realizar una planificación financiera
Validación dinámica	Desplegar el paquete en la organización	Evaluación de la transferencia tecnológica	Licencias de invención. Se paga a la NASA un impuesto por licencia	Cerrar el trato Recibir e implementar la tecnología
		No hacer nada. Continuar con las revisiones periódicas	Se le paga un porcentaje del impuesto al inventor por la NASA	Realizar un seguimiento de la implementación

BLEKINGE [295]	MOTOROLA [296]	Pretiese & Pretorius [297]	NASA [292]– [294]	Corsi et al. [97]
	Analizar los datos, evaluar las prácticas y mejorar el paquete en el proceso	Revisar si hubo un cambio en los objetivos y necesidades	Venta del producto	Almacenar y generar una retroalimentación
Difusión de la solución			Spin off	

El Cuadro 18 permite identificar con facilidad aquellos procesos que pueden ser adaptados en el framework. La Tabla 11 es el resultado de este análisis el cuál será implementado en el desarrollo del framework.

Tabla 11. Identificación de actividades a implementar en el framework a desarrollar

		TTO - UTT	Extensionismo tecnológico
<i>Actividades de investigación</i>	Etapa 1: Caracterización del entorno. Identificar el ambiente, las tecnologías empleadas en la comunidad, la necesidad de implementar nueva tecnología, los grupos de interés, las regulaciones gubernamentales y capacidades de la región.		
	Etapa 2: Estudio del estado del arte, vigilancia tecnológica y análisis empresarial: Buscar y generar la lista de tipos de tecnologías potenciales.	Revisión de potencial de comercialización	
	Etapa 3: Selección de métricas de evaluación. Definir estándares para elegir y evaluar la tecnología. Diseñar documentos de bitácoras para depósito de hallazgos.		
	Etapa 4: Realizar un mapa de ruta tecnológica que permita evaluar la tecnología en el presente y futuro de la implementación.		
	Etapa 5: Identificar canales de transferencia tecnológica adecuados para su transferencia.		
<i>Actividades de desarrollo</i>	Etapa 1: Selección de la mejor alternativa: uso de estrategias de gestión y/o estadísticas para la selección de tecnología y canal de transferencia		
	Etapa 2: Desarrollar la tecnología de acuerdo a los estándares identificados		Desarrollar un sistema de entrenamiento y
	Etapa 3: Construcción de piloto y crear documento con lecciones aprendidas	Publicación y Tech Briefs	

<i>Actividades de Validación</i>			educacional adecuado
	Etapa 1: Validación por parte de la academia. Publicación de artículos académicos.	Negociación de licencias de invención	Mejoramiento con entrenamiento y consultoría
	Etapa 2: Instalar e implementar la tecnología		
	Etapa 3: Realizar evaluaciones de previsiones tecnológicas y de necesidades		
	Etapa 4: Evaluar la transferencia tecnológica	Spin off	
Etapa 5: Analizar los datos, evaluar las prácticas y mejorar paquetes en el proceso			

5.2.2 Identificación de buenas prácticas para el desarrollo de soluciones IoT

Se emplea análisis de tópicos sobre los artículos seleccionados relacionados con el diseño de soluciones IoT para riego agrícola.

Estos artículos pasan por una etapa de limpieza, tokenización y posteriormente, entrenamiento (el libro generado en Jupyter notebook se puede visualizar en los ANEXOS: ANEXO 4. Caracterización de soluciones IoT en academia empleando análisis de tópicos.

Para poder realizar el análisis de datos, se emplea la metodología ASUM-DM (descrita en RESULTADOS). Los pasos para llegar a los resultados se indican en la **Figura 67**.

- **Adquisición de información:** Los archivos seleccionados, son clasificados de acuerdo a su temática (revisión de literatura, prototipos desarrollados, productos mínimo viable y modelos). Se trabaja con un total de 69 artículos, referente a productos mínimo viable. Para que pueda ser modelado, los archivos seleccionados deben transformarse de formato de documentos portátiles (pdf) a archivo de texto (txt)
- **Separación de contenido.** Usualmente, los artículos científicos poseen los siguiente apartados: resumen, en donde se supone se concentra la información principal del artículo; introducción, un desglose amplio del resumen; metodología, en donde los autores exponen los paradigmas empleados en el desarrollo del proyecto y/o investigación, y muestran el desarrollo de la misma; discusión (opcional) en donde se realiza una reflexión sobre los resultados obtenidos; conclusión, en donde, en forma resumida, se exponen los hallazgos encontrados en discusión (si existe) o en forma de párrafos el valor importante de la publicación y finalmente agradecimientos, en donde se pueden extraer actores asociados a los proyectos, usualmente en forma de financiadores. Para este ejercicio, y debido a su definición, se selecciona trabajar con el resumen, por lo que se realiza un código que permita clasificar la información empleando el título que la limita.

Figura 67. Pasos para realizar el análisis de tópicos

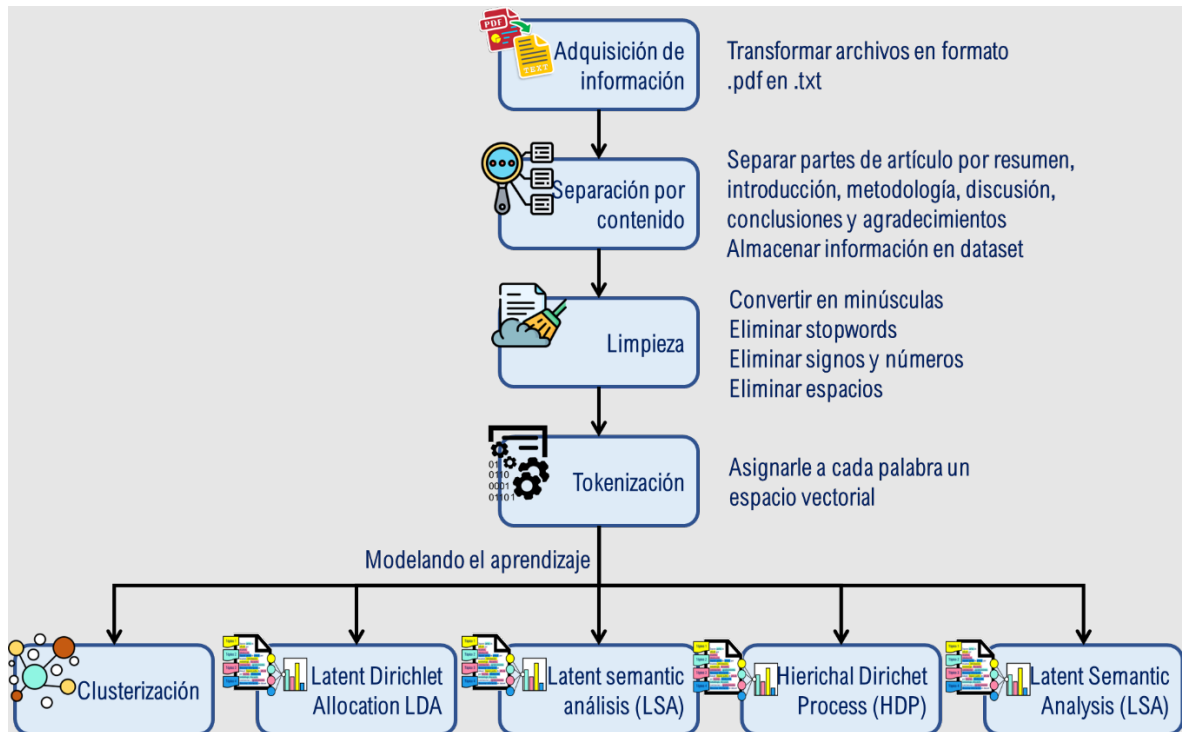


Figura 68. Clasificación de información de acuerdo a su apartado dentro del artículo

```
#crear un diccionario de artículos
articulos=[{}]

def llenar_diccionario(text,nombre_archivo):
    articulo={}
    text = re.sub('\n', ' ',text)
    text = re.sub("METHODOLOGY", "METHODOLOGY",text)
    articulo['Title']=nombre_archivo
```

- **Limpieza.** Los textos transformados de pdf a txt ingresan deformados para su análisis. Las tablas, los gráficos e hipervínculos se transforman en caracteres desconocidos, por lo que se debe implementar una etapa de limpieza que los elimina. Luego, todas las palabras se colocan en minúsculas (para que en al parte de tokenización no se le asigne otro espacio vectorial), y el texto se coloca en forma de tabla que, en este caso, se referirá con el término dataframe.

Con el fin de identificar la correcta limpieza de los textos a trabajar (el resumen correspondiente de los 65 artículos seleccionados), se realiza un gráfico de nube (ver **Figura 69**).

Figura 69. Nube de palabras con las palabras claves de los artículos seleccionados

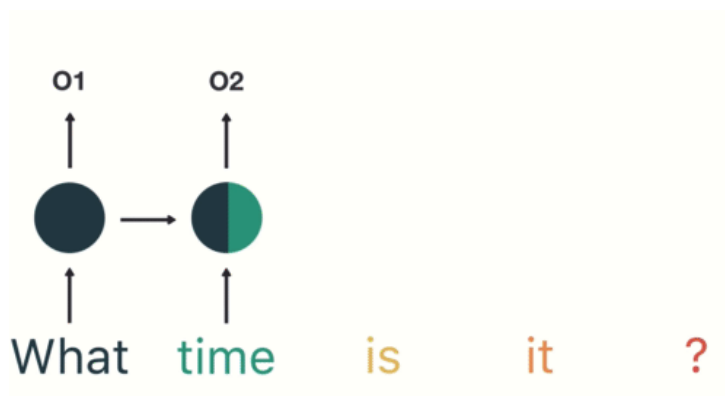


Esta práctica, ofrece al investigador un panorama global de la información a procesar. Se observan algunas de las variables identificadas en las primeras fases, las palabras agua, granjero y cultivo como importantes (después de irrigation e iot, que estuvieron en la ecuación de búsqueda).

- Tokenización.

Empleando la librería spacy en inglés (spacy.lang.en) se realiza la tokenización, el cuál es el proceso de separar palabras de una oración en entidades llamadas *tokens* [298], a las cuáles se les da un valor y una posición vectorial de acuerdo a la secuencia de palabras en la posición en la cual está localizado, tal como se puede observar en la Figura 70.

Figura 70. Proceso de tokenización



Fuente: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/05/what-is-tokenization-nlp/>

- **Modelamiento de aprendizaje**

Con el fin de caracterizar los artículos seleccionados, se emplean varias estrategias pertenecientes al análisis de tópicos.

a) Clusterización por K-means

El algoritmo de clusterización⁴² por KMeans clasifica los datos en grupos con varianza similar minimizando el criterio de inercia o la suma de cuadrados dentro del clúster. Para el análisis de tópicos, se necesita un valor aproximado para el cálculo de tópicos (un valor inicial). Para ello, se emplea el análisis de tópicos.

De acuerdo a la página de [sklearn](#), el algoritmo k-means divide un conjunto de N muestras en K elementos dentro de K grupos C , cada uno con un centro (llamado centroide) μ_j que representa el promedio de todos los elementos X .

El centroide de cada grupo K elegirá centroides para minimizar la inercia o la suma de cuadrados dentro del clúster:

$$\sum_{i=0}^n \min_{\mu_j \in C} (|x_i - \mu_j|)^2$$

La inercia puede ser reconocida como la medida que define que tan coherentes son los datos dentro del clúster. Entre más bajo es su valor, más óptima su coherencia (siendo cero un valor óptimo). No obstante, cuando los datos son demasiados, suele aparecer “la maldición de la dimensionalidad”, que es cuando las distancias euclidianas entre los datos suelen a inflarse.

Para poder obtener la cantidad de los K clústeres, existen varias estrategias, siendo las empleadas para este modelamiento el método del codo (**Figura 71**) que calcula la distancia media entre los datos con su centroide, es decir, las distancias intra-cluster. Recibe su nombre porque la cantidad óptima de clústeres se encuentra cuando la relación entre inercia y número de clústeres toma la forma de un codo. El problema con esta estrategia, tal como se observa en la figura, es que no se logró identificar el punto de inflexión y el punto de inercia era elevado.

Se decide entonces emplear el método de Calinski Harabasz (**Figura 72**) el cual calcula la suma de la dispersión del inter-clúster y la suma de la dispersión de intra-cluster para todos los clústeres (donde la dispersión es la distancia euclidiana). Para este análisis, el resultado da que la cantidad de tópicos es 5, con una puntuación de inercia de 1.407.

Con esto, se puede seleccionar clústeres de 5 hasta 41.

⁴² Clasificación de datos sin etiqueta

Figura 71. Cálculo de cantidad de clústeres por método del codo

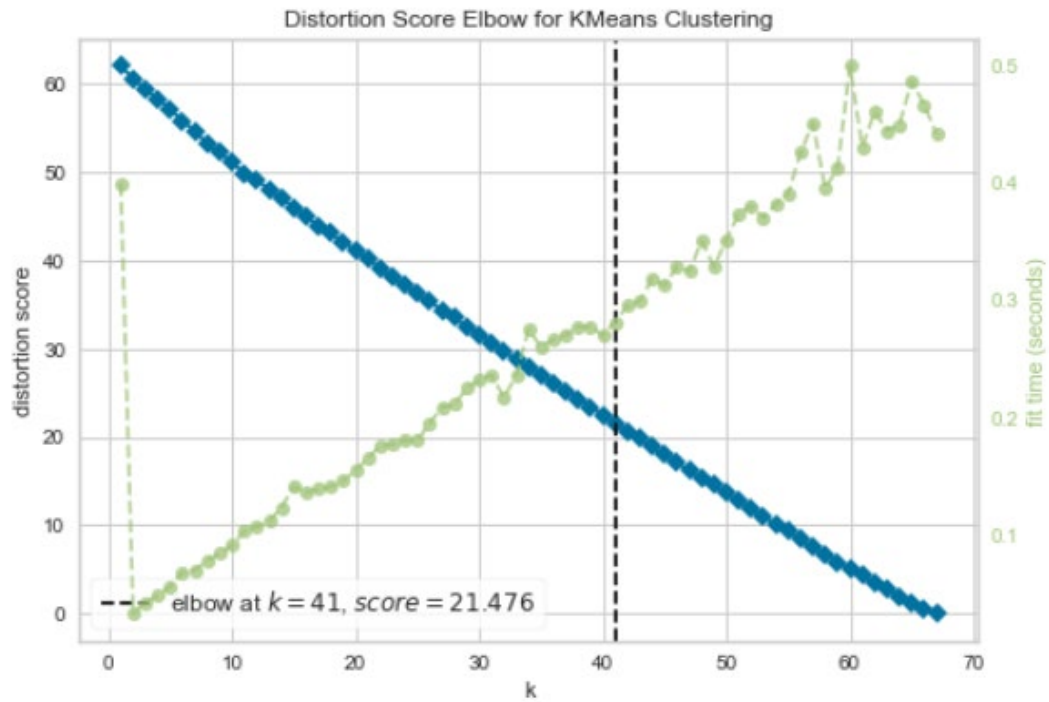
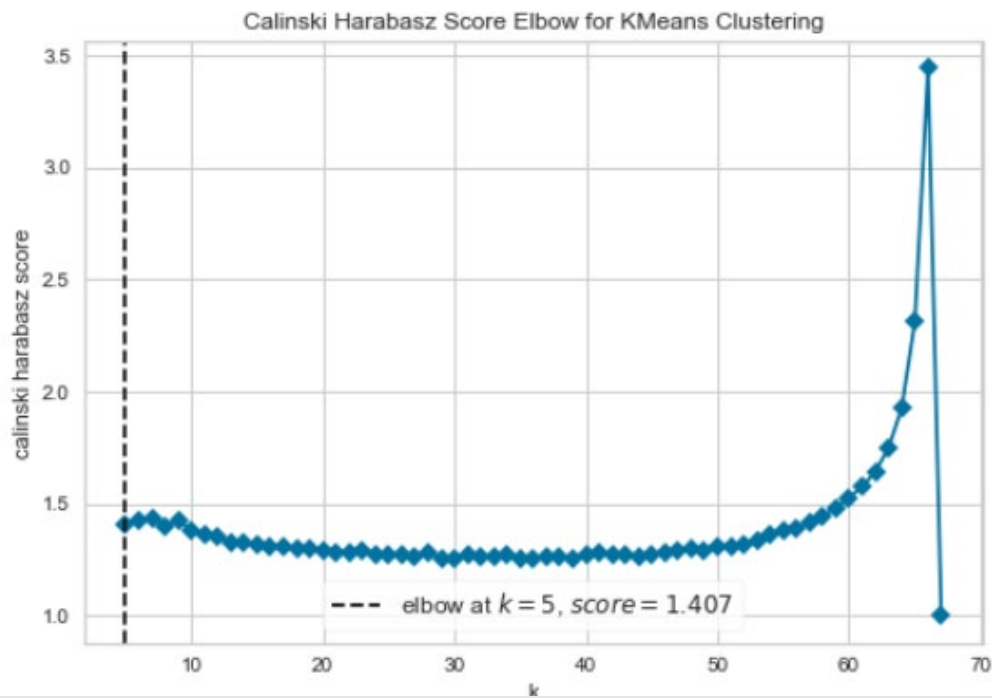
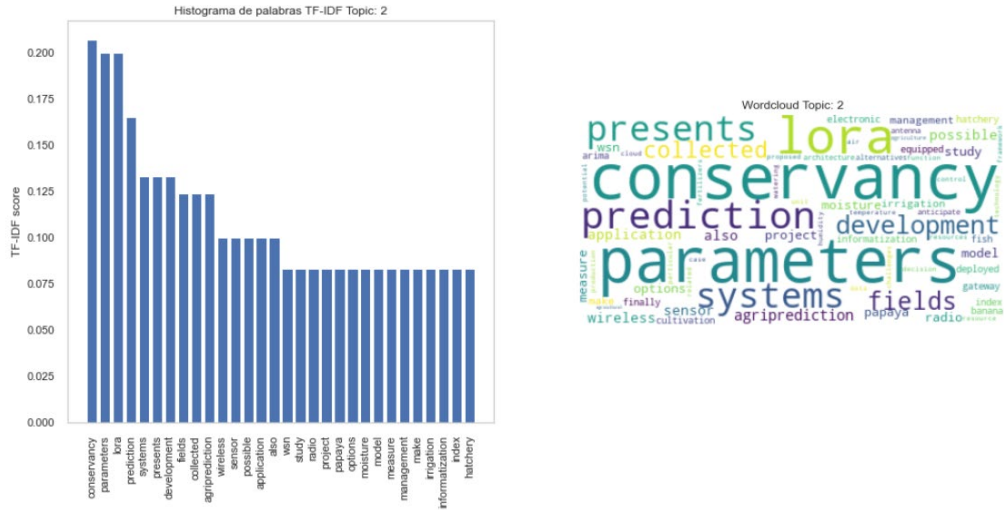


Figura 72. Cálculo de cantidad de clústeres por medio del método de Calinski Harabasz



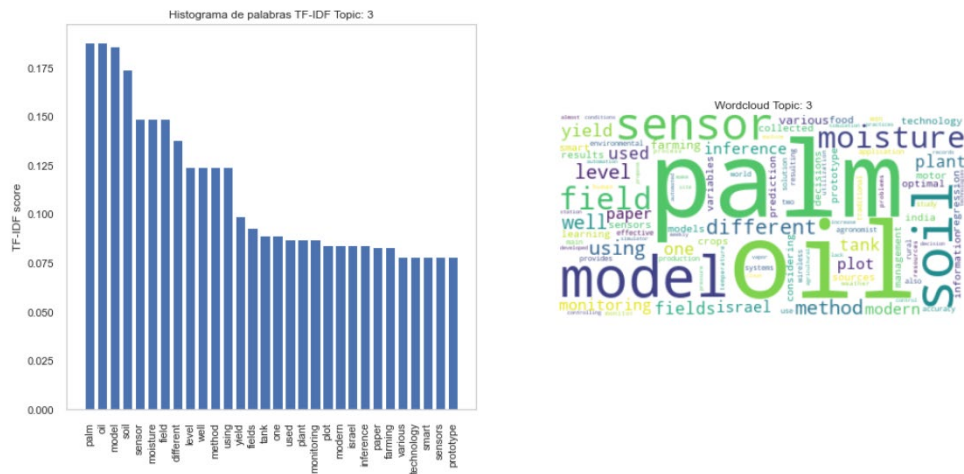
En este t3pico se concentran las variables empleadas en riego agr3colico, como humedad, humedad de la tierra. Algunas de esas variables pertenecen a par3metros propios de la evapotranspiraci3n, pero la mayor3a pertenece a caracter3sticas generales de los cultivos (cultivos de grandes 3reas). Este t3pico habla de **monitoreo de riego** otra de las buenas pr3cticas identificada por los expertos seleccionados.

Figura 75. T3pico 2: Tecnolog3as empleadas en sistemas de riego IoT



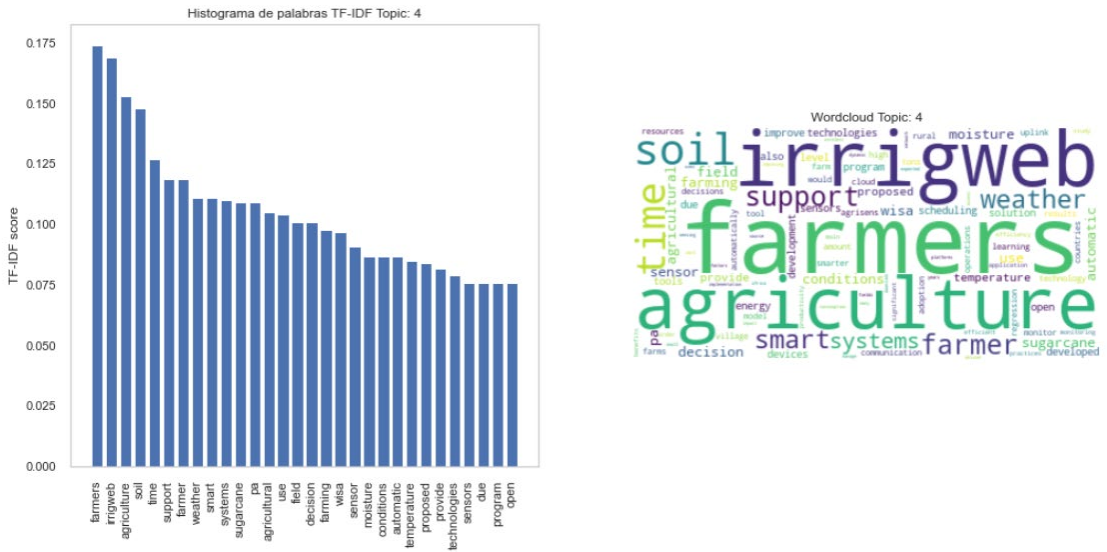
Este t3pico concentra en mostrar las diferentes tecnolog3as empleadas en los sistemas de riego, (espec3ficamente aquellos empleados en interconexi3n). Aparece LoRa como el m3s seleccionado debido a sus caracter3sticas ofrecidas en **costo/beneficio** (LoRa es el protocolo m3s econ3mico de implementaci3n y que ofrece distancias considerables de conexi3n entre dispositivos). De forma adicional, LoRa es una tecnolog3a madura (y en consecuencia su costo). Por lo que se logra identificar **uso de tecnolog3as maduras**.

Figura 76. T3pico 3: Tipos de sensores empleados en sistemas de riego



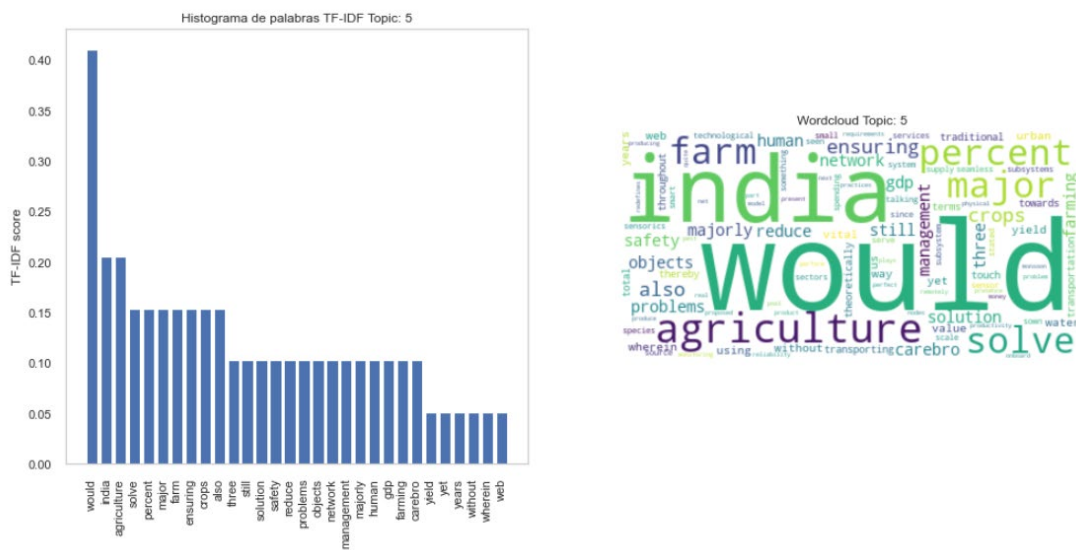
Este tópico muestra los tipos de sensores involucrados en el riego. Puede observarse sensores de tierra (calidad del suelo), humedad, nivel, etc.

Figura 77. Tópico 4: Características de sistemas de riego inteligentes



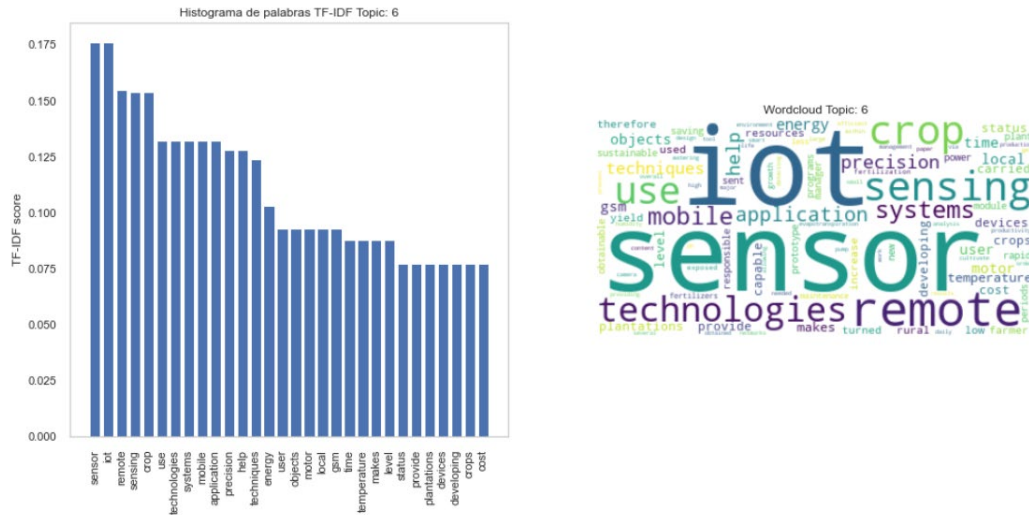
En esta ocasión, aparece el uso de inteligencia artificial, estaciones meteorológicas y agricultura inteligente. Entonces, se hace presente el **uso de tecnologías emergentes**, también mencionado en el estudio.

Figura 78. Tópico 5: Oportunidades de implementación de riego IoT



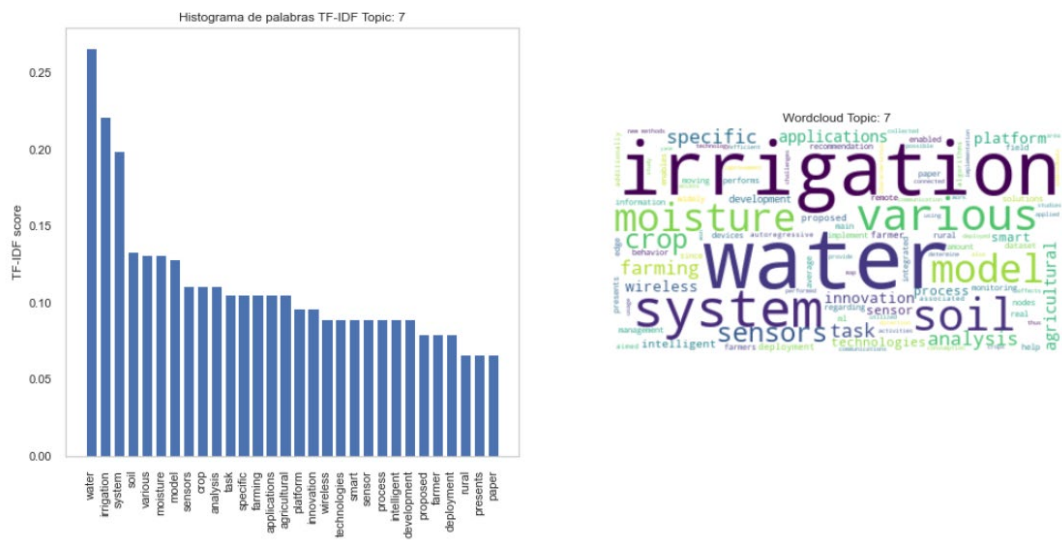
Este tópicos es interesante, porque aparece la palabra *human*, *solutions* y *objects*. No es el tópicos con mayor aparición probabilidad de aparición, pero este conjunto de palabras hace referencia a *usabilidad*.

Figura 79. Tópicos 6: Parámetros empleados para el diseño de soluciones IoT de riego



Este tópicos menciona los parámetros que se toman en cuenta cuando se construye un sistema de riego automatizado. Habla de dispositivos, cultivo, control remoto, conexión global, etc. complementando el tópicos 3 y el tópicos 8.

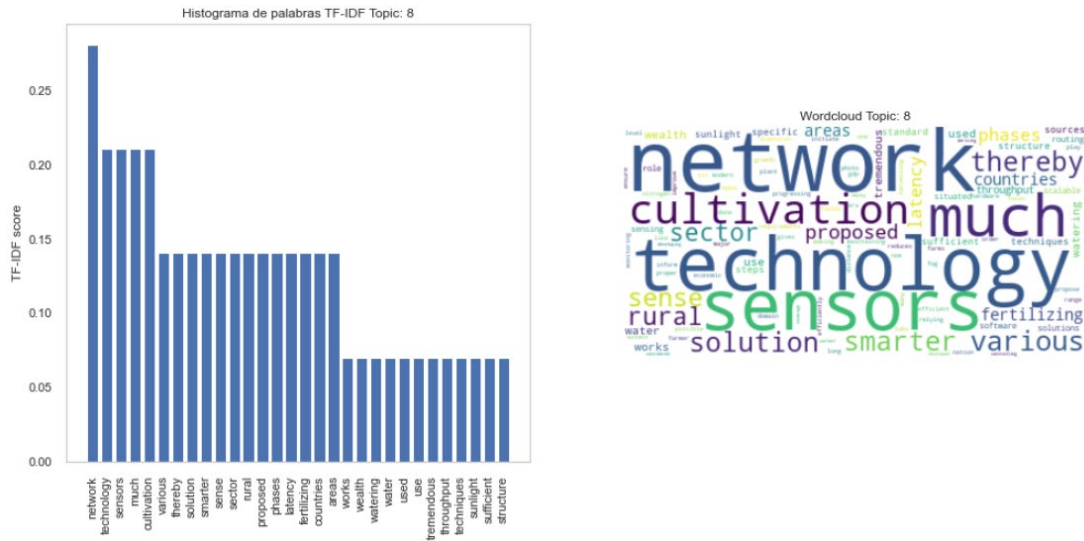
Figura 80. Tópicos 7: modelado de sistemas IoT de Riego



Este tópicos está relacionado con el modelamiento de sistemas de irrigación de agua. A esta clasificación pertenecen todos los artículos que mostraron un modelo conceptual para solucionar un

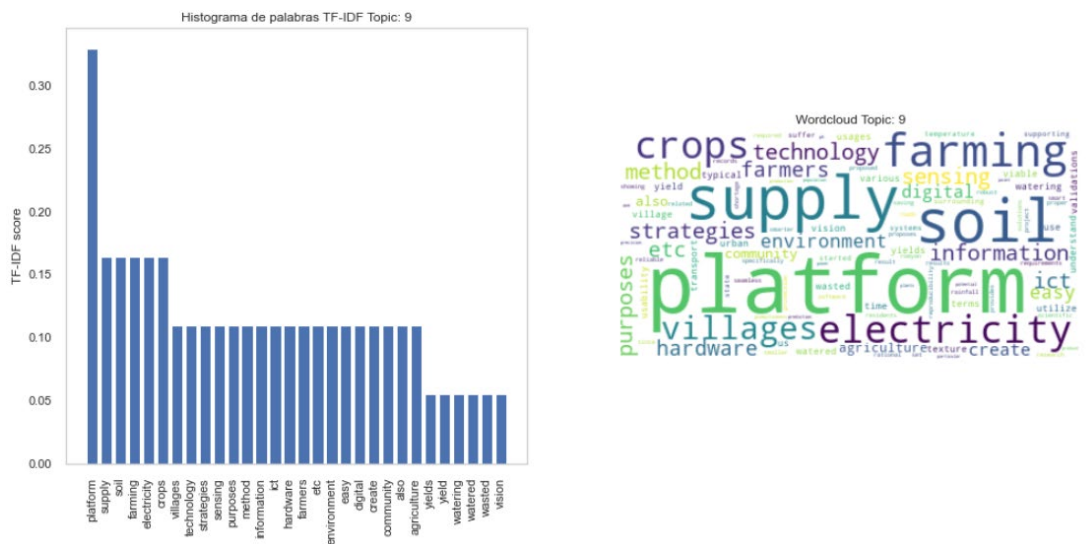
problema de riego (es decir, no llegó a una etapa de prototipado). Se pueden observar algunas decisiones que se toma en el desarrollo de sistemas, como las tareas, sensores, plataformas de uso, aplicaciones, etc.

Figura 81. Tópico 8: Arquitectura empleada en soluciones IoT de riego rural



Este tópico está relacionado con la arquitectura empleada en el sistema IoT. Se toca la capa uno (sensórica), capa dos (interconexión) y capa tres (analítica).

Figura 82. Tópico 9: Aspectos a tener en cuenta para implementar soluciones IoT de riego rural



El último tópico hace referencia a los desafíos alrededor de la implementación de soluciones IoT de riego, referente a la comunidad, electricidad, entorno digitales, incorporación de tecnología TIC.

5.2.3 Caracterización de modelos de experiencia/centrado en el usuario

La acepción de la palabra tecnología deriva de dos palabras griegas: tecné: arte u oficio y logía: estudio o tratado. Así, se puede decir que si bien, a diferencia de la ciencia, la tecnología se dedica al desarrollo de productos derivados de las investigaciones, los descubrimientos y el pensamiento humano, no es ajena al establecimiento de una metodología para generar saber; tan es así, que, a pesar de que en diversos momentos se ha visto a la tecnología en subordinación de la ciencia, los hechos históricos han demostrado que son ramas que se originan en la búsqueda del saber.

Con esto en mente, se hace necesario buscar mecanismos adicionales que permitan generar investigaciones aplicadas que considere desde el primer momento y constantemente (y no al final) la interacción que tiene el ser humano con la tecnología.

Es por ello que, este apartado tiene como propósito identificar y caracterizar modelos centrados en el usuario que se hayan empleado y demostrado de forma exitosa la generación de productos y servicios TIC y que pueden ser incorporados en el sector agrícola.

En la revisión de literatura, se identificaron cinco modelos (descritos en el MARCO TEÓRICO: Diseño de soluciones centradas en el usuario. Para poder caracterizar estas marcos de trabajo, se definieron cinco criterios de evaluación, los cuáles son:

- Focalización: Si bien todos los frameworks seleccionados son centrados en el usuario, lo que busca este criterio es identificar quién o qué es objetivo final del modelo.
- Características: Paradigma conceptual y mental en el cual está fundamentado el modelo.
- Procesos: Estrategia metodológica, secuencial y lógica que le brindará al diseñador la estrategia de desarrollo de su prototipo.
- Fases: Estrategia temporal empleada por los diferentes frameworks que le ofrece al diseñador una localización espacio/temporal del desarrollo del prototipo.
- Uso identificado: Habla sobre el tipo de proyectos en el cual se ha empleado esta estrategia para el desarrollo de la solución.

El **Cuadro 19** muestra la síntesis del ejercicio, el cual, se observan similitudes entre los diferentes modelos:

- Etapa de recopilación de información: Bajo la premisa “*Entender en lugar de asumir*”, todas las metodologías estudiadas proponen su forma propia de entender el contexto del usuario. Por ejemplo, en el framework de doble diamante, emplean diversas metodologías como Design Thinking, mientras que el framework HEART busca métricas alrededor del usuario. El modelo de Empatía práctica extrae la información a partir de una participación directa con el usuario y mAGRI con un diálogo entre la comunidad y los actores asociados con esta.

- Los modelos analizados no expresan un trabajo continuo con el usuario final: Si bien existen diversas estrategias que validan la interacción temprana del usuario con el prototipo desarrollado, no se evidencia la participación directa del usuario en la incorporación de ideas. En su lugar, existen gran cantidad de metodologías que busque a los diseñadores sentir lo que siente su cliente, pero con base a adquisición de información previa. Quizás estas metodologías funcionen al emular una discapacidad o un pensamiento superficial obtenido al analizar datos, pero no se identificaron evidencias alrededor de simular el habitus (no se nombra en ninguno de los modelos) o valores de la comunidad.
- La importancia de una buena documentación: Tanto en los modelos de diseño de TT como en los frameworks discuten sobre qué, cómo y cuándo documentar. Se establecen estrategias como bocetos, dibujos fáciles, story boards, mapas de diseño específico. Documentar sobre las ideas, los desarrollos, sobre las retroalimentaciones. Pero sólo Design Thinking habla sobre la importancia de desarrollar una estrategia de documentación para que la información no se pierda entre hallazgos, y poder retomar ideas descartadas de ser necesitadas.
- Recopilar buenas prácticas. Se debe prestar especial atención a aquellas prácticas y métodos que generaron buenos resultados con el fin de poder ser replicados en proyectos similares. Pero este apartado no sería posible, si no se realizara una adecuada documentación, que mantuviera información de salidas del sistema, que permitiera evaluar las decisiones tomadas en el proceso de diseño. Con esto, puede evitarse diseño de procesos desde cero, elaboración de productos más robustos y usables.
- La entrega del producto no significa que el proceso culmina. Siempre hay una oportunidad de mejora. Cada framework propone su propia metodología de recopilación, como encuestas, entrevistas, medición automatizada de información alrededor del uso del producto o servicio, o una simple charla. Es importante mantener la relación con el usuario con el fin de mejorar el servicio, actualizarlo o crear nuevos productos alrededor de posibles necesidades que genere la implementación.

Cuadro 20. Comparación entre los diferentes frameworks para el desarrollo de soluciones centrada en el usuario

FRAMEWORK DE REFERENCIA	DOUBLE DIAMOND	HEART	DESIGN THINKING	mAGRI	Empatía Práctica
Focalización	La experiencia del usuario.	Métricas alrededor de experiencias suscitadas entre el usuario y la tecnología.	El ser humano	La experiencia del usuario a partir de espacios de co-creación	Las personas
Características	Utiliza el pensamiento divergente y convergente para la resolución del problema o diseño planteado.	Búsqueda de estrategias o métricas que validen aspectos menos tangibles de los productos a partir de las experiencias generadas.	Uso de la inteligencia emocional para “empatizar” con el usuario y su necesidad.	Entender el contexto del pequeño agricultor y aprender de sus necesidades.	El uso de diferentes tipos de empatía para adquirir información alrededor de un producto.
Procesos	Descubrir Definir Desarrollar Entregar	Felicidad Compromiso Adopción Retención Éxito de la tarea	Empatía Definición Ideación Prototipar Probar	Planificar Aprender Crear Desarrollar Mantener	Encontrar patrones Escuchar Desarrollar empatía Oportunidad de implementar trabajo ordenado por prioridades y requisitos.
Fases	Divergente Convergente	Objetivos Señales Métricas		Desarrollo del concepto Realización del concepto Ejecución y escalamiento	Espacio para el problema Estrategia

FRAMEWORK DE REFERENCIA	DOUBLE DIAMOND	HEART	DESIGN THINKING	mAGRI	Empatía Práctica
					Espacio de solución Ideas / Hipótesis / Prototipar Validar con historia de usuario Desarrollo del producto
Uso identificado	Ampliamente empleado en productos, bienes y servicios en diferentes sectores productivos	Aplicaciones móviles	Ampliamente empleado en el desarrollo de productos, bienes y servicios, pero no tan difundido como diamante doble.	Aplicaciones móviles	Para el desarrollo de servicios en diferentes sectores.

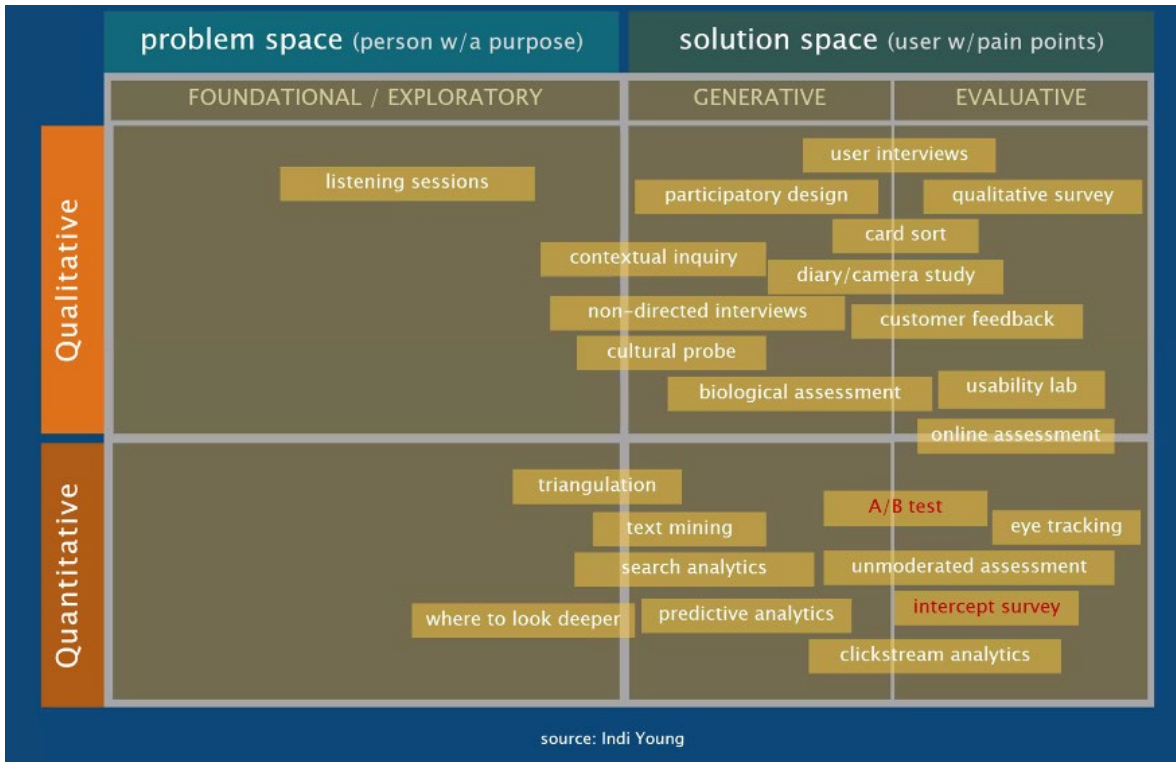
Así mismo, se identificaron las metodologías más empleadas en los estudios que emplearon experiencia de usuario para soluciones rurales (ver **Cuadro 20**).

Cuadro 21. Técnicas empleadas para recopilación de información en zonas rurales

Técnicas	Detalles	Autores
Entrevistas	Conducida por grupos de personas con una agenda predefinida	[299][300][301][268] [240][302][303][284] [75] [304]
Workshop, grupo focal	Crear/revisar las características de alto nivel de los productos deseados. Se trabaja en grupos no mayores de 15 campesinos. Se identifica canales de transferencia tecnológica disponibles	[299][150][300][301] [268][240][302][302] [305][284][75]
Cuestionarios	Se emplea en etapas tempranas para la obtención de requisitos, o como herramienta para evaluar satisfacción sobre la tecnología implementada	[299][300][301][268] [240][302][306]
Lluvia de ideas	Generar rápidamente una larga lista de ideas	[299][302][303][305] [284]
Aproximación gana-gana	Actores negocian para resolver desacuerdos sobre los requisitos de los usuarios. Sesiones con los líderes de organizaciones rurales o miembros de instituciones (aproximadamente 6 personas) con el fin de discutir las estrategias de investigación que se va a realizar en la comunidad.	[299][150][302][306] [284][75]
Visitas de asistencia o demostración	Servicios de asesoría, demostración alrededor de una tecnología	[150][307][302][284] [306][75][304]
Entrenamiento	Capacitación alrededor de una tecnología	[150][308][302]
Rejillas de repertorio	Para identificar similitudes y diferencias entre diferentes entidades de dominio	[299][308][302]
Card Sorting	Organizar una serie de cartas de acuerdo a su propio entendimiento	[299][268][302][303]
Bocetos en papel	Estrategia para desarrollo de prototipos en estado temprano con el fin de buscar una interacción con los usuarios.	[300][175][303][305]
Observación directa	El investigador sigue a su usuario final, realiza videos, toma fotos con el fin de analizar la interacción del usuario con la tecnología.	[300][301][268][240] [302]
Desarrollo conjunto de aplicaciones (co-creación)	Actores y usuario final discuten todas las posibles soluciones con el equipo desarrollador	[299][302][165][168] [169][309][310][305] [284]

Indi Young (Figura 82) realiza una clasificación de técnicas que puede emplearse en la conducción de diseño centrado, dependiendo si la información debe ser adquirida en el espacio problema (ecosistema donde se presenta el problema) y el espacio solución (ecosistema donde se genera la solución relacionada al problema).

Figura 83. Técnicas para la recolección de datos



Fuente: Indi Young

El manual del facilitador rural [311] establece una serie de metodologías e instrumentos de acuerdo al paradigma empleado en el proyecto; esto es, si es orientado a procesos participativos (el investigador se enfoca en describir a las comunidades y establecer soluciones desde la propia comunidad); si es orientado a resultados (se enfoca en el cumplimiento del objetivo del proyecto, implementación de métodos de planificación y monitoreo) o híbridos (en donde entidades externas desarrollan actividades orientadas al cumplimiento de objetivos pero con métodos participativos).

La **Tabla 12** es un compendio de técnicas que, según los autores, es una sugerencia en cada tipo de problema mas no una estandarización rígida que debe seguirse al pie de la letra.

Tabla 12. Técnicas y métodos orientados al desarrollo de proyectos en zonas rurales.

<i>Metodología</i>	Tipo de problema	Métodos	Técnicas
<i>Métodos orientados a procesos</i>	Planificación	Zopp (planificación por objetivos) Grupos de representantes de actores involucrados formulan un proyecto con detallada información y clara estructura de problemas y objetivos.	MML (Matriz de Marco Lógico) Tarjetas Árbol de problemas
	Diagnóstico	DRP (diagnóstico rural participativo) Los pobladores visualizan sus análisis propios mediante herramientas sencillas.	Entrevista semi estructurada Socio dramas Diagramas
	Evaluación	Autoevaluación La propia comunidad, con apoyo metodológico de un facilitador, examina críticamente los resultados del proyecto	Talleres comunitarios
	Moderación	Moderación con enfoque participativo. El moderador asegura la participación de todos los presentes, visualiza las ideas del público y asegura una formulación colectiva de conclusiones.	Taller Visualización móvil Trabajo en grupos
<i>Métodos orientados a resultados</i>	Planificación	Marco lógico Un equipo de expertos formula un proyecto con detallada información y una clara estructura de problemas y objetivos	MML (Matriz de Marco Lógico) Tarjetas Árbol de problemas
	Diagnóstico	Evaluación ex ante Un experto con alto nivel académico levanta una línea de base, antes de comenzar la ejecución de un proyecto.	Encuesta Fuentes secundarias (estudios hechos por terceros sobre la misma situación o lugar)
	Evaluación	Evaluación ex post Un evaluador externo visita la comunidad, aplica encuestas y entrevistas, revisa resultados y labora un informe.	Visitas de campo Encuesta Revisión de documentos
	Moderación	Moderación convencional El moderador introduce a los expositores y da la palabra al público para preguntas. El moderador formula conclusiones personales.	Simposio Seminario Conferencia

Fuente: Tomado de Manual del facilitador rural [311]

5.2.4 Caracterización del pequeño productor agricultor

Para realizar la caracterización del pequeño productor agricultor santandereano, se pensó en tres estrategias de captura de información, las cuales están descritas en **Cuadro 21**. Estrategias para la caracterización del pequeño productor agricultor santandereano.

Cuadro 22. Estrategias para la caracterización del pequeño productor agricultor santandereano

Estrategia	Descripción	Hallazgos
Revisión de literatura	Realizar una revisión de literatura sobre estudios de pequeños productores agricultores campesinos de Santander	Libro “Cultura Campesina Santandereana” de Fidel Castillo Blanco. Libro desarrollado con el apoyo de la gobernación de Santander del 2012. El libro es un compendio de historias sobre costumbres, tradiciones, mitos, leyendas, cocina y la mujer santandereana.
Páginas gubernamentales	Se realiza búsqueda en las páginas gubernamentales de Colombia y Santander para buscar la caracterización campesina. Se seleccionan: DANE https://terridata.dnp.gov.co https://postsantander.gov.co Secretaría de agricultura de Santander	Censo nacional agropecuario 2014 [312], [313] Misión para el Campo 2015-2018 [314] Recopilador de información Terridata. Lista de agremiaciones registradas ante la secretaría de agricultura de Santander.
Entrevistas semiestructuradas	Caracterización de campesinos. Las entrevistas fueron desarrolladas a los padres de los emisarios tecnológicos pertenecientes al semillero AGRIOT	Doce caracterizaciones alrededor de proceso productivo, canales y procesos de transferencia tecnológica agrícola y proceso productivo.

Estrategia 1: Revisión de literatura.

Luego de realizar una revisión de literatura, se observa poca caracterización campesina de fácil acceso. Si bien existen proyectos, no fue posible el acceso a información debido a requerimientos de los entes financiadores que prohíben su circulación. Si bien esta estrategia se descarta, en cuanto a que no provee información pertinente para esta etapa, se identifican investigaciones relacionadas a la transferencia tecnológica agrícola y a sistemas centrados en los campesinos que fueron analizadas en Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala y en el apartado Desarrollo integral de soluciones IoT para entornos agrícolas. También se identifica la fuente Terridata, la cual ofrece una información condensada entre el Censo Nacional Agropecuario del

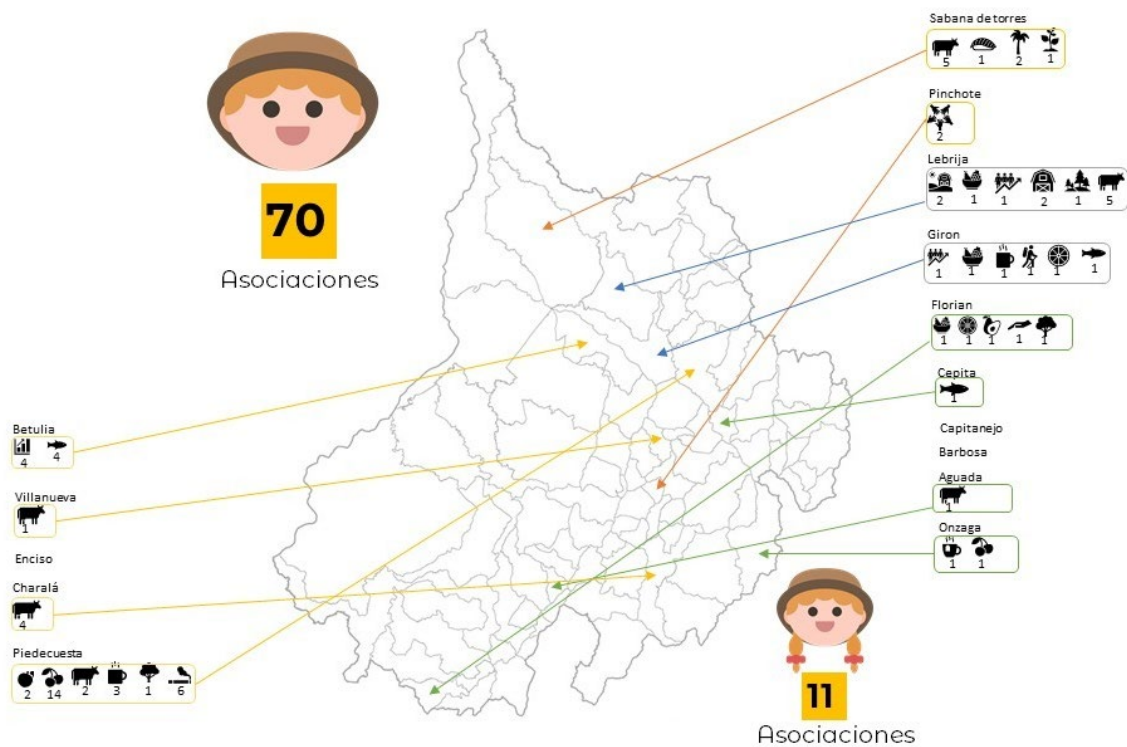
2014, con El censo de vivienda del 2020. No realiza un estudio profundo sobre la sociedad en zonas rurales, pero ofrece datos sobre su población, características socioeconómicas y educativas. El ANEXO 8 muestra la información que puede ser obtenida en forma de informe por este medio.

También se identificaron libros e informes internacionales, que generalizaban la situación de los campesinos en Latinoamérica, pero que brindaron información importante sobre

Estrategia 2: Información gubernamental

Se identifica el Censo Nacional Agropecuario del 2014 y el Censo Nacional de Vivienda del 2020. Se usa como carácter informativo con el fin para comprender el contexto actual de los pequeños productores agrícolas colombianos, pero la información no es apta para propósitos del proyecto. Se solicita información a la secretaría TIC de Santander, y se obtiene como respuesta que no existe información alrededor de interacción tecnológica digital con comunidades rurales. Se nos sugiere dialogar directamente con las juntas de acción comunal o las agremiaciones adscritas a la secretaría de Santander.

Figura 84. Asociaciones de Santander



Fuente: Secretaría de Santander

Se realiza la comunicación con la secretaría de Santander, y ellos manifiestan por medio de llamada telefónica que no se tienen registros de proyectos TIC en zonas urbanas, ni una caracterización del uso

de tecnologías digitales. No obstante, facilitaron información referente a las asociaciones inscritas (ver Figura 83) y recomendaron establecer un diálogo con las asociaciones. De un total de 81 asociaciones registradas, 11 se inscribieron como asociaciones de mujeres que se dedicaban al trabajo artesanal. De las 70 restantes sólo el 34% pertenece al sector agrícola. 17 de las asociaciones se dedica al cultivo de frutas y verduras, 6 al cultivo de café y cacao. Los cultivos Lastimosamente, no se logró una respuesta con el 90% de las asociaciones seleccionadas (debían ser asociaciones dedicadas al sector agrícola. Se descartaron aquellas que tenían como foco el sector pecuario o procesamiento del alimento) no respondieron por correo electrónico o llamada. Al parecer, la información estaba desactualizada. Se obtuvo respuesta afirmativa por parte de la representante de la Asociación Lebrijense Agropecuaria (ASOLAGRO LEBRIJA). No obstante, no se tuvo acceso a la comunidad. De acuerdo a su representante, la única forma de llegar a ellos era visitándolos directamente en sus casas, ya que no había cobertura telefónica en sus veredas.

Estrategia 3: Entrevistas semiestructuradas – padres de emisarios tecnológicos

Ante las diferentes barreras para adquirir información proveniente del sector rural de los pequeños agricultores, se decide realizar una entrevista con los padres de los estudiantes pertenecientes al semillero. Un total de 18 pequeños productores agricultores participaron en la experiencia, provenientes de Santander: San Miguel, Simacota, Canalta – Girón, Matanza, La Playa – Belén, Los Santos, San Vicente de Chucurí, Lebrija vía Barranca, Charta, Km4 vía Guatiguará; Tolima, Magdalena Medio y la Región Andina (no especificaron ubicación). La **Tabla 13** agrupa la respuesta a las preguntas realizadas.

Tabla 13. Resultado de entrevista con pequeños productores campesinos

USER	A1: cultivo	A2: Dueño	A3	A4: Asociación	A5	A6: Lectura	A7: Celular	A8: Ing. Agrónomo	A9: AC	A10: temas de juntas	A11: Dónde se reúnen	A12: Quiénes	A13: Edad	A14: Asistencia	A15: Para qué	A16: Presentación proyecto
1. Papá de Julián	cítricos, cacao, maíz, maracujá, sandía	Dueño	Sí	Acritsim	3	Nacho Lee	No tiene	Si. Explicar cómo se controlan e identifican las plagas y enfermedades de los cultivos de la finca	Sí	Mantenimiento de vías, eventos, proyectos productivos, educación	Colegio o escuela de vereda	Todos los habitantes de la vereda	a partir de los 15 años	Cada 6 meses. Por medio del presidente, voz a voz y por avisos mediante la emisora	Cosas que le interesan a la comunidad	Si. Proyecto del limón, consistió en sembrar limón Tahiti para sacar limón orgánico de calidad para sacar producto de calidad con el objetivo de exportar.
2. Mamá de Julián	cítricos, cacao, maíz, maracujá, sandía	Dueño	Sí	Simagan	3	Nacho Lee	Motorola	Si. Analizar la tierra	Sí	Se trata o habla sobre jornadas de trabajo, y que el presidente haga gestión para	Colegio o escuela de vereda	Todos los habitantes de la vereda	a partir de los 15 años	Cada 6 meses. Por medio del presidente, voz a voz y por avisos mediante la emisora	Cosas que le interesan a la comunidad	Si. Trabajo con cítricos
3. Amigo de Angie	Café y plátano	Dueño	No	Comité de cafeteros en proyectos productivos	14	Nacho Lee	Xiaomi	Si. Clasificación de semillas, preparación de suelos	Sí	Mantenimiento de vías, eventos, proyectos productivos, educación	Colegio o escuela de vereda	Agricultores de la vereda	a partir de los 15 años	Voz a voz o whatsapp	Brigadas de salud Jornadas de ayudas humanitarias Eventos culturales y deportivos Socialización de proyectos productivos	Proyecto sobre siembra de cultivos o piscicultura. La comunidad se benefició con semillas fertilizantes y herramientas
4. Mamá de Mery	Frijol	Dueño	Sí	Asomoesan. Una asociación que apoya a las mujeres. Asociación de mujeres	5	Nacho Lee	Motorola	Si. Joder (risas)	Sí	Mantenimiento de vías, ladrones, animales peligrosos, crianza de pollitos	Colegio o escuela de vereda	Todos los que conforman la vereda	mayores de 18 años	Voz a voz o whatsapp	Arreglos de caminos	Proyectos sobre la crianza de pollitos. Está en negociación
5. Papá de mery	Frijol	Dueño	No	No	3	La alegría de leer	Alcatel	Si. Ayuda a mejorar los procesos de siembra, a usar fertilizantes, la	Sí	Mantenimiento de vías, ladrones, animales peligrosos, crianza de pollitos	Colegio o escuela de vereda	Todos los que conforman la vereda	mayores de 18 años	Voz a voz o whatsapp	Arreglos de caminos. Casi todos asisten	Proyectos sobre la crianza de pollitos. Está en negociación
6. Trabajador Karen	Piña	De los papás de mi mujer	No	Ninguna	5	En la escuela de vereda	Alcatel	Si. Todo el tiempo vienen personas que quieren poner máquinas que arranquen la piña y otras cosas pero eso no sirve, antes	Sí	En la vereda el tema que más se toca es sobre ladrones y animales peligrosos que vienen y se comen la siembra y	En la casa de doña Alba, la siguiente a la mía que queda a 10 o 15 minutos caminando	Todas las familias	que poco a poco vayan aprendien	Eso de toda la vida se ha sabido que es allá y ese mismo día hablamos para ir la otra semana	Se reúnen todos los viernes a las 4, antes que anochezca.	No. Esas cosas dan miedo. Que se queden con mi negocio. Mejor yo sigo solo
7. Nelson	Maíz y trigo. Un tanto de tomate	Trabajaba como administrador. Fue el que instauró el	No	Se acercaba MINESA para apoyar a los campesinos, mientras explicaba las	11	La alegría de leer	BLUE, Nokia flecha o samsung gama baja	Si. Cuando estábamos en el Sena, todo el tiempo. Allá en el lugar donde estaba trabajando solo unas veces. Cuando había proyectos,	Sí	No se. Nunca asistí a las juntas de acción comunal. Se organizaba con el pueblo y alcaldía. Yo no iba porque me dedicaba a los	Eran los domingos, Reuniones con la iglesia y otras cosas. Avisos parroquiales. Los domingos y fines de semana se reunían. Bajaban	Algunas personas del pueblo. Las mismas personas del pueblo. Había personas	mayores de 18 años	Voz a voz, whatsapp, se coordina la reunión pasada o por llamada telefónica, o el Padre convocaba	No se, nunca asistí	MINESA. El SENIA hacia capacitaciones recurrentes y programas para técnicos y tecnólogos. Ya hay un colegio para hacer

La entrevista se dio en tres momentos cada uno con una duración de una hora, y fue desarrollada en horas de la tarde (después de las 4pm). Los campesinos pertenecían a diferentes regiones de Santander,

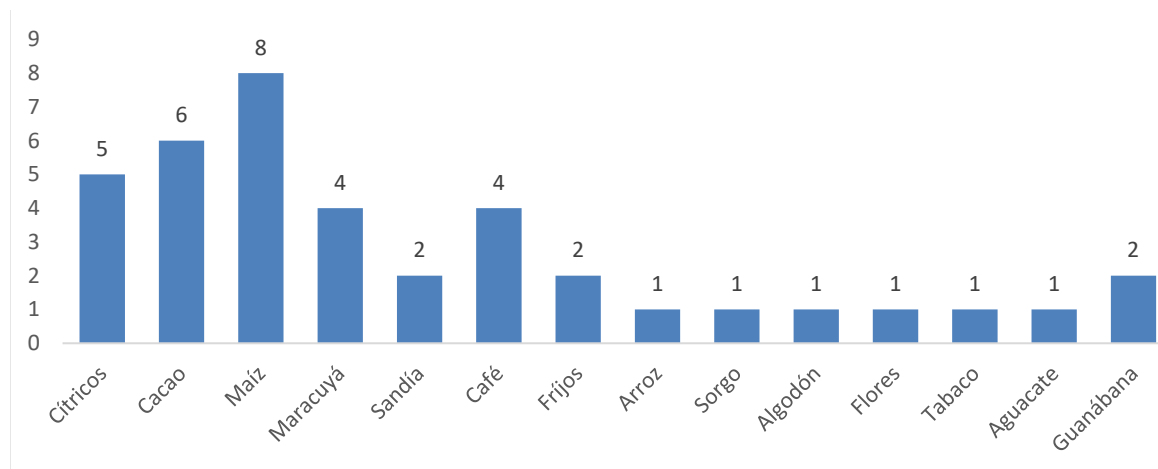
y las entrevistas fueron dirigidas por sus hijos en compañía con la docente a cargo del semillero (estudiante de doctorado). Los emisarios tecnológicos funcionaron como traductores cuando los campesinos no comprendían la pregunta formulada.

La primera entrevista tenía como propósito entender su contexto social y educativo, el contexto productivo y los canales de transferencia tecnológico agrícola activos.

Con respecto a este primer encuentro, se obtuvo los siguientes resultados:

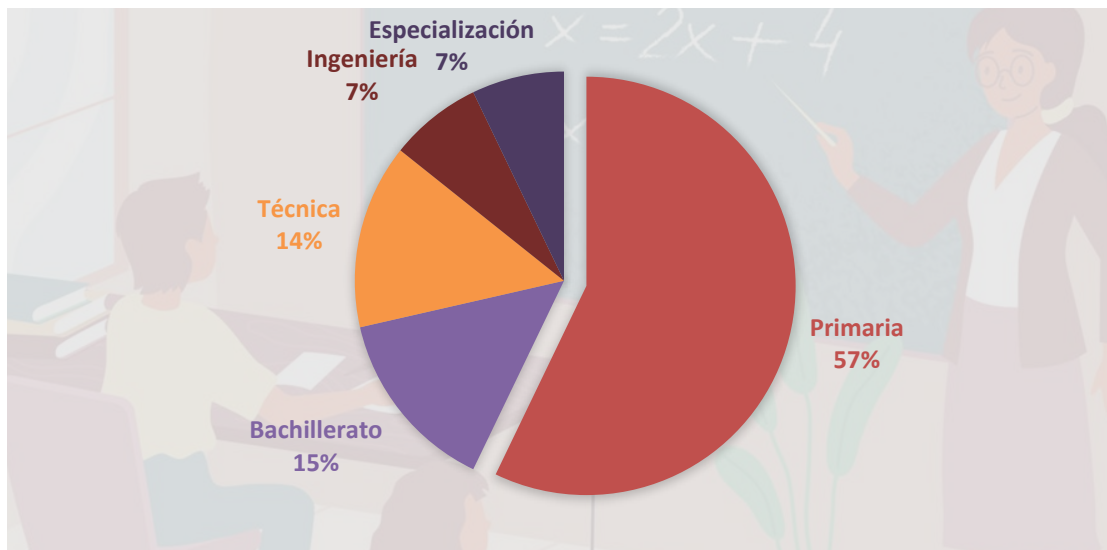
- El 67% de los campesinos son dueños de sus fincas.
- Los cultivos más preferidos para siembra son el maíz, cacao, cítricos, maracuyá y café (ver **Figura 84**).

Figura 85. Productos agrícolas cultivados por encuestados



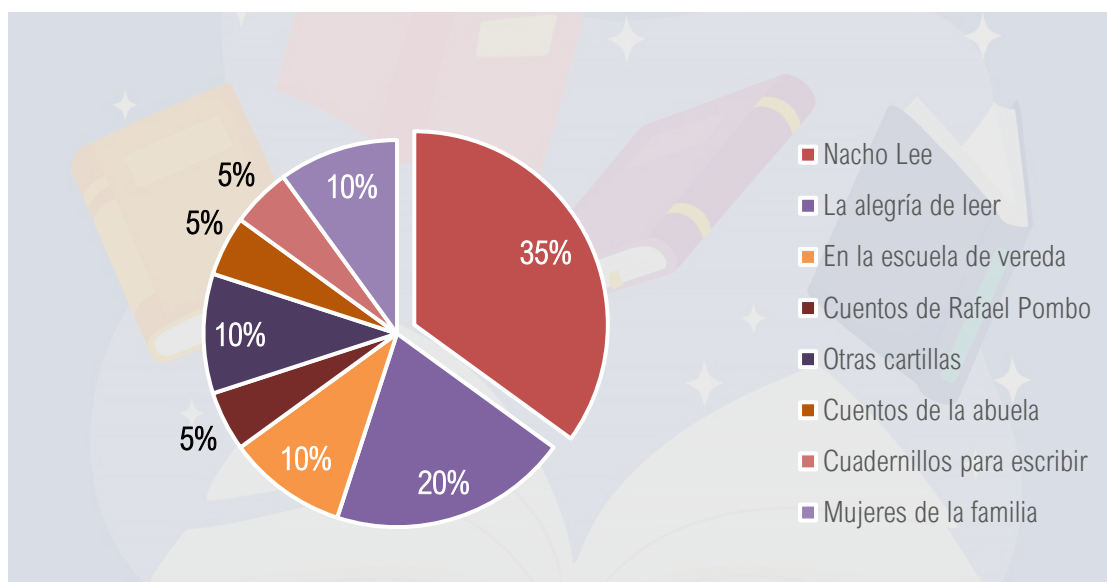
- El 33% de los agricultores pertenecen a asociaciones. Estas son: BIPÍÑA, ACITRISIM, SIMAGÁN, Federación de Algodoneros, Federación de arroceros y ASOMOESAN (ninguna de ellas aparece registradas en la información suministrada por la secretaría de agricultura e Santander). No obstante, el 33% menciona haber apoyado proyectos de ASOCAAVAL, BIPÍÑA, Federación Nacional de Cafeteros (FEDECAFÉ), CMDDB y MINESA (compañía extractora de oro).
- En cuestión de educación (ver **Figura 85**) el 33% de los encuestados no culminó básica primaria, 5% no culminó bachillerato, 14% posee estudios técnicos alrededor de la agricultura, 7% son ingenieros (pero sus carreras no están relacionadas con la agricultura) y el 7% son especialistas (en extensionismo agrícola).
- El 12% de los encuestados no posee teléfonos celulares. El 88% restante, posee gama baja, siendo Samsung el más extendido (33%) seguido de Motorola (19%), Alcatel (13%), Nokia (13%), Xiaomi y BLUE (6%). Cuando se les pregunta motivo de adquisición, comentan que fue por causas familiares (único medio de comunicación o ellos les regalaron los teléfonos). Sólo 3 personas llevan el celular a sus puestos de trabajo.

Figura 86. Nivel educativo de los encuestados



- La **Figura 86** muestra los mecanismos empleados por los lugareños para aprender a leer. El 65% de los encuestados manifestaron aprender a leer con cartillas (Nacho Lee y la alegría de leer). El 15% aprendió por medio de cuentos leídos por sus familiares, y finalmente el 10% aprendió en la escuela de la vereda o por mujeres en la familia (sus abuelas, madres o hermanas).

Figura 87. Mecanismos empleados para el aprendizaje de lectura.



- Los campesinos manifestaron que usan el celular para responder llamadas (39%); revisar el WhatsApp y leer SMS (19%); ingresar a Facebook (11%); leer correo electrónico (6%) y tan solo el 3% lo usa para revisar reportes meteorológicos o ver YouTube.

- 3 de los 18 encuestados han tenido relación con extensionistas agrícolas. El 26% de ellos no tienen una percepción positiva alrededor de su labor (sienten que obstaculizan su trabajo al “enseñar cosas que no sirven”; un trabajo esporádico (concebido como interesado en el proyecto mas no en ellos o que sólo mantienen contacto con el dueño de la finca (o el que toma las decisiones). El 74% restante, considera que su labor está en optimizar, orientar y enseñar temas relacionados con el cultivo (control de enfermedades, clasificación de semillas, preparación de suelos, siembra, uso de desperdicios orgánicos, etc.) o que ofrecen servicios de análisis de tierra.
- Las juntas de acción comunal, es el espacio que usan los extensionistas agrícolas, las asociaciones y las agremiaciones para exponer proyectos que afectarán a la comunidad, o problemas comunes (mantenimiento de vías, eventos, ladrones, animales peligrosos, crianza de pollos, uso del agua). Dependiendo de la vereda, quienes pueden conformar la junta (en algunas pueden conformarla desde los 16 años, en otros desde que son mayores de edad). Las reuniones se realizan en la escuela de la vereda, en casas o en canchas deportivas, y son convocadas por el líder de la acción comunal o el párroco de la vereda. Como mecanismo de comunicación emplean las misas, el voz-a-voz, las carteleras o por WhatsApp.

El segundo encuentro tiene como objetivo identificar su conocimiento sobre variables asociadas al riego. Para el desarrollo del ejercicio, se daba el nombre relacionado al concepto, y los agricultores daban su respuesta. El 50% posee un sistema de riego (se mencionó al SENA y a los extensionistas como principales promotores para su instalación). El otro 50% manifestó no tener necesidad de implementarlo, ya que emplean la lluvia como sistema de riego, aspersores aéreos en caso de emergencia, o simplemente no hay acceso al recurso acuífero (caso Los Santos).

A continuación, se ofrece un resumen de las definiciones concebidas de conceptos asociados al riego. Se excluyen los conceptos ofrecidos por los extensionistas agrícolas, ya que fueron establecieron definiciones precisas y se colocan como punto de comparación. Los conceptos fueron seleccionados ya que son los poseen mayor aparición en las aplicaciones de riego. Se excluye la definición “Humedad relativa” y “temperatura de punto de rocío” porque ninguno de los campesinos maneja el concepto.

Tabla 14. Definiciones preconcebidas alrededor de variables asociadas al riego

<i>Variable</i>	Definición ofrecida	Definición de extensionista agrícola	Análisis comparativo
<i>Humedad</i>	Asociada a la lluvia, “emparamar ⁴³ ” y al suelo mojado.	Propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas (en este caso, el aire).	Equivalente definición con diferentes términos manejados por la comunidad.
<i>Nivel crítico de humedad</i>	Estado pantanoso, barrial o lodoso del suelo. También fue asociado al	Nivel sobre el límite por abundancia o por escasez. Por escasez: punto de marchitez.	Equivalente definición con diferentes términos manejados por la comunidad.

⁴³ Se refiere a la acción de mojarse

<i>Variable</i>	Definición ofrecida	Definición de extensionista agrícola	Análisis comparativo
<i>Humedad del suelo</i>	estado de la planta (marchitez).	Saturación: cuando hay demasiada.	
	Asociado al estado del suelo y a una característica favorable para poder cultivar.	Porcentaje de agua presente en la tierra con respecto a su masa.	El campesino asocia la humedad del suelo con un estado físico (color y sensación), mientras que los extensionistas lo asocian a un porcentaje.
<i>Temperatura del suelo</i>	Se relaciona con respecto a la altitud sobre el nivel del mar y alrededor del clima del lugar (si “abriga ⁴⁴ ” o llueve). Se mide a simple contacto con la mano.	Temperatura que se encuentra generalmente en los primeros perfiles del suelo. Apta para microorganismos que viven en él. Para el ecosistema. La cantidad de calor que se puede medir mediante un termómetro de suelo.	Los campesinos no identifican una relación aparente de esta variable con el cultivo.
<i>Evapotranspiración</i>	Se asocia a la neblina, “bochorno ⁴⁵ ”, al estado gaseoso y al humo	Grado mayor o menor de calor que hace que el agua pase de estado sólido a gaseoso. Puede ser otro tipo, cuando los rayos solares influye directamente sobre un nivel determinado de agua o a través del agua.	Una de las medidas más importantes en riego agrícola. Ambos nombraron variables asociadas al concepto, ya que es la evapotranspiración se refiere a la cantidad de agua gastada entre la transpiración de la planta y en la evaporación, es decir, la cantidad real de agua que llegará a la raíz de la planta luego de estos dos procesos.
<i>Probabilidad de lluvia</i>	precipitación de acuerdo a la formación de nubes y color del cielo.	Posibilidad de que se presente o no lluvia	La definición de los campesinos es visual, mientras que la de los extensionistas están más

⁴⁴ Se refiere al clima es cálido.

⁴⁵ Se refiere a la sensación de calor después de un día muy caluroso, o justo después de que llueve.

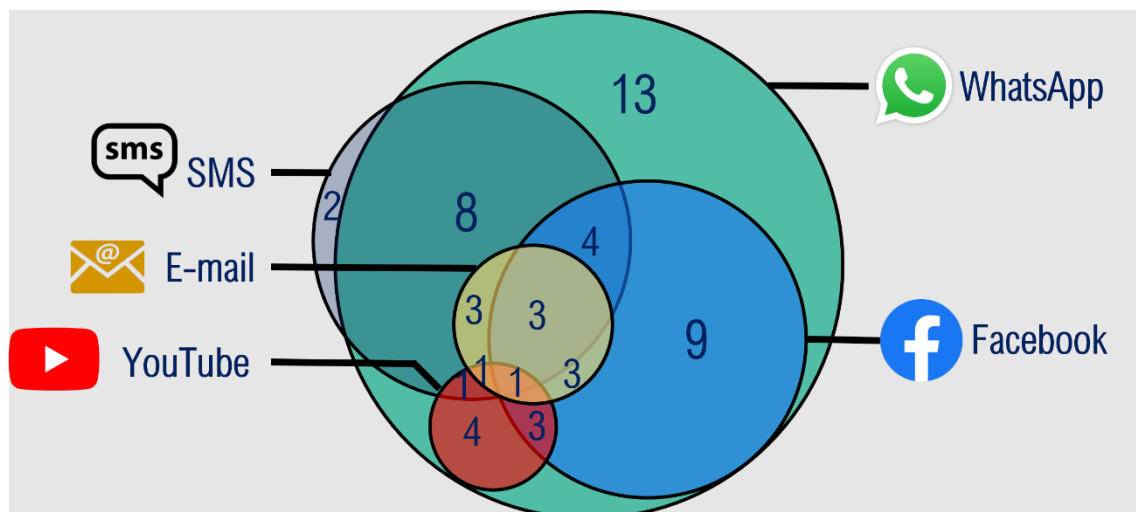
<i>Variable</i>	Definición ofrecida	Definición de extensionista agrícola	Análisis comparativo
<i>Temperatura ambiente</i>	Reconocen a octubre-noviembre y abril-mayo como temporada de lluvia.		relacionadas a un porcentaje.
	Se asocia a la percepción de temperatura dada una hora del día, ubicación y clima. También fue asociado como clima para que crezcan las plantas.	Grado mayor o menor que se presenta en determinado sitio en determinado espacio	La definición de los campesinos es visual, mientras que la de los extensionistas están más relacionadas a un porcentaje.
<i>Tipo de suelo</i>	Relación entre la planta producida con el suelo en que se siembra. También se asocia con la fertilidad del suelo y su textura.	Referencia a las características de determinado suelo: arcilloso, etc. Al contenido de materiales: zinc, minerales y orgánicos que tiene determinado suelo. Clasificación. Diferentes tipologías dependiendo de contenidos bióticos o abióticos	La definición de los campesinos es visual, mientras que la de los extensionistas están más relacionadas a un porcentaje

Con esta comparativa, se llega a la siguiente conclusión: Los campesinos ofrecen definiciones gráficas de variables empleadas en el riego; inclusive de variables asociadas con el uso de probabilidades. Salvo las definiciones “Humedad relativa”, “temperatura de punto de rocío” y “evapotranspiración”, reconoce el concepto de las variables e inclusive las renombra. El problema de los diseñadores de interfaces y desarrolladores se resume en cómo virtualizar el imaginario y llevarlo a interfaces gráficas físicas y virtuales, y con esto, mejorar la adopción tecnológica de los dispositivos desarrollados.

El tercer y último encuentro tiene como propósito identificar competencias digitales en el sector de los pequeños productores agricultores campesinos. Con esta identificación, se pueden tomar decisiones con respecto a las implementaciones a desarrollar.

- Todos saben emplear el celular para llamar y recibir llamadas.
- Todos los que saben usar Facebook, saben usar WhatsApp.
- Todos los que saben usar YouTube, saben usar WhatsApp.
- La aplicación de comunicación más conocida es WhatsApp.

Figura 88. Aplicaciones móviles empleadas por los pequeños productores agrícolas



- El 100% de los encuestados tiene acceso a Internet por medio de datos móviles. Sólo uno de los encuestados usa el Kiosko Vive Digital.
- El 55% no posee laptop en sus hogares. Dos de los encuestados poseen un computador, pero no lo emplean en el campo. Lo usan para negocios mantenidos en la ciudad.
- El 61% de los encuestados reconoce la figura del Profesor Yarumo (el primero) como un representante de los extensionistas agrícolas. Le conocieron en TRO, TVAgro y Canal Uno y lo identifican como un viejito bonachón preocupado por los campesinos, los cultivos y el medio ambiente.
- El 83% de los encuestados ve televisión: el 67% ve noticias y en menor proporción (cerca del 5%) novelas, programas de cocina y programas referentes al agro.
- El 72% de los encuestados escucha radio (WRadio, policía nacional, la radio del pueblo, olímpica estéreo, entre otras).
- Utilizan YouTube para ver las “Aventuras del profesor Yarumo”, canales espirituales, dedicados al agro o de cocina.

Las preguntas y respuestas asociadas a cada encuentro fueron agregadas en el ANEXO 9.

Así mismo, se estableció una comparativa entre los encuestados (y con la dirección de diferentes proyectos de pregrado y postgrado mencionados en ANTECEDENTES con diferentes técnicas empleadas para la investigación en experiencia de usuario. Los resultados pueden observarse en

Tabla 15. Metodologías de experiencia de usuario y su uso en encuestados.

	Historias del usuario	Pensar con imágenes	Prueba de los cinco segundos o exposición	Psicología de los objetos cotidianos	Lean UX	Estudio de caso (encuesta hablada)
Eficiencia	50-60%	80-90%	40-50%	No se puede determinar correctamente	90-100%	30-40%
Ventajas	Permite identificar marcas culturales	Identificar metáforas, colores y simbología	Reconocer elementos llamativos y motivadores en el provotipo	Reconocer elementos familiares y significativos. Interpretación del mundo a partir del uso de los objetos cotidianos.	Metodología efectiva en técnicas de co-creación.	Permite identificar marcas culturales y metáforas
Desventajas	Depende de la metodología adecuada para interactuar con el campesino y lograr la mayor información posible.	Sólo se puede implementar un número limitado de imágenes reconocibles por los investigadores, y llegar un consenso con los lugareños. Realizar un estudio más profundo requiere de tiempo y financiación significativa.	Los campesinos mostraron señales de enojo al emplear esta metodología y no recibir una retroalimentación temprana sobre su interacción con la tecnología mostrada. No se aconseja implementar en etapas tempranas de diseño.	El campo está saturado de objetos producto de colonialismo tecnológico. Y por ende, no son de uso frecuente por lo que la socialización sólo arrojará el uso de herramientas tradicionales.	Se requiere de un líder con experiencia en metodologías ágiles que programe un adecuado spring y backlog.	Las preguntas deben ser revisadas por un experto a fin de obtener el resultado esperado. Las preguntas diseñadas deben estar dirigidas a un objetivo de investigación, y todas deben establecer un parámetro de evaluación (todas las respuestas positivas significan que la

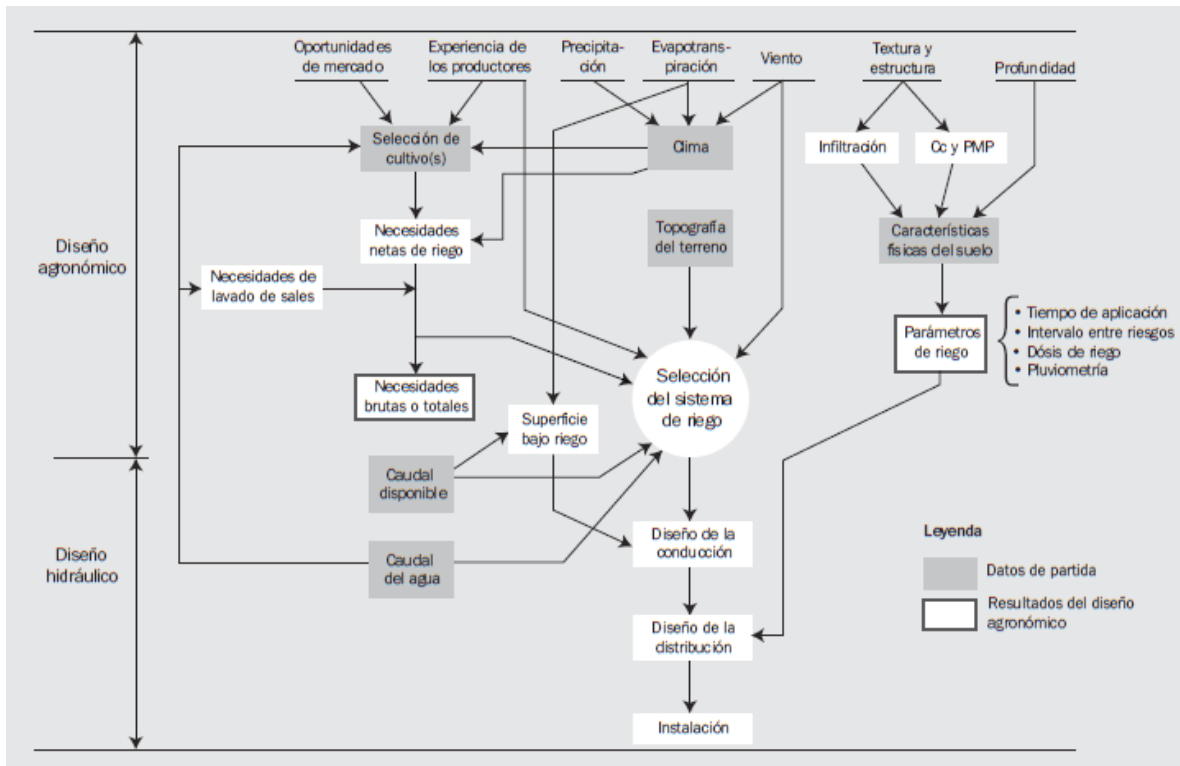
						interpretación es positivo, y todas las respuestas negativas deben mantener una interpretación negativa.
<i>Codiseño</i>	Si	Si	Si	Si	Si	No
<i>Virtual</i>	Si	Si	Si	Si	No del todo	Si
<i>Alfabetismo</i>	Estrategia óptima para analfabetas	Manejable con texto y gráficos integrados	Manejable con texto y gráficos integrados	Manejable con texto y gráficos integrados	Necesita alfabetización	Estrategia óptima para analfabetas
<i>Tipo de investigación (cualitativa, cuantitativa, mixta)</i>	Cualitativa	Dependiendo del paradigma empleado, puede ser mixta (resultados obtenidos de forma cualitativa e interpretados de forma cuantitativa o viceversa).	Cualitativa, aunque puede ser cuantificable por escala de Likert o por escala de satisfacción	Dependiendo del paradigma empleado, puede ser mixta (resultados obtenidos de forma cualitativa e interpretados de forma cuantitativa o viceversa).	Cualitativo cuantificable por parámetros de medición (cumplimiento de sprints, cronograma, presupuesto, indicadores de gestión, etc.)	Cuantitativa pero puede ser cuantificada empleado análisis de sentimientos o técnicas de inteligencia artificial.

Fuente: EZAGRO [203], María Fernanda Mantilla Arango, Sebastián Moya y Autor.

5.2.5 Articulación de los elementos en el framework

Cuando se habla de un diseño de soluciones de riego, se habla de un diseño hidráulico (encargado de recopilar y mantener el caudal suficiente de agua para que pueda distribuirse en un cultivo, sin afectar a la comunidad ni al ecosistema) y un diseño agronómico (encargado de calcular las variables alrededor de las necesidades del cultivo, en cuestión de variables asociadas al clima, topografía del terreno, necesidades de riego, textura y estructura del suelo y parámetros del riego (ver **Figura 88**).

Figura 89. Variables que interactúan en el potencial productivo del cultivo



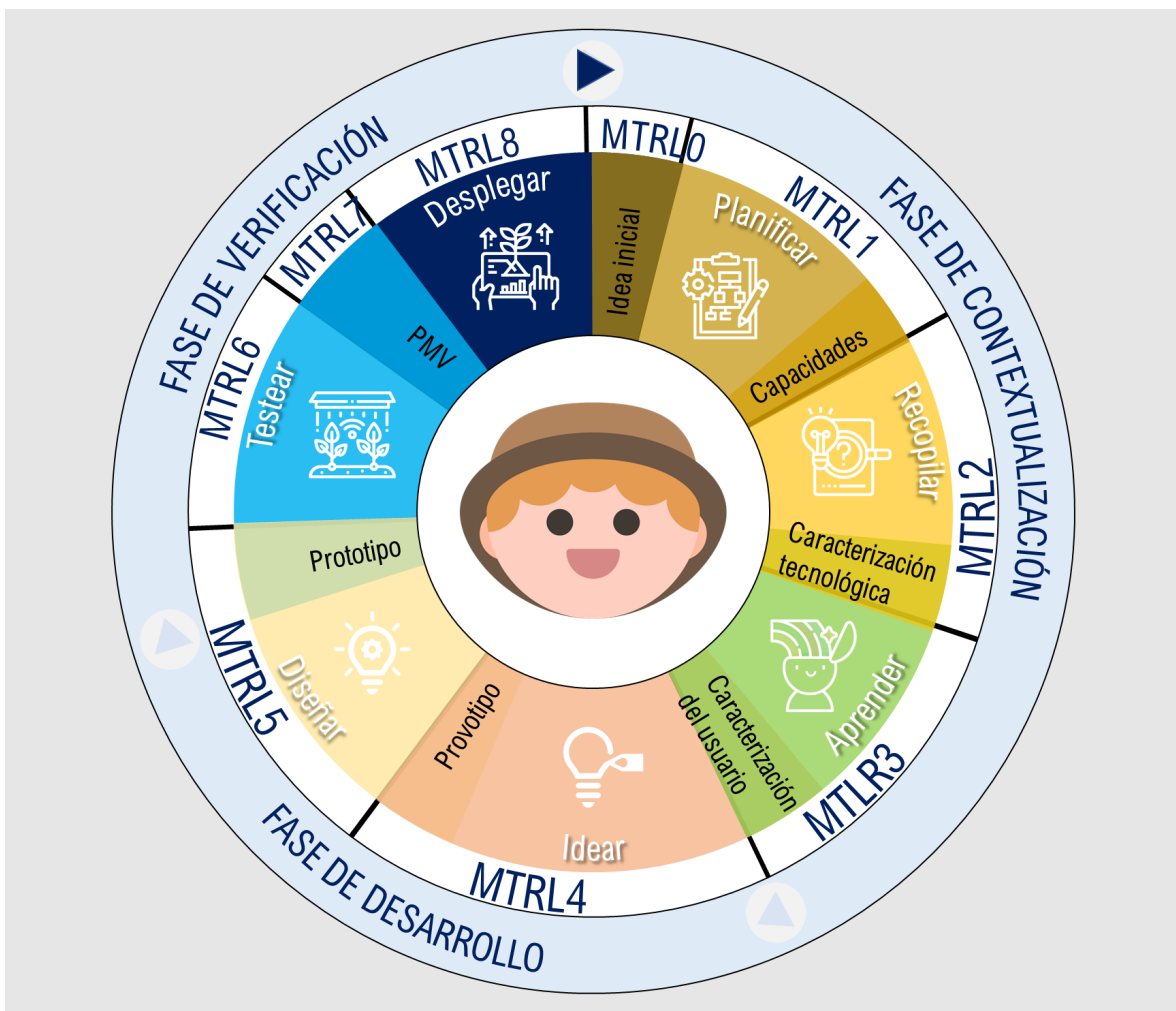
Fuente: Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego [48]

Este framework fue diseñado para ayudar a los desarrolladores a diseñar, de forma integral, soluciones IoT de riego. El prototipo desarrollado se instala encima del sistema de riego desplegado, buscando optimizar la estructura del sistema y capturar datos que le permite autorregularse. No busca reemplazar la labor del campesino ni del extensionista agrícola [315]; tiene como objetivo reducir su carga en labores mecánicas al capturar de forma constante información que puede ser empleada para la toma de mejores decisiones, ingresándolo de forma activa en el desarrollo de la solución. No puede solucionar problemas alrededor de cómo se captura el agua ni cómo se construye el sistema de riego, pero puede enviar alertas para que entidades gubernamentales y asociaciones tomen las medidas adecuadas en el menor tiempo posible.

El problema es que la falta de conocimiento de las TIC en las comunidades alejadas de los cascos urbanos les impide comprender la potencialidad y los beneficios que implica instalar la tecnología en sus granjas, las cuáles son costosas [299]. El alto nivel de analfabetismo [314] y su subsecuente analfabetismo tecnológico [238] ha aumentado las brechas digitales, por lo que mejorar la infraestructura y planes que aceleren una adopción de competencias digitales enfocadas en el cambio generacional no es suficiente. Y en este punto es donde el framework presentado intenta dar una solución, al brindar al diseñador herramientas en forma de mejores prácticas que le permita generar un sistema de riego centrado en el usuario, que potencie la adopción tecnológica agrícola de estas tecnologías, ya que un efectivo diseño centrado en el usuario lidera a productos usables [316] que propician su adopción [317][318][305].

Con la información recopilada a partir de los modelos de transferencia TIC, modelos de transferencia tecnológica y el estudio del ecosistema de soluciones IoT de riego, se propone el framework mostrado en la **Figura 89**, el cuál fue inspirado en el trabajo desarrollado por [319].

Figura 90. Framework conceptual para el diseño de soluciones IoT rural centrado en el campesino – AgCDV.

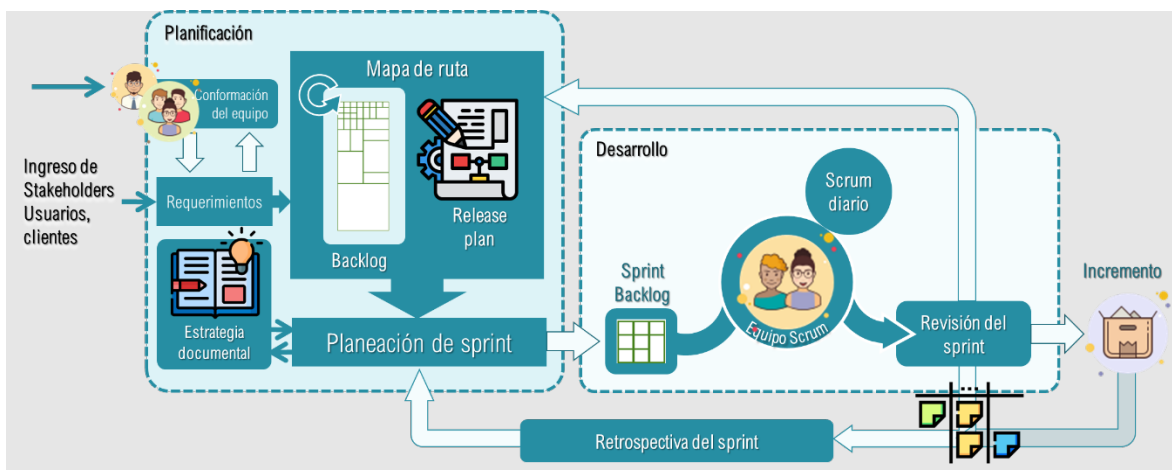


Este framework se ha diseñado teniendo dos consideraciones:

1. Está dirigido a centros de investigación y desarrollo adscritos a universidades, spin-off y compañías desarrolladoras de tecnologías IoT que deseen establecer su nicho de negocio en zonas rurales de pequeña escala y
2. Considera que, por la naturaleza de estos tipos de proyectos, los equipos conformados deben ser multidisciplinarios y deben establecer una alianza fuerte con la academia, sectores gubernamentales o en su defecto, con actores del sector de pequeña escala, como agremiaciones, asociaciones o UMATA.

Debido a las características de estas soluciones, este framework emplea las metodologías SCRUM y KANBAN (ver **Figura 90**) en la ejecución de todos los procesos mostrados de la **Figura 89**. SCRUM es un framework ampliamente empleado en el desarrollo de software por equipos pequeños y multidisciplinarios, pero se ha adaptado a diferentes sectores de forma exitosa. Prueba de ello, son los análisis expresados por [320]–[322] en donde se establece que SCRUM ofrece mecanismos de prototipado rápido, con ejecución flexible y ligero para organizaciones pequeñas. Permite estrategias de revisión constante y puede adecuarse para el trabajo rural. SCRUM maneja un trabajo que puede ser paralelo o en serie empleando micro gestión. Se realiza una planificación del backlog, que mantiene todas las actividades y subactividades que deben realizarse de forma diaria, y ser revisadas al final de la semana. También se formulan unos indicadores (planeación del Sprint) que se revisan en una temporalidad de uno a dos meses, pero en caso de no alcanzarse las metas, el sistema es lo suficientemente flexible para reorganizar el cronograma. Se complementa con KANBAN al establecer la necesidad de un mecanismo que le permita al equipo, revisar su avance en tiempo real.

Figura 91. Fase CONTEXTUALIZACIÓN Y DESARROLLO del framework vista desde SCRUM y KANBAN



En la **Figura 90** se puede observar parte del proceso de planificación, y cómo los requerimientos obtenidos por el cliente (pequeños productores agricultores campesinos, agremiaciones, asociaciones, fundaciones, etc.) son traducidos por el SCRUM MASTER, el cual los transformará en Backlog (estrategia empleada

por [144]) y en planeación del Sprint, que guiará a los equipos al desarrollo de actividad, bajo la supervisión del SCRUM MASTER.

AgCDV será descrito a partir de dos segmentos, siendo el primero una definición de conceptos modificados que surgieron al establecerse las bases del framework y el segundo, una exploración a cada una de sus fases y etapas:

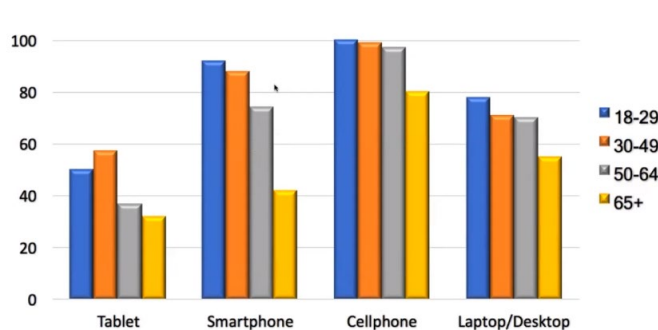
5.2.5.1 DEFINICIONES BASE

- Concepto sobre Internet de las Cosas.

Hasta el momento, se tiene una definición de IoT desde tres organizaciones mundiales (Sociedad del Internet [323], Unión Internacional de Telecomunicaciones – ITU [324], [325] y el Instituto de Ingenieros Eléctricos, Electrónicos y de Telecomunicaciones – IEEE [326]) en donde se puede hablar de una red de dispositivos conectados (físicos y virtuales) a Internet que intercambian datos asociados a información generada, con una mínima intervención humana. Se acota, que la información es generada desde objetos, sensores y artículos de uso diario [323].

A lo largo de esta disertación, se han analizado sensores y objetos que integran a estos elementos, y cómo los investigadores solucionan problemas relacionados con la transferencia de datos, su análisis, la seguridad de la información, la interconexión entre los objetos, etc. pero no se evidencia estudios académicos enfocados en el desarrollo de artículos de uso diario implementados en soluciones IoT rural de riego: La atención se ha desviado a mejorar GUI en las interfaces táctiles con la que los agricultores pueden interactuar; sin considerar que los agricultores de mediana y avanzada edad no llevan dispositivos móviles a sus lugares de trabajo⁴⁶. Y se puede hablar sobre la incapacidad de estos dispositivos los cuáles no fueron diseñados para interactuar en ambientes de trabajo pesado: fragilidad ante caídas, manipulación difícil con manos enlodadas [303], necesidad de un control motriz fino, ilegibilidad de texto e íconos desconocidos [278], propias de personas de la tercera edad (ver **Figura 91**). Entonces, es entendible por qué algunos autores [163], [200] manifiestan como ventajoso el que estas soluciones no tengan interacción alguna con los campesinos.

Figura 92. Dispositivos categorizados por edad y tipo de dispositivo



Fuente: [Pew Research](#), 2017

⁴⁶ De acuerdo a conversaciones manifestadas con la familia objetivo de esta investigación.

Pero cuando se considera esto, no sólo se está dejando la definición básica de IoT, sino que se está diseñando un peligro latente y fuente de eventuales accidentes que ya se reflejan: En Estados Unidos, se considera el trabajo más arriesgado [327] por temas asociados a clima, trabajo incorrecto con herramientas y aspectos ergonómicos. Inclusive, el estudio de actores colombiano⁴⁷ arroja un papel importante en actores relacionados con el sector salud, debido a problemas relacionados con mal uso de pesticidas, accidentes laborales por uso inadecuado de herramientas y accidentes cardiovasculares ocasionado por una inadecuada adopción tecnológica.

Es por ello que se sugiere una ligera modificación al concepto de IoT empleado en agricultura rural a: “Una red de objetos, sensores y/o dispositivos **útiles, usables, utilizables y culturabilizables** que puedan conectarse a Internet y tengan como característica una capacidad de cómputo”.

- Acotaciones sobre los niveles de Madurez Tecnológica (TRL)

Para la construcción de este proyecto, se adecuará el concepto ofrecido por los TRL (cuyo objetivo inicial era establecer el grado de madurez tecnológica de determinadas tecnologías) con el fin de organizar las actividades relacionadas con la investigación, el desarrollo tecnológico y el despliegue de las innovaciones que incorporen tecnologías emergentes. Para ello, se tomó como base la descripción ofrecida por MINCIENCIAS [328], que a su vez adecuó los TRL (MTRL) con el fin de clasificar y evaluar los productos que se planteen como resultados de las actividades de las propuestas postuladas en sus convocatorias.

Tabla 16. Definiciones modificadas de TRL (MTRL) para el desarrollo de soluciones agrícolas que incorpore tecnologías emergentes.

<i>MTRL</i>	Descripción
<i>MTRL0</i>	Preconcepción de la idea: Corresponde al nivel más bajo en cuanto al nivel de maduración tecnológica. Comienza con la concepción de una idea inicial, asociada a una problemática establecida por el sector gubernamental, social o empresarial.
<i>MTRL1</i>	Principios básicos observados: En esa fase, se realiza una búsqueda inicial de información de proyectos que hayan ejecutado ideas similares y permita la toma de decisiones como conformación del equipo de trabajo, pares revisores o actores que puedan apoyar el desarrollo del producto. No existe ningún grado de bien, producto o servicio que pueda ser aplicado en un entorno rural.
<i>MTRL2</i>	Principios básicos – verificación temprana: Esta fase inicia la investigación básica. No existe ningún grado de bien, producto o servicio que pueda ser aplicado en un entorno rural.
<i>MTRL3</i>	Concepto de tecnología formulado: Esta fase continúa la investigación básica validada de forma temprana por la comunidad a quien se le va a desarrollar el producto, bien o servicio. La idea inicial evoluciona en aplicaciones tecnológicas, herramientas analíticas,

⁴⁷ Revisar Estudio de elementos que afectan la transferencia de tecnologías IoT de riego en el sector agrícola de pequeña escala

<i>MTRL</i>	Descripción
	sistemas de implementación o análisis de información. No se cuentan aún con pruebas que validen la solución desarrollada.
<i>MTRL4</i>	Prueba de concepto de la tecnología formulada: Esta fase incluye actividades de investigación que involucren pruebas analíticas y de concepto orientadas a demostrar una factibilidad técnica temprana de los conceptos tecnológicos. Esta fase implica la validación de los componentes de una tecnología específica empleando una segunda validación con la comunidad objetivo, antes de iniciar su construcción y validación en laboratorio.
<i>MTRL5</i>	Prueba experimental y analítica del concepto: Esta fase se demuestra la factibilidad técnica de los conceptos tecnológicos por medio de pruebas analíticas y a pruebas en laboratorio.
<i>MTRL6</i>	Validación de componentes/subsistemas en prueba de laboratorio: Esta fase valida la factibilidad técnica, usable y robusta de los conceptos tecnológicos por medio del uso de un ambiente controlado y una tercera interacción del usuario final y/o actores con el desarrollo.
<i>MTRL7</i>	Validación de sistemas, subsistemas o componentes en entorno relevante: Se busca validar las características técnicas, robustas, usables, regulatorios del sistema, subsistemas o componentes en un entorno similar al ambiente en que se va a instalar.
<i>MTRL8</i>	Validación del sistema, subsistemas o componentes en entorno agrícola: en esta fase se cuenta con un producto mínimo viable o que ofrezca un funcionamiento completo cercano a las características reales del planteamiento, y que haya superado las revisiones dispuestas en el apartado anterior. La solución es evaluada por campesinos, actores o demás interesados en forma de demostración técnica, a fin de obtener retroalimentación que permita el mejoramiento del sistema o su futura comercialización.

- Concepto sobre pequeño productor agricultor campesino

Cuando se establece el concepto del pequeño productor, tanto FAO [4]–[6] como MADR (Decreto 2179 de 2015, Ley 16 de 1990) se consideran aspectos como trabajo de tierra o solvencia económica, dejando de lado alguna definición para el pequeño productor agricultor campesino. [329], RIMISP y RED trabajó en una definición, pero enfocada a la familia agrícola [330] o incluso en el término unidades agrícolas, terminología que adoptó el gobierno colombiano hasta 2016. No obstante, puedo extraerse pequeños fragmentos que dieron lugar a su definición: el pequeño productor agricultor campesino, es un investigador del trabajo con la tierra y su finca su laboratorio. Cuenta con amplia experiencia en cultivo, siembra, cosecha y postcosecha, y puede clasificarse en dos tipos: uno, caracterizado por el manejo de recursos limitados y dedicados a la producción de subsistencia y los otros, obtienen recursos suficientes de su actividad agropecuaria [331].

5.2.5.2 FASES DEL MODELO

El framework AgCDV establece que el usuario final es el pequeño productor campesino y que debe ser implementada en su entorno rural en donde su actividad económica principal sea la agricultura a pequeña escala. De forma adicional, entiende que la innovación (sistema, subsistema o cualquier solución relacionada con la tecnología IoT) debe tener en cuenta a los actores alrededor del proceso productivo,

por lo que se enfoca en mantener un canal abierto entre los diferentes interesados a fin de ofrecer a los diseñadores estrategias para el desarrollo de una solución escalable, sostenible y adoptable por la comunidad rural.

AgCDV está conformado por tres fases que asocia a siete etapas, clasificadas de acuerdo al objetivo que buscan. La **Tabla 17** tiene como propósito mostrar de forma resumida las fases y la relación con cada uno de los procesos

Tabla 17. Descripción de procesos del framework conceptual para el desarrollo integral de soluciones IoT rurales

FASES	PROCESO	DESCRIPCIÓN
<i>Contextualización: Todos aquellos procesos enfocados en caracterizar y entender el lugar donde se implementará la solución</i>	Planificar	Proceso responsable en iniciar el ciclo para el desarrollo de la solución. Es responsable de administrar los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, por medio de la programación y regularización de actividades. En este proceso también se formalizan posibles alianzas y búsqueda de pares que validen esta planificación temprana.
	Recopilar	Proceso encargado de la formalización de una base documental desde información académica, de patentes y empresarial en relación a la solución planteada. Este proceso también es el encargado de recopilar información rural disponible que le permita al equipo investigador realizar un boceto inicial de la solución.
	Aprender	Proceso en el cual el equipo investigador escucha y aprende sobre el contexto rural. Expone el boceto a la comunidad y realiza una retroalimentación activa, en donde, en un proceso de codiseño, los lugareños validan la idea inicial y establecen correcciones y adecuaciones.
<i>Desarrollo: Procesos cuyo objetivo sea el diseño y construcción del prototipo a desplegar en una comunidad rural</i>	Idear	Proceso en el cual se realiza un esquema conceptual de la solución. Se toman decisiones con respecto a construcción tomando en cuenta estándares industriales. Se evalúan varias soluciones y dependiendo de la retroalimentación obtenida, se genera un mapa de ruta que permita la generación de soluciones sostenibles y escalables.
	Diseñar	El diseño conceptual se transforma en un Prototipo, un prototipo en etapa temprana que le permite a los lugareños interactuar con el fin de realizar una segunda evaluación, retroalimentar a los diseñadores sobre posibles desafíos y oportunidades. En etapa tardía, este prototipo se somete a los requerimientos técnicos y estructurales en pruebas de laboratorio.
<i>Verificación: Procesos asociados a la</i>	Testear	Se selecciona una familia que cumplan las con un ambiente controlado para el funcionamiento adecuado de la solución. Los investigadores realizan seguimiento sobre el funcionamiento del

FASES	PROCESO	DESCRIPCIÓN
<i>etapa de evaluación de la innovación en su lugar de desempeño</i>		sistema/subsistema o componentes, así como la interacción que tenga la familia con la innovación. La familia y el equipo investigador realiza los últimos ajustes antes de ser pasado a la siguiente etapa.
	Desplegar	Por medio de visitas técnicas y demostraciones, los investigadores muestran la potencialidad de la solución a un grupo de usuarios con problemas comunes que puede ser solucionado con la innovación. Se realizan jornadas de asesoramiento, entrenamiento y workshop con el fin de asegurar una adecuada adopción tecnológica. Se emplean canales con características similares a la postventa y encuestas de satisfacción, con el fin de identificar percepciones y/o dificultades sobre el uso de la nueva tecnología o detectar nuevos problemas que serán oportunidades para iniciar nuevamente el círculo.

A continuación, se establecerá una descripción del modelo. Se ofrecerá un diagrama de flujo al inicio de cada fase para mostrar al lector la relación entre las diferentes actividades del proceso y relación con actores, y se complementará con la explicación escrita del proceso.

- **FASE 1: Contextualización**

Esta fase, tiene como objetivo preparar al equipo de trabajo para el desarrollo de una solución, sistema, subsistema o elemento que incorpore tecnologías IoT para zonas rurales, es decir, establecer un escenario que permita la formulación de soluciones IoT cercana a las necesidades a entornos rurales. La **Figura 92** muestra el diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del proceso mientras que la **Figura 93** sugiere una interacción de responsables con actores de acuerdo a cada etapa del proceso.

AgCDV inicia con una idea inicial en respuesta a una problemática que ha sido evidenciada desde el sector gubernamental, social o privado (inclusive, de una innovación implementada). Usualmente, esta idea está sujeta a preconcepción originado de experiencias previas, imaginarios alrededor del contexto rural relacionados con el atraso, pobreza e ignorancia de la poca documentación al alcance de la mano [329]. Aún si el equipo investigador cuenta con experiencia en el desarrollo de soluciones alrededor de una gama de tecnologías IoT, se sugiere que solicite ayuda de expertos en el área de diseño, transferencia y despliegue de tecnologías TIC en zonas rurales, ya que la ejecución de los procesos no suele darse de forma habitual a como se da en otros sectores productivos [284][332].

Este primer encuentro podría brindar a los ejecutores del proyecto una primera evolución en la idea original alrededor de los requerimientos, capacidades y componentes tecnológicos que antes no se habrían considerado. [Del Laboratorio al Campo](#) y [333] sugiere la búsqueda del líder comunitario, un héroe, un campeón, un intermediario. Alguien con que la comunidad se sienta identificada. Un ejemplo puede ser el profesor Yarumo, figura identificada En Caracterización del pequeño productor agricultor,

Figura 93. Diagrama de flujo de la fase Contextualización

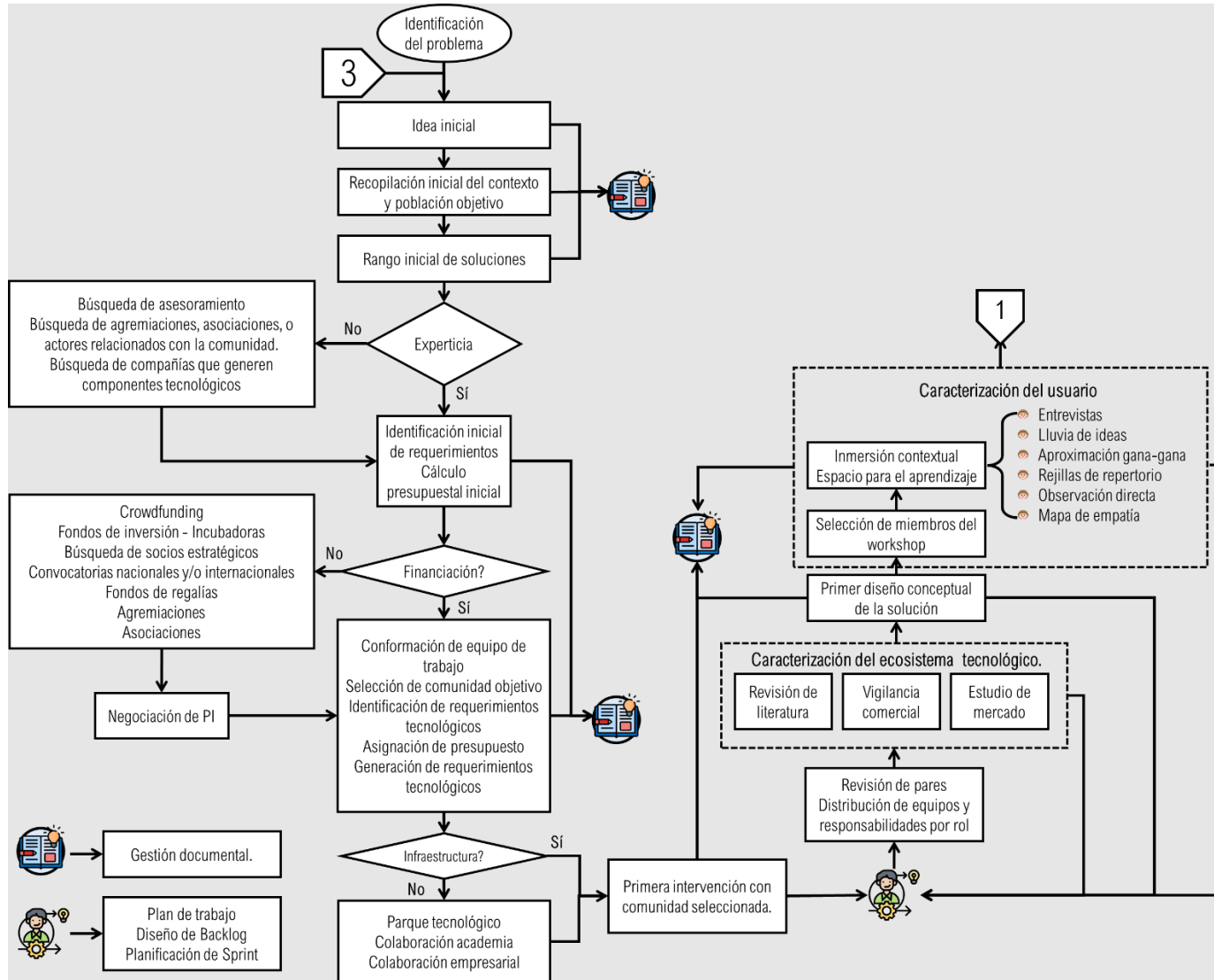
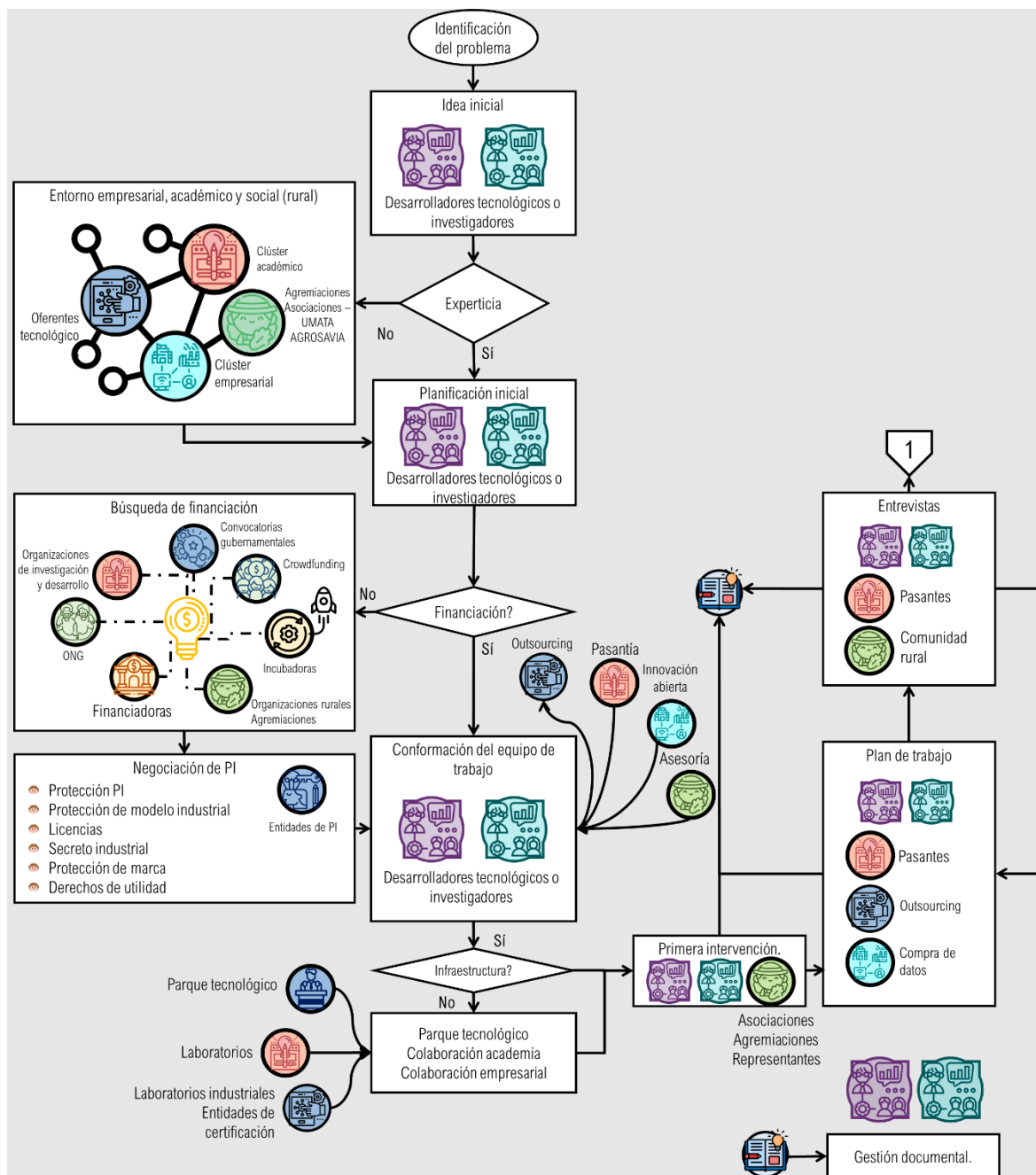


Figura 94. Diagrama de flujo con relación de actores de la fase CONTEXTUALIZACIÓN



pero en la actualidad, puede ser el presidente de la junta comunal, el sacerdote, o “la señora con la casa más grande”⁴⁸. También se sugiere establecer relaciones con la escuela rural para captura de información y una reunión con actores pertenecientes a agremiaciones, asociaciones del sector con el fin de buscar

⁴⁸ Londoño et al.[334] realiza una clasificación de actores impulsores en líderes sociales, espirituales, comunitarios, docentes de escuelas comunitarias y rectores de escuelas agrícolas.

un acuerdo común e identificar condiciones de participación. MINCIENCIAS, MADR y MINTIC, ofrece información sobre los actores, agremiaciones registradas (es posible que la información esté desactualizada) y proyectos anteriormente realizados por organizaciones (gubernamentales, académicas o privadas) que pueden relacionarse directamente con el proyecto. Este primer diálogo permite establecer los requerimientos mínimos del proyecto, identificar necesidades antes no contempladas y establecer futuras alianzas [334].

Con esta información preliminar, se inicia el proceso de **planificación**, que tiene como propósito el diseño de un esquema de trabajo con base a las metas propuestas obtenidas de los requerimientos iniciales para el desarrollo de la solución. Estos requerimientos pueden traducirse en capacidades físicas (instalaciones, software, hardware necesario para desarrollar el proyecto), capacidades intelectuales (personal) e insumos, así como una definición de la investigación básica necesaria para el desarrollo del proyecto. En esta fase inicial, el planificador debe recopilar suficiente información, que le permita establecer la ruta de ejecución del proyecto teniendo en cuenta las características de IoT y lo que involucra que sea una tecnología emergente [216], [335] y su dificultad de introducirla en entornos rurales con poca infraestructura para su montaje [21], [336].

Es muy posible que los requerimientos iniciales sean modificados en el desarrollo de la innovación. Si bien la idea inicial será modificada a lo largo de la propuesta, se recomienda poseer un concepto robusto sobre el cuál se le puedan realizar modificaciones. Esta idea inicial, sirve como estrategia esclarecedora que le permite a todos los actores dialogar y delimitar el problema, definir las actividades para el desarrollo de la solución y clarificar los intereses de todas las partes.

La **Tabla 18** describe las actividades y entregables pertenecientes a la etapa de PLANIFICACIÓN

Tabla 18. Actividades del proceso PLANIFICACIÓN

Actividades	Descripción	Entregable
Definición de los objetivos de investigación	Se recopila la información suministrada de proyectos anteriores o de expertos contactados con el fin de establecer las necesidades de investigación	Objetivo general y específico de la investigación.
Establecimiento de los requerimientos para la investigación	Establece los recursos actuales y disponibles del proyecto e identifica las necesidades faltantes para la realización del proyecto: capacidades, infraestructura, materiales, etc.	Documento de compromiso de propiedad intelectual de todas las partes
	También se encarga de establecer las necesidades de negociación de propiedad intelectual (PI) en caso de una colaboración conjunta, participación en convocatoria, fondos de regalías,	Presupuesto Lista de materiales Lista de roles
Establecimiento del plan de trabajo, diseño del backlog y	El planificador distribuye todas las necesidades del proyecto y las transforma en actividades, indicadores, y Sprint. También establece el	Cronograma de actividades Backlog Release plan

Actividades	Descripción	Entregable
planificación del Sprint	cronograma de trabajo, las responsabilidades de los roles y los entregables en cada fase. Se establece el cronograma de trabajo, los grupos de trabajo y se define los entregables.	Planeación del Sprint Backlog Sprint.
Identificación de tecnologías disponibles para la solución del problema	Con una revisión inicial, documentación de trabajos previos por la organización de investigación y desarrollo o información obtenida con la charla con expertos, se identifican tecnologías que pueden ser implementadas o adecuadas en la solución	Caracterización tecnológica inicial. Puede ser un cuadro que describa la tecnología y en qué proyectos fue empleada.
Identificación inicial de vacíos de conocimiento	Se refiere a problemas causados por soluciones rurales, oportunidades mencionadas por expertos o áreas que no han sido revisadas por investigadores, organizaciones de investigación y desarrollo o no hay publicación de fácil acceso alrededor del tema.	Planteamiento del problema Justificación

El siguiente proceso, **recopilar**, es el responsable de establecer una base de información que establece el ecosistema tecnológico alrededor del cual, pertenece el sistema propuesto. Para ello, se debe realizarse una revisión de literatura, vigilancia tecnológica y estudio de mercado: La revisión de literatura, tiene como propósito identificar documentación académica en TRL1-TRL6⁴⁹, que establezca potencialidades, desafíos y tendencias de uso, y le permita establecer al investigador un marco inicial de referencia. La vigilancia tecnológica, tiene como propósito identificar las características de las innovaciones protegidas con el fin de ser comercializadas. Con esto, puede evidenciarse un panorama de oportunidad en donde se establecen estrategias de protección de PI al reconocer aspectos faltantes. Finalmente el estudio empresarial, busca recopilar información alrededor de compañías que establecieron su nicho de negocio en un público similar, o que desarrolla estrategias similares a la solución propuesta. Esta búsqueda permite establecer contactos, alianzas e incluso identificar oportunidades de financiación e intercambio de conocimiento. De forma adicional permite identificar aquellas compañías reconocidas en la elaboración de partes que pueden emplearse en el desarrollo del sistema, o inclusive dilucidar estrategias de comercialización, tendencias de instrumentos, materiales, certificaciones, etc. La **Tabla 19** expone de forma detallada, cómo se sugiere el desarrollo de cada una de las actividades pertenecientes a este proceso.

Tabla 19. Actividades del proceso RECOPIRAR

Actividades	Descripción	Entregable
Definición de los criterios de búsqueda	Se establece criterios de selección y calidad para la revisión de literatura, vigilancia tecnológica y estudio comercial. Los criterios pueden establecerse desde la	Criterios de búsqueda y selección de información

⁴⁹ De acuerdo a la definición suministrada por MINCIENCIAS

Actividades	Descripción	Entregable
	<p>selección de ventanas de tiempo, bases de datos, tipos de documentación, palabras claves, sector productivo y cualquier otro punto de interés. Es importante identificar el ambiente político en el que se va a desplegar la innovación (políticas sectoriales, regulatorias, de financiación) así como verificar mecanismos de transferencia (actores institucionales, agencias gubernamentales, sector privado, ONG, iniciativas, estrategias de diseminación tecnológica) que se puede encontrar en la sección de financiamiento o agradecimientos [75], [229], [337]</p> <p>En cuanto a la valoración tecnológica, los criterios suelen estar orientados hacia el costo, confiabilidad, familiaridad con la tecnología, diversificación, uso percibido e interoperabilidad con otros sistemas [159], [338], [339].</p> <p>En cuanto a la evaluación de mercado, se busca compañías desarrolladoras de la tecnología, disponibilidad de la tecnología (local o doméstica), acceso a financiamiento/créditos, y evaluación de funcionalidad con las cadenas productivas del sector de pequeña escala.</p>	
Validación de criterios de búsqueda	<p>Revisión de estrategia de búsqueda por partes de expertos. Estas revisiones pueden establecer otras fuentes de investigación que no han sido consideradas anteriormente o cuyo acceso es limitado.</p>	<p>Criterios de búsqueda y selección de información actualizados</p>
Ejecución de la búsqueda y documentación de información pertinente.	<p>Antes de descargar la información para ser filtrada de acuerdo a los criterios seleccionados, es necesario establecer pautas de ejecución con el equipo que ejecutará la búsqueda. Esto es, el uso de documentos para recopilar información, instrumentos de análisis o mantenimiento de la base de datos. Todos los integrantes deben comprender cuáles son los criterios y cómo seleccionar o desechar la información. Es posible que requieran de un acompañamiento cercano durante el inicio de la ejecución.</p>	<p>Base de datos con artículos seleccionados</p>
Caracterización de hallazgos	<p>Se desarrolla junto con el equipo de trabajo un sistema de clasificación que permita un análisis más sencillo de los hallazgos obtenidos</p>	<p>Análítica y síntesis de los artículos seleccionados</p>

Actividades	Descripción	Entregable
Identificación de tecnologías disponibles para la solución del problema	Documentación de tecnologías obtenidas del análisis de revisión de literatura, vigilancia tecnológica ⁵⁰ y estudio comercial. Se identifican tecnologías que pueden ser implementadas o adecuadas en la solución y se contrastan con el compendio inicial	Caracterización tecnológica contrastada. Puede ser un cuadro que describa la tecnología y en qué proyectos fue empleada.
Identificación de vacíos de conocimiento	Se refiere a problemas causados por soluciones rurales, oportunidades mencionadas por expertos o áreas que no han sido revisadas por investigadores, organizaciones de investigación y desarrollo o no hay publicación de fácil acceso alrededor del tema.	Planteamiento del problema Justificación

Parte de la caracterización poblacional puede obtenerse en esta fase, pero es posible que la información esté clasificada (pertenece a una organización que pagó por ella), sea de difícil acceso (repositorios universitarios sin salida a internet o comercializadores de información) o se encuentre desactualizada. Es por ello que la fase **aprender** es necesaria. Entendiendo que son muy pocas las investigaciones que ofrecen libremente un estudio poblacional (por la inversión económica y social que implica), el proceso lo que busca es realizar una caracterización del usuario en una zona rural delimitada. No debe buscarse el desarrollo de un estudio que pueda beneficiar a todas las comunidades campesinas [288], [305], [340], ya que, entre diferentes entornos rurales no se da de forma similar la transferencia y la adopción tecnológica: existen marcas culturales, metáforas, elementos propios de cada región, e inclusive vereda [304] [341]. En esta fase, se debe entender que el equipo desarrollador es analfabeta, y que debe preocuparse por aprender en establecer una comunicación adecuada con los pequeños productores campesinos, si desea identificar cual es la ruta más adecuada para para ser presentada.

Las actividades realizadas para establecer un proceso de aprendizaje pueden ser observadas en la **Cuadro 20**. Técnicas empleadas para recopilación de información en zonas rurales. El objetivo de **aprender** es capturar tanta información útil como sea posible de los requisitos del usuario, en base a observar qué hacen, cómo lo hacen y qué se necesita para traer bienestar [341]. Métodos como observación directa, en la cual el investigador se convierte en la sombra de un miembro de la comunidad, suele ofrecer buenos resultados. Del Laboratorio al Campo recomienda seleccionar una escuela para la caracterización de la comunidad. Los niños, emisarios tecnológicos, se convierten en capturadores de información, y pueden ser ojos y oídos de los evaluadores. Las actividades asociadas a este proceso pueden ser observadas en la **Tabla 20**.

⁵⁰ Proceso organizado, selectivo y permanente que busca capturar información interna y externa a la organización alrededor de la ciencia y tecnología seleccionada para el desarrollo del producto o servicio. Mediante su análisis se empleará en la toma de decisiones dentro de la organización (Norma UNE 166006: 20011 Gestión de I+D+I)

Tabla 20. Actividades del proceso APRENDER

Actividades	Descripción	Entregable
Identificación de los requerimientos para primer trabajo con la comunidad.	<p>Este proceso debe desarrollarse a partir de dos estrategias: por medio de una reunión con actores movilizados (espirituales, comunitarios, rector de escuela rural, gubernamentales, asociaciones) [334]. De este encuentro, se obtiene una visión sobre el interés particular de cada uno de los actores, y el establecimiento de apoyo para el despliegue de la idea. La segunda estrategia debe darse empleando estrategias “down and dirty” o tipo guerrilla, en donde se busca obtener información a los agricultores sobre dolencias de la zona y percepciones alrededor de la tecnología que va a desplegarse (sobre su utilidad y carácter usable).</p>	<p>Grabaciones, fotos, recopilación documental, acta de reunión. Entrevistas, resultado de observación directa, álbum fotográfico</p>
Selección de los miembros del workshop	<p>Selección de miembros de la comunidad a partir de la invitación directa en la estrategia tipo guerrilla o a partir de actores movilizados. Este grupo focal debe estar conformado por estudiantes, padres de familia, líderes comunitario, docentes, madres del programa familias en acción [334]. Deben pertenecer de diferentes entornos socioculturales y socioeconómico, diferentes niveles educativos, diferentes dinámicas familiares [342] (tradicionales, en transición y no convencionales). Se presentan los objetivos de la investigación y se presenta el documento de consentimiento informado y se ofrece una orientación sobre las implicaciones de participar, los horarios establecidos y el sitio de trabajo [311].</p>	<p>Agenda de actividades (en forma de carteles que serán ubicados a la salida y adentro del espacio de reunión). Entrevistas Álbum fotográfico.</p>
Establecimiento de técnicas para la participación activa	<p>Conjunto de técnicas que pueden ser establecidas para el trabajo con una comunidad rural en búsqueda de la cohesión social entre la comunidad y el equipo investigador, así como propiciar espacios para la generación de ideas, desarrollo de hábitos y fortalecimiento de formas organizativas que propicie el despliegue de la tecnología transferida[311]. El equipo investigador debe comprender que lo que se busca, más que el despliegue de un proyecto financiado, es una estrategia de intervención que posibilite a la comunidad ser protagonista de su propio destino como lo manifiesta Prins [343] citado en [311].</p>	<p>De acuerdo al tipo de problema y técnica seleccionada</p>

Actividades	Descripción	Entregable
Inmersión contextual	En este proceso, se debe generar un espacio de común acuerdo con la comunidad sobre el uso de conceptos claves alrededor del proyecto. Para ello, se debe entregar libros de referencia en donde se encuentren conceptos claves que se emplearán en cada una de las reuniones así como ejercicios experimentales que faciliten el aprendizaje de los agricultores [344]. Así mismo, es importante el desarrollo de manuales que le ofrece al facilitador conceptos claves empleados en el entrenamiento así como las estrategias empleadas.	Libro de referencia. Manual para extensionistas (facilitadores).
Sensibilización alrededor del uso de la tecnología emergente	Se sugiere desarrollar un discurso que incluya aspectos culturales y ambientales, más allá de lo meramente económico de acuerdo a lo expuesto por [345] mencionado en [346]. La tecnología emergente debe comprenderse como un mecanismo que puede traer bienestar a la comunidad y debe alinearse alrededor de los dolores propios de la zona rural [214].	Técnicas seleccionables de la Tabla 12
Espacio para el aprendizaje	El equipo investigador debe comprender que establecerá un diálogo con un par que pertenece a otro sector productivo, y que por ende, puede plantear estrategias, soluciones e instrumentos propios de su oficio; es entonces cuando el equipo investigador debe propiciar una red de confianza con el campesino en donde múltiples saberes puedan influir en el desarrollo de la innovación [214] [346].	Técnicas seleccionables de la Tabla 12

- FASE 2: Desarrollo

Con la información base recopilada en contextualización, se da inicio a los procesos de ideación y diseño. El objetivo del proceso **idea**, en la selección de las mejores tecnologías de acuerdo al contexto recopilado y que solucione el problema identificado en la etapa **aprender**. Es de importancia acotar que, a partir de este punto, se deben realizar dos tipos de diseños: un diseño técnico, en donde se emplea la tecnología para solucionar el problema, y un diseño usable, en donde se hace hincapié en cómo interactúa el usuario con la tecnología, tal como se puede observar en el diagrama de flujo de la **Figura 96**.

Pero, además de la incorporación de marcas culturales corregidas, elementos ergonómicos a los elementos de diseño técnico desarrollados, se hace imperativo agregar un tercer elemento, y este es, incluir elementos diseñados para la vejez. Ph.D. Jeff Jhonson, profesor de la Universidad de San

Francisco⁵¹ explica consideraciones de diseño alrededor de nuevos productos, que sólo consideran las necesidades de las nuevas generaciones tecnológicas.

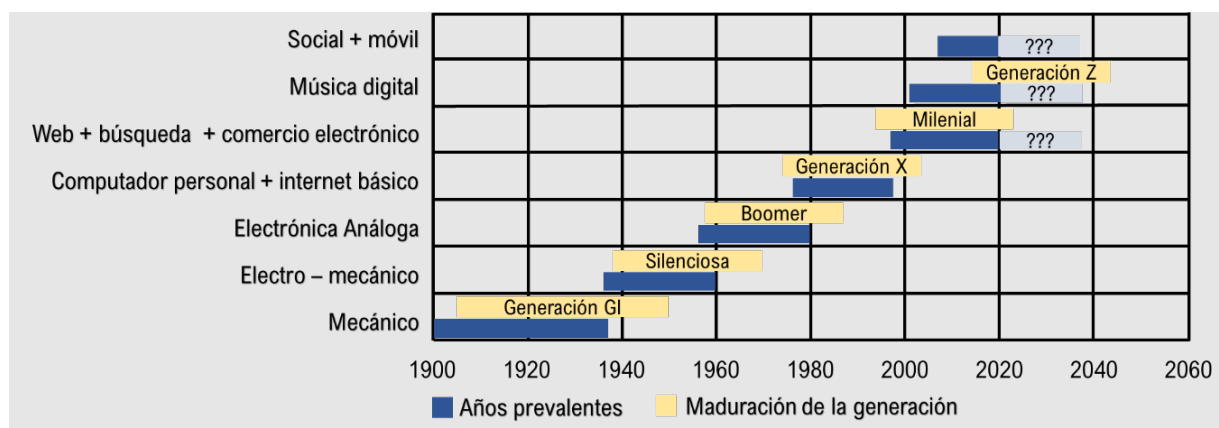
Los elementos diseñados para entornos agrícolas no toman en cuenta problemas asociados con los adultos mayores, pero que todos nosotros hemos experimentado alguna vez. En el entorno agrícola, algunos de estos problemas se profundizan:

- **Visión:** El sol puede ser tan radiante, que imposibilita interactuar adecuadamente los dispositivos móviles en zonas rurales. Eso sin contar con problemas asociados con problemas de refracción de visión que exige el uso de gafas las cuales no se emplean en entornos de trabajo agrícolas al ser elementos estorbosos y sin uso en el desempeño de actividades.
- **Control Motor:** entre los elementos software analizado diseñado para la agricultura, se exige el uso de motricidad fina para interactuar con las interfaces. Cuando se trabaja en los campos, los campesinos desarrollan callosidades en los dedos, las manos se engrosan, y constantemente se encuentran empuñadas de polvo, barro o hierbas, que imposibilitan el uso correcto de elementos táctiles. Incluso, el hecho de usar guantes, dificulta la interacción con elementos que exijan la producción de movimientos pequeños y precisos.
- **Cognición: Atención, aprendizaje, memoria:** La comunidad rural está caracterizada por un 50% de campesinos que alcanzan culminar básica primaria, y al menos 250000 más clasificados en el analfabetismo [17], [347], por lo que la información suministrada por estas soluciones, no son comprendidas y no cumplen su criterio de utilidad ya que imposibilitan que el campesino tome buenas decisiones con base a lo que observan. Los elementos empleados en forma de íconos tampoco ayuda, ya que al implementar elementos no reconocibles o contextualizables, no se puede hacer uso de la memoria o el recurso de la metáfora, por lo que estos elementos tampoco son usables.
- **Conocimiento:** Poca experiencia técnica, experiencia técnica obsoleta o inclusive el uso de lenguajes “extraño” o nuevo para la comunidad; obligan a los campesinos a actualizarse constantemente en una carrera técnica o superior para poder interactuar con los dispositivos; o en su defecto; depender de ingenieros agrónomos, emisarios tecnológicos o extensionistas agrícolas que “traduzcan” la información con el fin de tomar mejores decisiones.

Como se puede calcular empleando los datos de la **Figura 94**, y teniendo en cuenta los datos suministrados por Terridata, se puede establecer que la manipulación de elementos agrícolas debería incorporar elementos propios de tecnologías Electro-mecánicas, ya que de acuerdo con Alan F. Newell *“Diseña para adultos mayores, y lograrás diseñar para casi todo el mundo.”*

⁵¹ Información recopilada de la Master Class ofrecida por Interaction Design Foundation: “How to Design for an Aging Population”

Figura 95. Generaciones tecnológicas



Fuente: Docampo Rama et al. [348]; Sackmann & Winkler [349] citado en "How to Design for an Aging Population" por Ph.D. Jeff Jhonson

Para ello, se sugiere que los diseñadores tomen en cuenta los siguientes elementos, que suelen ser empleados en soluciones agrícolas:

- Texto ilegible
- Uso de contraseñas
- Objetos que se pierden a simple vista
- Dificultad en resolver CAPTCHAs
- Íconos misteriosos y símbolos no reconocibles
- Botones o elementos pequeños
- Navegación confusa
- Actualizaciones frecuentes y cambios en la interfaz
- Dificultad en conseguir soporte técnico
- Demasiada información.

Es por ello que esta etapa, sugiere diferentes actividades con el apoyo de la comunidad campesina. Ellos, como principal público que entiende y debe sopesar estas dolencias diariamente, podrían ofrecer soluciones de interacción que no habrían considerado, mitigando problemas con interacción. Para ello, se propone llevar a cabo las actividades propuestas en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Actividades fase DESARROLLO

Actividades	Descripción	Entregable
Identificación de posibles usos	Con las tecnologías seleccionadas y la documentación de casos de uso, se esquematizan posibilidades de implementación en las diferentes fases del sistema. Se analiza la funcionalidad del sistema, haciendo un gráfico que va acorde a la funcionalidad acordada. Se usa mapa de ruta para identificar el desempeño de la	Lista de tecnologías seleccionable en cada parte del diagrama de bloques. Bosquejo inicial

Actividades	Descripción	Entregable
Planteamiento gráfico de la solución	<p>tecnología a corto, mediano y largo plazo, y con ello, verificar potencialidades de implementación, escalabilidad e integración entre todas las opciones posibles.</p> <p>Los hallazgos deben ser documentados</p> <p>Diagrama de bloques del sistema teniendo en cuenta que una parte será evaluada por pares, y otra por el usuario (interacción). Se recopila datos necesarios para realizar ingeniería básica: preguntas como, ¿el lugar tiene internet? ¿Qué tipo de cultivos se cultiva? ¿Existe un sistema de riego? ¿Hay servicio de electricidad constante? ¿Qué características posee este sistema de riego? ¿Qué información les interesa obtener los actores? Con estas respuestas, se plantea una estrategia de tres tiempos: corto, mediano y largo plazo [350][288]. Este ejercicio se resolverá más adelante. Estas estrategias deben ir acompañadas con los canales de TT acordes para su transferencia.</p> <p>Los hallazgos deben ser documentados</p>	<p>Bosquejo genérico</p> <p>Diseño sucio con diagrama de bloques</p>
Diseño de concepto	<p>Definida por [351] como una idea aproximada del funcionamiento del producto y su aspecto, es la etapa como la responsable de establecer la viabilidad y restricciones del sistema y construcción [352]; se eliminan las opciones no viables; se identifica la información requerida para el diseño y su construcción (materiales para la carcasa o demás necesidades para la adecuación de la infraestructura, componentes electrónicos como sensores, placas, caudín, etc.; necesidades de adquisición de software para el diseño, simulación, etc.). Es un proceso iterativo que conformado por una serie de etapas generativas y evaluativas con el fin de llegar a la solución más favorecedora. Se subiere un establecimiento de redes de confianza entre firmas de manufactura con los fabricantes, con el fin de llegar a un acuerdo para producción en masa.</p>	<p>Bosquejo de medidas detallado con planos</p> <p>Resultado de lluvia de ideas, análisis morfológico y SCAMPER</p>
Diseño técnico	<p>Establece el conjunto de decisiones alrededor del diseño técnico de la solución que se desea desplegar. En este proceso, puede implementarse cualquier metodología referente al diseño técnico, siendo la sugerida en este framework el modelo Das V empleado</p>	<p>Benchmarking de elementos tecnológicos, mapas de ruta de los elementos seleccionados en el</p>

Actividades	Descripción	Entregable
	<p>por el gobierno alemán en el desarrollo de proyectos complejos, gestión de proyectos y su ciclo de vida. El modelo V posee un énfasis en la verificación de lo desarrollado en la parte izquierda de la V y validación en su parte derecha con el fin de asegurar la adherencia entre actividades equivalentes. No obstante, como ya se había mencionado, puede emplearse otras metodologías de diseño, como PRINCE, PRINCE2, STAGE-GATE, metodologías cascada [351], etc. Como sugerencia, sólo se establece la necesidad de un diseño modular teniendo como prioridad el diseño de un sistema con características mínimas pero que puedan ser aumentadas en un corto, mediano y largo plazo.</p>	<p>estudio de benchmarking Diseño básico del sistema [352] Diseño de detalle del sistema [352]</p>
<p>Definición del concepto de calidad</p>	<p>Estándares seleccionados para el desarrollo del prototipo. Estos estándares son de dos tipos: técnicos (asociado a normatividades, políticas, disposiciones legales) y de interacción (marcas culturales, metáforas, y demás elementos discutidos en Caracterización de modelos de experiencia/centrado en el usuario). Estos criterios deben venir de un encuentro entre stakeholders, pares y diseñadores y deben ir acorde a las políticas, regulaciones (medioambientales, civiles, redes eléctricas, uso del agua, etc.) e infraestructura del lugar.</p>	<p>Documento con estándares seleccionados</p>
<p>Diseño de la interfaz humano - máquina</p>	<p>Identifica aquellos aspectos que pueden ser incorporados en la solución. Estos aspectos pueden ser: gestos profesionales (movimientos motores innatos y adquiridos que les permite desarrollar una actividad específica y reaccionar a su ambiente), gestos sin esfuerzo muscular (de posicionamiento, repetitivos, continuos, seriales y estáticos); ergonomía cognitiva (proceso mental que le permite al ser humano interactuar con el entorno a partir del uso de sus receptores); identificar fenómenos perceptivos relacionados con las marcas culturales y tradiciones. En este punto se determinan cuatro principios de buen concepto: Visibilidad (todos los componentes son visibles para el usuario); modelo conceptual (el concepto permite entender su funcionamiento sin necesidad de un tutorial); topología (la solución emplea</p>	<p>Caracterización del grupo focal Resultados de observación directa. Análisis de imágenes, audio y video Análisis de entrevistas Álbum fotográfico Diario de campo [311], [334]</p>

Actividades	Descripción	Entregable
Evaluación del sistema para su construcción	<p>analogía física reconocible en el contexto) y retroalimentación (el concepto adecúa aspectos que le permite entender al usuario cuando está realizando de forma adecuado una actividad) [353].</p> <p>En este apartado, se identifican todas aquellas limitaciones para la construcción y despliegue del sistema de acuerdo al contexto. Se consideran varios aspectos como morfología del terreno y del cultivo; conexión a internet; estado de las vías;</p>	<p>Estudio de factibilidad Evaluación de riesgos</p>
Desarrollo de prototipo para prueba de concepto	<p>Prototipo desarrollado con gama de componentes seleccionados. Se presenta en forma de diagrama de bloques [288] sugiere elaborar un documento de prueba del concepto inicial, mantener al mínimo el número de soluciones que se desea probar manteniendo los requerimientos al mínimo.</p>	<p>Bosquejo de medidas detallado con planos y con posibles elementos seleccionados de fabricantes</p>
Construcción del presupuesto y revisión del cronograma	<p>Con el material obtenido, el equipo investigador puede construir un presupuesto real y realizar la revisión del cronograma, el cual puede ser utilizado en la formulación de proyectos futuros. Este presupuesto debe ser actualizado regularmente, teniendo en cuenta aspectos como la inflación, los resultados de la vigilancia tecnológica y estudio de mercado, políticas arancelarias. Se sugiere que esta actualización se de cada seis (6) meses o ante la novedad de alguna norma arancelaria. El cronograma puede ser actualizado con base a las experiencias y documentación perteneciente al equipo investigador a partir del diseño, desarrollo y despliegue de proyectos similares.</p>	<p>Presupuesto y cronograma de actividades. Matriz de riesgos</p>
Diseño y construcción del prototipo	<p>El equipo investigador debe identificar aquellos aspectos de interés que deseen probar con la comunidad. Estos aspectos deben ser presentados de forma provocadora⁵² y lúdico.</p> <p>El esquema adoptado por [341], establece un punto de inicio (en forma de cuestionario) en donde se puede recopilar nuevos requerimientos, prototipar, evaluar el prototipo, realizar entrevistas sobre el prototipo e identificar nuevos requerimientos del usuario. Este esquema es factible, cuando se habla de software, pero es costosa con elementos hardware. Es por ello que el</p>	<p>Diseño sucio Prototipo en etapas iniciales Metaplan y visualización móvil</p>

⁵² El prototipo, por definición, es un prototipo en fase inicial (o diseño sucio) conformado por elementos provocadores [381].

Actividades	Descripción	Entregable
	<p>provotipo es ampliamente empleado, ya que el diseñador se concentra en mostrar ante la comunidad rural aquellos puntos de interacción que le permita al campesino explorar, manipular y aumentar su curiosidad alrededor de la innovación, familiarizándose con ella y participando en su desarrollo. [305] v [341] establece un conjunto de técnicas innovadoras establecidas en otros contextos, para ser empleadas en esta planificación, como es el uso de la matriz DOFA, lluvia de ideas y dramatizaciones que los investigadores realizarían alrededor del uso de las tecnologías propuestas, con base a la información obtenida de la fase APRENDER. Es posible que la mayoría de decisiones no sea acertada, pero podrán ser corregidas en el siguiente proceso: CODISEÑO.</p> <p>Se adecúa el esquema de valores de Schwartz mencionado en [354], en donde la tecnología desarrollada debe contemplar:</p> <p>Autogestión: el provotipo debe generar una pensamiento y acción independiente para explorar, crear, elegir.</p> <p>Estimulación: el provotipo debe generar excitación, novedad, un reto de vida</p> <p>Hedonismo: El provotipo debe generar placer o gratificación al usarse.</p> <p>Logro: el provotipo debe generar éxito personal al demostrar competencia de acuerdo a los estándares sociales.</p> <p>Poder: participar en espacios de co-creación debe representar un estatus social y prestigio</p> <p>Seguridad: El provotipo debe evocar seguridad, armonía y estabilidad.</p> <p>Tradicición: el provotipo debe respetar y aceptar la cultura de la comunidad, al incorporar marcas culturales en su diseño.</p> <p>Benevolencia: El provotipo se ha originado a partir de la idea de preservar y mejorar el bienestar de la comunidad.</p> <p>Universalidad: El espacio de co-creación debe diseñarse en un ambiente de entendimiento,</p>	

Actividades	Descripción	Entregable
Codiseño	<p>apreciación, tolerancia y protección de la riqueza de la comunidad y su naturaleza.</p> <p>Codiseño, co-creación, innovación participativa [311], son conceptos equivalentes que define un espacio de empatía que permite una coevolución del problema y la solución mencionado por [355] en [346]. [288] y [341] sugiere que, a partir de este punto, se mantenga un ritmo de revisión constante con la comunidad, en el cual se puede usar un proceso de moderación típico: Apertura, introducción del tema, focalización, profundización, toma de decisiones, documentación y cierre [311]. El equipo de trabajo debe repartir roles y tareas, entre las que se identifica el moderador (encargado de cada sesión de trabajo y su conducción para la obtención de resultados concretos y prácticos); co-moderador (apoyar al moderador en el control del tiempo, uso de elementos y demás parte logística) y documentador. [288] sugiere que el equipo investigador siempre mantenga una mentalidad de negociación y desarrollen técnicas en los que tomen la iniciativa en la gestión de la puesta y funcionamiento del ecosistema de diseño.</p>	<p>Metaplan y visualización móvil</p> <p>Técnicas y dinámicas grupales empleadas de acuerdo al propósito (siguiendo el hilo; ha llegado una carta; viento, lluvia y tormenta; la mosca ciega; etc.)</p> <p>Identificación de nuevos requerimientos</p> <p>Identificación de soluciones alrededor de elementos de interacción.</p>
Diseño técnico	<p>Etapas pertenecientes al proceso de diseño de la innovación (en este caso, una solución IoT de riego). Este diseño, debe concentrarse en los elementos que pertenecerán a cada una de las capas IoT (tres capas, 5 capas, IoT cisco, capa de middleware o modelos y servicios) de tal forma que solucione el problema.</p> <p>Usualmente, se gestiona el diseño y desarrollo de una plataforma IoT que interconecte todos los nodos sensores a través de un nodo sumidero; recopile datos que serán evaluados y comparados con los resultados obtenidos por una inteligencia artificial y un servicio en la nube, que al final dictaminará si se debe regar o no, y por cuánto tiempo. Este diseño toma en cuenta las características técnicas indicadas en el capítulo Desarrollo integral de soluciones IoT para entornos agrícolas.</p> <p>Esta etapa, también contempla la necesidad de establecer una protección de propiedad intelectual que permita la venta de licencias y futuras oportunidades de</p>	<p>Diseño de ingeniería al detalle</p> <p>Requerimiento de materiales para su construcción</p> <p>Esquema de medidas PCB</p>

Actividades	Descripción	Entregable
Diseño de interfaz humano máquina	<p>comercialización sobre el equipo desarrollador de la tecnología. De acuerdo a la OMPI [356], [357] existen tres formas que constituyen la protección de propiedad industrial el cual puede ser revisando en la Figura 95.</p> <p>También llamado diseño empático, es el proceso mediante el cual se da la incorporación de las marcas culturales, metáforas, ergonomía en los objetos que conformará la solución. Adicionalmente, se sugiere considerar la incorporación de elementos dirigidos para la vejez que mitigue los problemas asociados con la interacción y así propiciar el uso de la solución por la mayor parte de la comunidad.</p> <p>Para este desarrollo, se sugiere el esquema de valores de Schwartz mencionado en [354], en donde la tecnología desarrollada debe contemplar:</p> <p>Autogestión: Necesidad de controlar y masterizar; requerimiento internacional de autonomía e independencia.</p> <p>Estimulación: Necesidad de variedad y estimulación para mantener un óptimo y positivo nivel de activación.</p> <p>Hedonismo: Placer asociado con la satisfacción de necesidades</p> <p>Logro: Supervivencia del individuo al desarrollar competencias.</p> <p>Poder: Justificación para diferenciación en estatus al implementar técnicas de riego agrícola IoT.</p> <p>Seguridad: Bienestar que trae la solución a la familia del agricultor, en cuanto aumento de la productividad, optimización de recursos acuíferos y disminución de inversión en la preservación de cultivos.</p> <p>Tradicición: La solución debe respetar las tradiciones al implementar marcas culturales en el desarrollo de la innovación.</p> <p>Benevolencia: El prototipo es desarrollado para probar un bienestar (en este caso, asociado a técnicas de riego).</p> <p>Universalidad: El prototipo representa una protección al medio ambiente.</p>	<p>Diseño de ingeniería al detalle</p> <p>Selección de materiales para su construcción.</p> <p>Diagramas de impresión para impresoras 3D.</p>

En esta fase, es crucial la documentación de hallazgos. Estos deben contener información crucial que permita al investigador “regresar sobre sus pasos” con el fin de tomar mejores decisiones de diseño si es

necesario. Se sugiere que la documentación posea: conjunto de decisiones junto con su valoración; descripción de cada solución (haciendo hincapié en elementos, sistemas, subsistemas que la componen); links para rápida búsqueda. También es deseable que esta documentación sea de fácil acceso para todos los miembros que pertenecen al equipo de investigación, haciendo uso de repositorios que permitan almacenar links de acceso direccionados al archivo.

Figura 96. Tipos de protección de propiedad industrial / propiedad intelectual

Nuevas creaciones	Marcas y signos distintivos	Secreto empresarial	Derechos de autor
Hace referencia a desarrollos novedosos, innovadores	Hace referencia a la identificación de bienes y/o servicios empleando elementos distintivos como dibujos, símbolos, signos que sean perceptibles a simple vista	Es cualquier información no divulgada que posea legítimamente su titular, que pueda usarse en alguna actividad productiva, industrial, comercial, académica o científica que no sea conocida ni fácilmente accesible a quienes se encuentran en los círculos que en forma usual manejan la información respectiva, que tenga un valor comercial por ser secreta, además de ser susceptible de transmitirse a un tercero.	Son los concedidos a los autores por la creación o transformación de obras literarias o científicas
<input type="checkbox"/> Patente <input type="checkbox"/> Invención <input type="checkbox"/> Modelo de utilidad <input type="checkbox"/> Diseño industrial <input type="checkbox"/> Circuito integrado <input type="checkbox"/> Esquema de trazado	<input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Lema comercial <input type="checkbox"/> Nombre comercial <input type="checkbox"/> Enseña comercial <input type="checkbox"/> Indicación geográfica		<input type="checkbox"/> Derecho de autor <input type="checkbox"/> Derechos conexos

Fuente: OMPI y Universidad EAFIT [356], [357]

También es necesario compartir con diferentes actores los hallazgos alrededor del diseño y desarrollo de la innovación, esto con el fin de lograr reconocimiento a nivel nacional e internacional, conseguir nuevos canales de financiamiento y fortalecer redes para futuros proyectos conjuntos. Estos canales pueden ser:

1). Gacetas tecnológicas: revistas especializadas en mostrar a un público variado y experto innovaciones relacionadas en software y hardware. A nivel mundial hay varias reconocidas como Popular Mechanics, Wired Magazine, Computer World, MIT Technology Review, E&T Magazine, Technology Review, Popular Science. En Colombia un ejemplo puede ser Enter, Muy Interesante y demás revistas tecnológicas que soportan las universidades y la SIC. Además, los canales privados (por medio de los noticieros y periódicos) han establecido espacios en donde se muestran innovaciones en diferentes sectores.

2). Tech Briefs: Presentan innovaciones producidas por la NASA, el ejército, laboratorios federales, universidades y empresas comerciales y demás centros I+D líderes en todo el mundo. A diferencia de las gacetas tecnológicas (en donde sólo se muestra el aspecto innovador de la solución y sus características

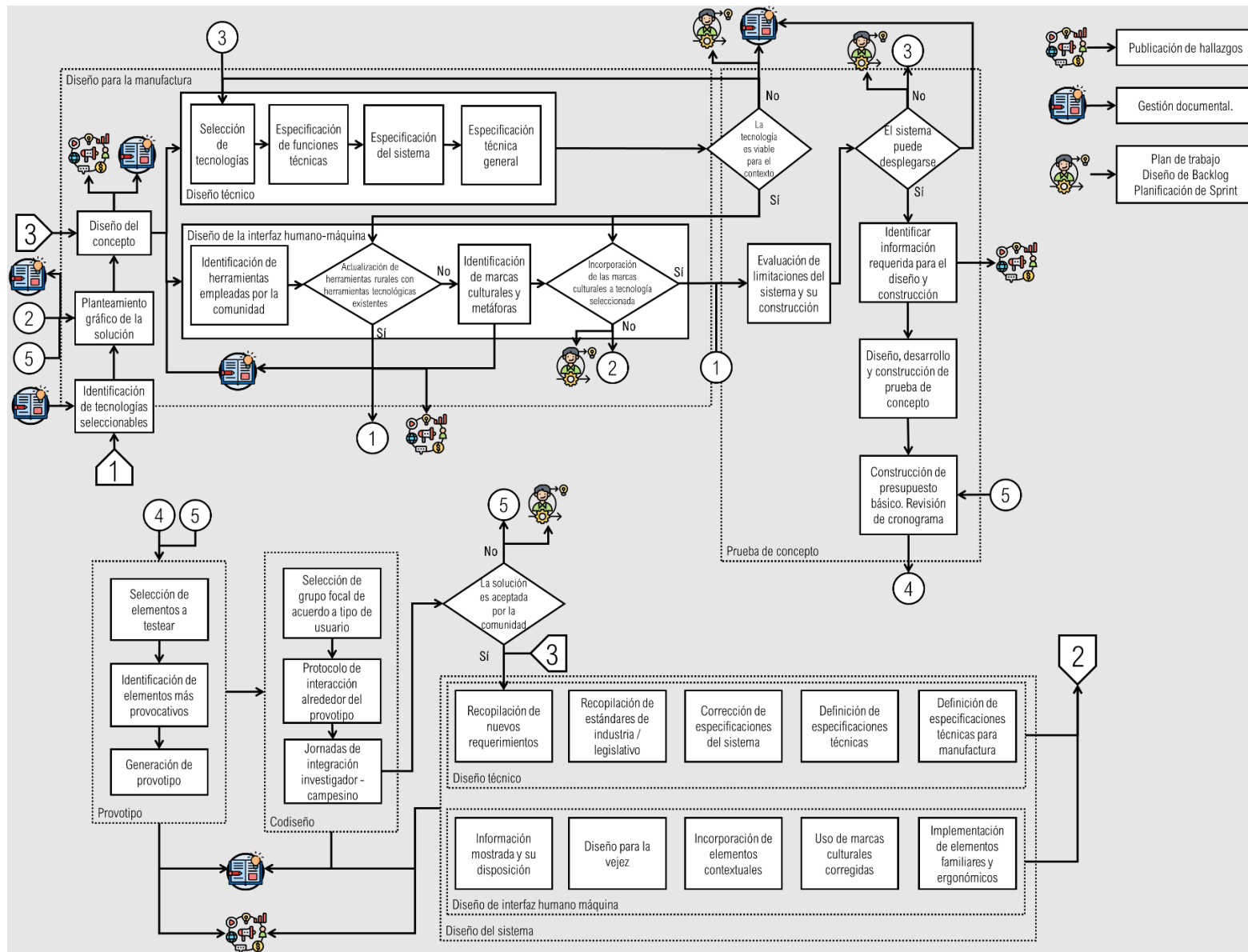
más atractivos (o disruptivos), transmite información técnica a un público concreto y normalmente en el lugar de trabajo o inclusive en la Cámara de Comercio.

3). Artículos académicos: Presentan innovaciones producidas por el ejército, laboratorios federales, universidades y empresas comerciales y demás centros I+D líderes en todo el mundo. Su carácter va más enfocado a un público académico, haciendo hincapié en nuevas teorías o la verificación de conceptos. Usualmente, se busca la validación de un grupo de expertos alrededor de una tecnología disruptiva la cuál podría ser explotada en el futuro.

4). Participación en congresos: Le permite al equipo investigador compartir conocimientos específicos relacionados con el proyecto relacionado. En estos espacios de concertación, se busca establecer relaciones con otras redes de conocimiento (no necesariamente académicas) mientras se comparte avances, teorías, oportunidades y tendencias alrededor de un tema de interés. Los congresos pueden ser de origen empresarial, académico, social o gubernamental, y dependiendo del ente organizador el discurso que debe formularse.

5). Participación en mesas de competitividad: Espacio de concertación entre el sector público y privado alineado a la estrategia de Desarrollo Territorial con miras a fortalecer la productividad y competitividad del departamento. En este escenario, el equipo investigador busca establecer nuevas redes de confianza, así como posibles clientes en los que se pueda explotar la innovación.

Figura 97. Diagrama de flujo de fase DESARROLLO

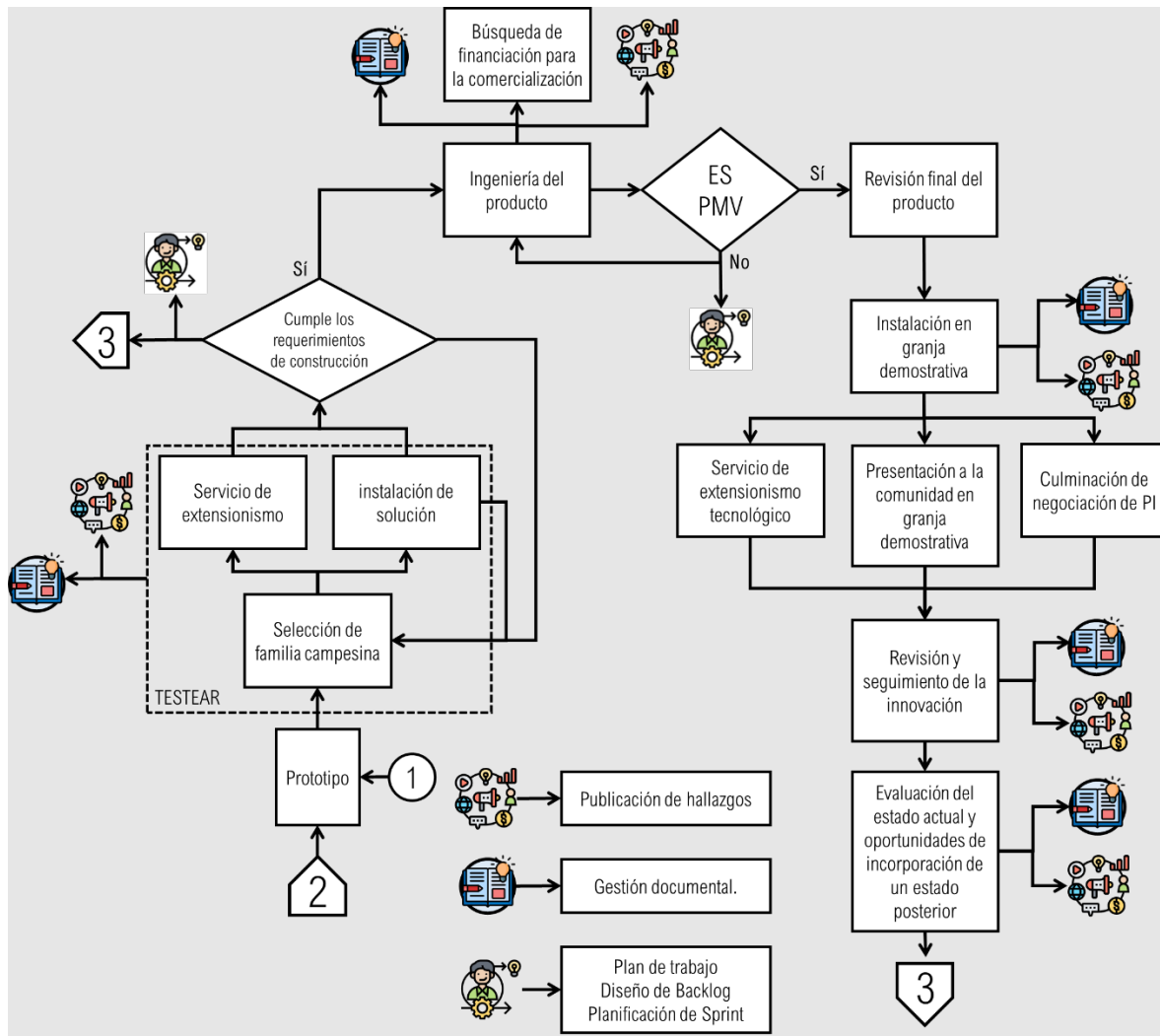


- FASE 3: Verificación

Con los criterios identificados en la FASE 2: DESARROLLO se desarrolla un prototipo que será sometido a diferentes pruebas in situ, en una familia que asegure la funcionalidad de la solución de un 80-100%. Para ello, se requiere que la familia: a) Tenga conexión a internet (puede ser o no estable; puede tener una conexión de 2G-4G); b) uno de sus miembros sea un emisorio tecnológico y c) un sistema de riego automatizable (deseable mas no obligatorio).

La **Figura 98** señala cada uno de los pasos que permite la transformación de prototipo a producto mínimo viable (PMV) y su posible comercialización, en forma de venta de licencias y como adquisición por parte de una asociación, agremiación, CENI en forma de una solución *freemium* para la comunidad deseada.

Figura 98. Diagrama de flujo de fase VERIFICACIÓN



Cada una de las actividades inherentes a los procesos de testeo y despliegue observados en la **Figura 89** serán descritos en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Actividades fase VERIFICACIÓN

Actividades	Descripción	Entregable
Selección de familia campesina	<p>Se establece como requerimiento una familia en donde la innovación pueda probarse y que asegure una funcionalidad del 80-100%. Esto significa, que la familia goce de conexión a Internet, algún miembro sea un emisario tecnológico y (deseable más no obligatorio) posea un sistema de riego. Esta familia debió haber participado activamente desde el workshop, por lo que se establece una confianza y familiaridad con el grupo investigador.</p> <p>Otros aspectos pertinentes a tener en cuenta son: a) Facilidad de ingreso a la finca, b) Facilidad de vías de acceso, c) tiempo que toma el equipo investigador en llegar a la finca, d) medios de comunicación disponibles (reuniones virtuales, WhatsApp, llamadas telefónicas) y e) disponibilidad de la familia para la participación de las pruebas.</p>	<p>Fotos del lugar Medidas de variables asociadas al suelo Caracterización del tipo de cultivo. Toma de intensidad de señal a Internet.</p>
Instalación de la solución	<p>Dependiendo del análisis anterior, se despliega la solución: instalación de los nodos sensores, nodo sumidero y elementos de interacción con los agricultores (apps que pueden ser instaladas en tabletas, celulares, o artefactos con elementos análogos, recordando las recomendaciones suministradas de la Figura 94. Generaciones tecnológicas. [288] recomienda que la innovación permanezca instalada durante 12 meses alrededor de una aldea, considerando que es un tiempo suficiente para que aparezcan daños típicos de las soluciones IoT de riego (desgaste de la batería, carcasas, problemas con celdas fotovoltaicas, etc.), pero la decisión está supeditada a la financiación recibida por el proyecto. De acuerdo a lo observado en la duración de proyectos IoT en Colombia financiados por MINCIENCIAS, estas instalaciones tiene un tiempo de despliegue de 1 a 2 meses.</p>	<p>Mapa de despliegue de elementos/ subsistemas / sistemas instalados Mapa de conectividad</p>
Servicio de extensionismo	<p>Asociado a la instalación, se sugiere realizar un servicio de extensionismo con la familia seleccionada con el fin de asegurar la adopción tecnológica. Este servicio está</p>	<p>Registro de llamadas / WhatsApp en donde se identifique principales</p>

Actividades	Descripción	Entregable
Ingeniería del producto	<p>en forma de acompañamiento, asesoría y capacitación a los dueños de la finca, en la forma que el equipo de investigación considere pertinente (se sugiere que se evite la virtualidad en la medida posible). Este acompañamiento debe realizarse el tiempo en que la instalación permanezca en la finca y acordarse con antelación con la familia campesina seleccionada.</p>	<p>problemas e inquietudes. Plan de capacitaciones de acuerdo con temáticas y capacidad. Manual de usuario</p>
	<p>En esta fase, se identifica las posibilidades de explotación de comercialización (en forma de uso de licencia, servicio, producto), el público objetivo, la cantidad de productos que se desarrollarán en una primera fase de comercialización y la especificación de materiales recopilada en la fase anterior. Para esta etapa, se sugiere considerar los niveles de madurez comercial (CRL – Capability Readness Level) y sus recomendaciones.</p>	<p>Idea y refinamiento de producto Análisis de tecnología-producto-mercado Planteamiento de propuesta de valor análisis competitivo básico Identificación de proveedores, socios y clientes potenciales Identificación de requisitos, certificación o reglamento para el producto/servicio</p>
Evaluación del producto mínimo viable	<p>Se emplean los criterios propuestos por [18] para verificar si la solución IoT de riego puede considerarse un producto mínimo viable. Estas son: Flexibilidad: cómo la lógica abstracta del sistema IoT se representa de forma adecuada por medio de la interfaz del sistema. Los componentes que pertenecen al sistema, deberían ser capaces de funcionar en diferentes ambientes [358]. Deben tener la capacidad de adaptarse a la mejor funcionalidad basada en la preferencia y necesidad [359]. Operabilidad: Todos los sistemas, subsistemas y elementos que conforman la solución IoT deben ser consistentes en funcionalidad y permitir que sus usuarios puedan adoptarlos de acuerdo a sus especificaciones [359]–[361] Capacidad de Aprendizaje: De acuerdo con [362] la mejor característica de calidad de un sistema, es la facilidad de uso que pueda ofrecer. Con el fin de lograr</p>	<p>Requerimientos de los datos (comprender qué datos se deben adquirir, planificar el desarrollo de base de datos, funcionalidad, flujo de información, almacenamiento de los datos, forma de usar los datos de forma eficiente) Requerimientos del ambiente (el sistema es seguro, confiable, interoperable) Requerimientos funcionales (descripción de cada uno de los elementos del sistema, generar posibles</p>

Actividades	Descripción	Entregable
	<p>esta característica [363] y [364] sugieren que las tareas emulen las características que son reconocibles por los usuarios. Elementos complejos, de acuerdo a [359] sólo genera errores.</p> <p>Capacidad de Comprensión: Facilidad con que el usuario se familiariza con la solución IoT [359]. [358] describe a la funcionalidad como el cumplimiento de requisitos del sistema IoT en su diseño, desarrollo y despliegue.</p>	<p>problemas del sistema, especificaciones técnicas).</p> <p>Requerimientos del usuario (requerimientos del usuario relacionado con su interacción con el sistema. Se sugiere un documento de referencia técnica que represente al sistema completo</p>
<p>Revisión final del producto</p>	<p>En este apartado, se sugiere someter el producto, bien o servicio, a una certificación que asegure su fiabilidad y funcionalidad.</p> <p>Existen diferentes tipos de certificaciones, emitidas usualmente por los desarrolladores de elementos, subsistemas y sistemas. Entre esas certificaciones se sugiere (pero no se limita a):</p> <p>Certificados ISO 9001: Estándar internacional de calidad</p> <p>Certificados ISO 140001: Estándar internacional del medio ambiente.</p> <p>Certificados ISO 450001: Certificado Internacional de Salud y Seguridad Ocupacional</p> <p>Política de Gestión Libelium</p> <p>Certificado IP68: Protección contra el polvo fino (IP6X) y el agua (IPX8).</p> <p>Certificado IK7: Protección contra golpes</p> <p>Certificado de conectores (CE, FCC, IC, RCM, ANATEL)</p>	<p>Certificaciones de la innovación o los procesos asociados a su desarrollo.</p> <p>Garantía ofrecida por el oferente al adquirir el producto, bien o servicio.</p>
<p>Instalación en granja demostrativa o Centros demostrativos de Capacitación (CDC)</p>	<p>Las granjas demostrativas [365] son puntos de encuentro entre campesinos, extensionistas y facilitadores que tienen como objetivo la adopción de buenas prácticas desde lo <i>“técnico, lo ambiental, lo social y lo económico”</i>. Es una de las mejores estrategias reconocidas para la transferencia tecnológica en zonas rurales [304] (después se establece el campesino a campesino [366]) en donde se instala tecnología de última generación para el sector agrícola. En ese caso particular, se usó con el fin de comparar, en tiempo real, diferentes tipos de</p>	<p>Acuerdos y/o permisos para despliegue de granja demostrativa.</p> <p>Negociación de licencias</p>

Actividades	Descripción	Entregable
<p>Servicio de extensionismo tecnológico agrícola</p>	<p>sistemas de riego, a fin de calcular el aumento de productividad de los cultivos, al optimizar el recurso acuifero, al reducir los gastos de mantenimiento del cultivo.</p> <p>Actualmente existen diferentes iniciativas de granjas demostrativas: la iniciativa PEPSICO que ha desplegado tres granjas demostrativas (DemoFarms) en Colombia las cuáles buscan implementar buenas prácticas agrícolas alrededor de técnicas de riego y agricultura sostenible con el fin de propiciar su uso por más agricultores con el fin de mejorar el bienestar y calidad de vida; en Santander hay fincas demostrativas en Suratá (apoyado por la Corporación Colombia Internacional⁵³ con Minesa), en la provincia de Soto Norte (desplegado por Minesa)</p> <p>De acuerdo con Sennova⁵⁴, se entiende por extensionismo tecnológico como la estrategia para mejorar las capacidades internas organizativas en pro al aumento de la competitividad y productividad mediante el uso de canales de transferencia tecnológica tales como acompañamiento, asesoría y capacitación. En agricultura, se entienden como capacidades internas todas aquellas que potencien el aumento de productividad y competitividad alrededor de la cadena de valor agrícola: siembra, cosecha, riego, transporte, etc.</p>	<p>Manuales para extensionistas agrícolas. Cartillas para agricultores</p>
<p>Presentación a la comunidad en granja demostrativa</p>	<p>De acuerdo a [304], es la mejor forma percibida como transferencia tecnológica agrícola es la demostración y su subsecuente presentación de la innovación empleando el voz a voz (campesino a campesino). Se organizan espacios con la comunidad en donde se demuestra las características de las nuevas innovaciones y los beneficios frente a las técnicas tradicionales. Los extensionistas agrícolas, a través de las UMATA, se encargan de presentar la solución a los campesinos asistentes, y sirven como intermediarios entre los oferentes tecnológicos y los pequeños productores que se demuestren interesados en adquirir o cambiar la técnica de riego.</p>	

⁵³ [Nuestros Servicios : CCI Corporación Colombia Internacional](#)

⁵⁴ La definición puede ser encontrada aquí: <http://sennova.senaedu.edu.co/Extensionismo.html>

Actividades	Descripción	Entregable
Culminación de negociación de PI	Una vez finalizada la financiación, se realiza una revisión de entregables y todas las partes son libres de explotar la innovación de acuerdo a lo establecido en el contrato. La solución puede explotarse (de acuerdo al estudio de vigilancia comercial) en forma de: asesoramiento; soporte a la asociación; entrenamiento y capacitación; diseño personalizado; instalación; operación y mantenimiento; distribución de productos; configuración de software dependiendo del requerimiento para riego; garantía; FAQ y soporte.	Estrategias para explotación de la innovación en forma de modelo de negocio.
Revisión y seguimiento de la innovación	Empleando canales de acompañamiento y seguimiento, los oferentes tecnológicos realizan no solo un seguimiento al comportamiento de la innovación, sino a la adopción que se da por parte de la comunidad seleccionada, en forma de adquisición, venta y servicios de postventa.	
Evaluación del estado actual y oportunidad de mejora	Dependiendo de la retroalimentación ofrecida por la comunidad campesina (o nuevos problemas que hacen su aparición al implementar la nueva tecnología en sus quehaceres cotidianos) y las oportunidades de mejora identificadas en el proceso de diseño, el equipo investigador participa en nuevas convocatorias que les permita financiar el desarrollo de una nueva idea, inicializando un nuevo ciclo.	

5.3 RESULTADOS ASOCIADOS AL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Para poner a prueba el framework AgCDV, se establece el estudio de una solución IoT de riego desde dos diferentes puntos de acción: mediante el diseño y desarrollo de proyectos de pregrado y mediante el diseño y desarrollo de un AGRORIEGO V2.0 por medio del desarrollador tecnológico ThinkLink siguiendo las sugerencias del framework. Las fases y actividades relacionadas con el proyecto se ven reflejadas en el **Cuadro 23**.

Cuadro 23. Fases y actividades relacionadas con el objetivo 3

Fase asociada al objetivo 3	Actividades
Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto	Elaboración de instrumentos para captura y análisis de información sobre la evaluación de modelo de transferencia tecnológica a lo largo del proceso (desde la ideación y desarrollo de la tecnología AGRORIEGO hasta la implementación de la tecnología a la comunidad objetivo) Construcción de herramientas de investigación en experiencia de usuarios para zonas rurales remotas Diseño de protocolo para captura de datos Caracterización del público objetivo Registro y gestión de resultados obtenidos
Analítica de resultados	Comparación de resultados, tecnología agroriego v1 vs agroriego v2 Documentación de resultados obtenidos
Evaluación de los resultados	Participación en seminarios doctorales Presentación de examen de suficiencia Desarrollo de prácticas en grupo de investigación – Universidad de Deusto
Promoción y divulgación	Organización y gestión de eventos de divulgación sobre resultados Participación en ponencias Dirección de proyectos de grado Publicación de artículos científicos sobre resultados

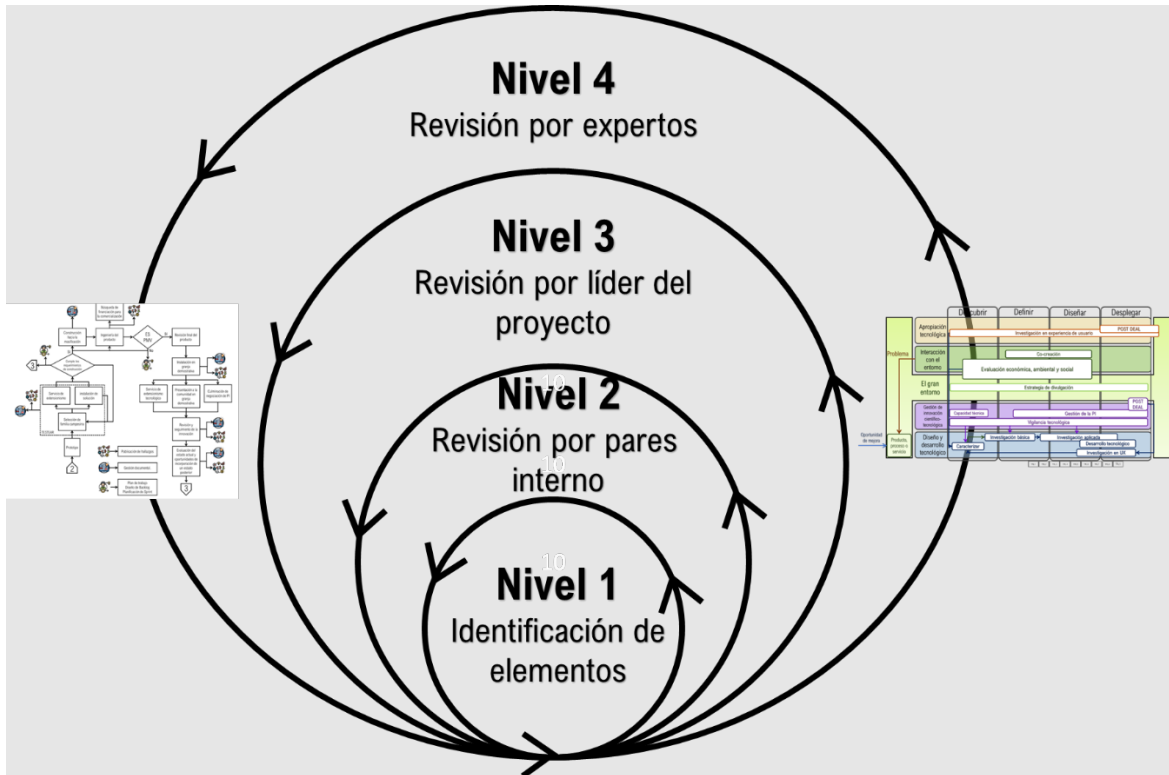
5.3.1 Construcción, ejecución y seguimiento de prueba piloto

Este proyecto posee una base exploratoria que permite la articulación de definiciones y conceptos que a primera vista, no muestran relación alguna. Es por ello que, como estrategia, se busca que la validación del modelo sea mediante la metodología de triangulación, en el cual se explica y/o valida un fenómeno a través de la convergencia de información que permita combinar resultados e interpretar, a la luz de un estudio cualitativo y cuantitativo (ambos con la misma prioridad de implementación) [367]. Las fuentes seleccionadas para la validación del modelo conceptual fueron las siguientes:

5.3.1.1 Validación del modelo mediante la revisión por pares – Proyecto AGRIOT

Fue la primera versión del modelo. El trabajo realizado en la iniciativa AGRIOT, permitió establecer un primer acercamiento sobre cómo debería establecerse el marco de diseños al enfocarlo como un proceso que pertenece a un modelo de transferencia tecnológica. La formulación del modelo se dio de forma iterativa, incremental y adaptativa a partir de varios niveles (Nivel 1 al nivel 4 que se pueden ver en la Figura 99) de la siguiente forma:

Figura 99. Esquema de validación del modelo.



NIVEL 1 – Identificación y prueba de procesos: iniciando con una revisión de literatura⁵⁵ se identifica diferentes metodologías, instrumentos y procesos empleados para el diseño de soluciones articuladas para el sector productivo de pequeña escala. Estos hallazgos eran sometidos a una validación en las actividades coordinación de proyectos de pregrado, maestría y semillero AGRIOT. La validez de las estrategias se daba en tres momentos:

- Calidad en el desarrollo de propuestas de los estudiantes: Los estudiantes aplican métodos, metodologías e instrumentos en el desarrollo de los proyectos de pregrado, maestría y para participación en encuentro de semilleros de las universidades Bumanguesas. La validación de los procesos implementados se daba por revisión de pares en la actividad “revisión de anteproyecto”.

⁵⁵ O identificadas por medio de recomendación de pares académicos.

- Diseño, desarrollo y despliegue de las propuestas: Los estudiantes articulan el diseño, desarrollo y despliegue de soluciones las cuáles eran validadas entre los miembros del semillero AGRIOT⁵⁶ y el equipo de trabajo de AGRIOT⁵⁷, y expertos en extensionismo agrícola, oferentes tecnológicos y expertos en el desarrollo de proyectos. Estos proyectos tienen un seguimiento por medio de pares académicos en una periodicidad de 1 a 4 meses. La verificación del éxito o mejora de la iniciativa se da en torno de la nota obtenida por el estudiante (en referencia a los proyectos de pregrado y maestría) o en forma de reconocimientos obtenidos por participación en diferentes eventos (encuentro de semilleros, publicación de artículos científicos).
- Evaluación del diseño, desarrollo y despliegue por parte de pares: Los estudiantes muestran sus hallazgos en forma de participación de encuentro de semilleros y como culminación de sus respectivos proyectos de pregrado y maestría, los cuáles serán evaluados por pares académicos quienes brindarán sus respectivas recomendaciones. La validación del proceso se da en forma de nota definitiva para proyectos de pregrado y maestría y como reconocimiento en participación de diferentes eventos (encuentro de semilleros y publicación de artículos científicos).

De esta etapa se identifica la importancia de implementar micro gestión para la coordinación de actividades; documentación de todo el proceso alrededor del diseño, desarrollo y despliegue de la solución; innovación abierta en el entorno académico (los estudiantes compartían abiertamente la información y resultados de sus proyectos a los otros estudiantes del semillero por medio de la plataforma TRELLO (ver **Figura 98**), y se daba mejoras en forma de otros proyectos que podían beneficiar al inicial). Para facilitar la transferencia de información, los proyectos estaban codificados por nombres clave y por íconos que eran de fácil reconocimiento entre todos los miembros del semillero. De forma adicional, se mantiene un canal de WhatsApp en el que se establece un canal abierto de comunicación entre los diferentes desarrolladores.

De forma adicional, se emplea la plataforma DISCORD (ver **Figura 99**) como estrategia para la dirección de los respectivos proyectos. Toda la documentación en estado de desarrollo era alojada en la plataforma, de tal forma que el documento final era alojado en TRELLO. El versionamiento está dado por la temporalidad de las notas, el cual podría ser revisado fácilmente.

Estos hallazgos fueron comunicados para la siguiente nivel.

⁵⁶ Conformado por todos los estudiantes y docentes interesados en integrarse a la iniciativa AGRIOT.

⁵⁷ Conformado por el investigador principal, PhD Cesar Guerrero; coordinador del proyecto MsC. Leidy Johanna Flórez (también estudiante del doctorado en ingeniería – red Mutis) y estudiante de doctorado PhD(C). María Alexandra Espinosa C.

Figura 100. Estructura de trabajo y documentación empleando plataforma TRELLO

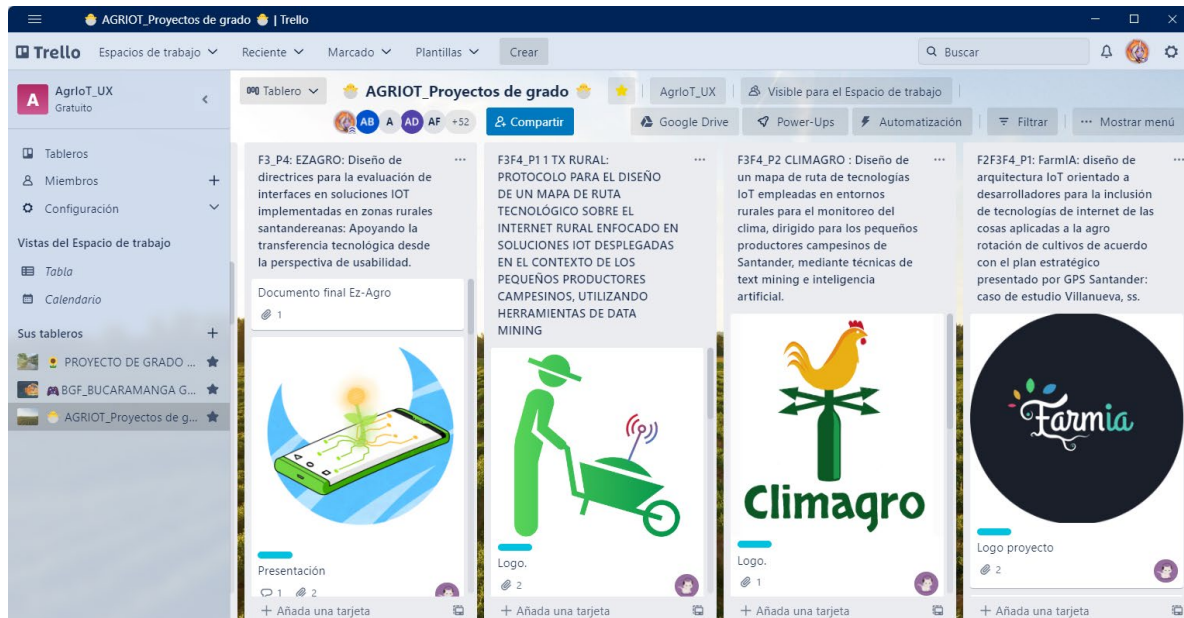
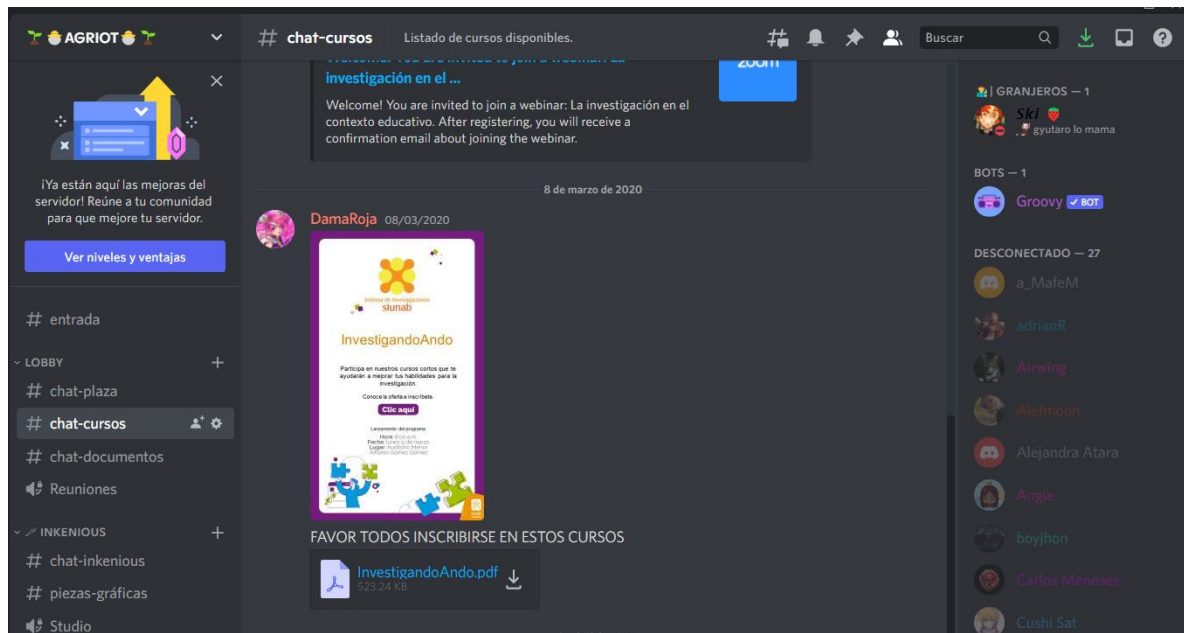


Figura 101. Esquema de trabajo y documentación empleando plataforma DISCORD



NIVEL 2 – Evaluación por pares: Aquellos procesos exitosos fueron compartidos al equipo técnico AGRIOT, quienes revisan su posibilidad de incorporación al modelo H a partir de una evaluación de experiencias exitosas en otros ámbitos e información identificada en el desarrollo del proyecto. Esta revisión se realizaba con una periodicidad semanal, y se lleva registros de cambios en la plataforma MURAL en forma de diagrama de flujo y a partir de sketch empleando software como MyScript. Los

resultados obtenidos son recopilados, publicados en TRELLO (desde el repositorio Google Drive) y enviados al nivel 3.

NIVEL 3 – Revisión por líder del proyecto: La información obtenida del nivel anterior, es documentada en formato Word y PowerPoint y es presentada al líder del proyecto, el cuál evaluará los resultados y generará recomendaciones. Las reuniones (debido a la pandemia) fueron realizadas empleando aplicaciones como zoom y Google meets; y almacenadas en formato video para su posterior revisión. De las reuniones, podían emerger inquietudes o recomendaciones que serían revisadas en el último nivel.

NIVEL 4 – Revisión por expertos: Estos expertos formaban parte del equipo AGRIOT en forma de socios estratégicos, asesores, o como apoyo al proceso de postulación del estudiante de doctorado. Los expertos generaban recomendaciones a la luz de su experticia en áreas como extensionismo agrícola (Del Laboratorio al Campo y extensionistas agrícolas); desarrollo de soluciones IoT (Del Laboratorio al Campo, Clúster Tecnológico CREATIC, ThinkLink y DynamoElectronics); transferencia tecnológica (Clúster Tecnológico CREATIC, apoyo doctorado de ingeniería y PhD. Astrid Jaime); experiencia de usuario (PhD. Toni Granollers y MsC Ariel Orlando Ortiz Beltrán), revisión de proceso doctoral (dirección de proyecto de grado ejecutada por el PhD. Román Eduardo Sarmiento) y de forma adicional revisión empresarial por medio de invitación a seminarios y congresos (en la **Figura 100** puede observarse el encuentro con CENIPALMA, en donde se compartió parcialmente los resultados obtenidos por AGRIOT).

Figura 102. Participación proyecto AGRIOT en Seminario CENIPALMA



Fuente: Agradecimientos AGRIOT

De este proceso, se identificaban elementos que podían pertenecer al *framework* desarrollado y cuáles definiciones debían ser profundizadas alrededor de las necesidades del proyecto doctoral. Estas necesidades, daba como nacimiento nuevos temas para dirección de proyectos de pregrado y maestría, que estudiantes estaban interesados en ejecutar. Fue un total de dirección de quince (15) proyectos de

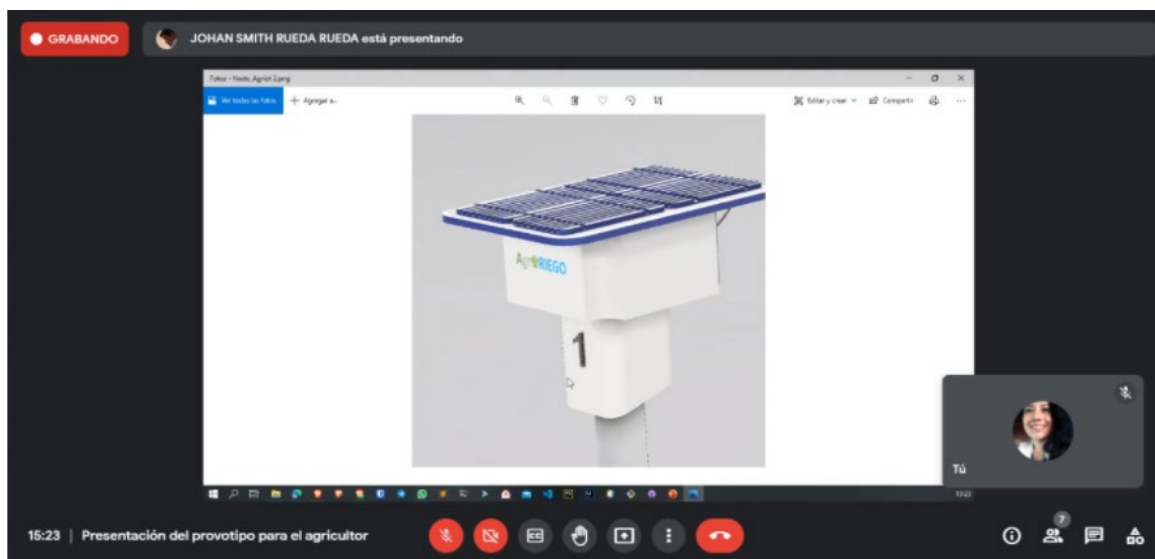
pregrado finalizados y tres proyectos de maestría (dos finalizados y uno activo). La nota promedio de los proyectos de pregrado fue de 4.6; pertenecientes a los programas de ingeniería de sistema y mecatrónica, siendo diez (10) de ellos tesis meritorias. La nota promedio de proyectos de Maestría fue de 4.5. Se logra el reconocimiento de primer y segundo lugar en encuentro de semilleros y cinco presentaciones (junto con sus respectivos artículos publicados) en congresos de nivel nacional e internacional.

5.3.1.2 Validación del modelo mediante seguimiento a ThinkLink

Mediante el diseño, desarrollo y despliegue de la solución AGRORIEGO en El seguimiento se realizó por observación directa e indirecta con los diseñadores pertenecientes a ThinkLink. Antes de iniciar con el diseño, se le presenta a ThinkLink el modelo y se sugiere seguir las indicaciones. Como medio de validación, se establece dos protocolos, uno de observación directa y otro de observación indirecta como se indica a continuación:

Observación directa: Por medio de presentaciones, visita a puesto de trabajo, seguimiento de avances. La revisión se realizaba cada quince días, en donde el equipo mostraba avances con respecto al diseño, desarrollo y despliegue de la solución y recibía retroalimentación del equipo técnico AGRIOT. De acuerdo a entrevistas semiestructuradas con los miembros del equipo, se identifica problemas con la jerarquía y seguimiento en el desarrollo de la innovación. Se identifica la importancia de gestionar la propiedad intelectual y la documentación ágil sobre la rígida recomendada por AGRIOT, la cual, entorpecía el proceso de diseño y desarrollo.

Figura 103. Reuniones con el equipo técnico ThinkLink



Fuente: Agradecimientos AGRIOT

Observación indirecta: mediante la revisión de informes exigidos por AGRIOT con el fin de verificar el seguimiento del modelo. Se estableció un total de seis entregables, cada uno apuntando hacia la evolución de la idea, concepto, provotipo, prototipo y PMV. Se observa falencias conceptuales alrededor de definiciones (que el equipo desarrollador manifestó reconocer). La gestión de informes no era una práctica

adecuada de seguimiento para las capacidades actuales de ThinkLink, e inclusive, según lo declarado por el equipo desarrollador, entorpecía su trabajo. La manifestación de inconformidad obedece, según a los resultados del documento aplicado) a malas praxis en el desarrollo de la innovación (que podrá ser observado en el capítulo Análisis y Evaluación de los resultados). A pesar de identificar falencias a nivel técnico de la innovación, se observa una incorporación activa hacia procesos orientados a incorporar activamente al usuario final (pequeño productor agricultor campesino) con el diseño de la solución de riego agrícola. Es posible que el descuido hacia el diseño técnico se diera debido a la inversión importante de tiempo en la comprensión y adecuación de procedimientos orientados hacia sistemas centrado en el usuario.

De la experiencia con ThinkLink se identifican los siguientes hallazgos:

- No se identifica jerarquía y control de mando: el equipo no estaba seguro ante quién responder, quién soluciona sus inquietudes, cómo debe gestionarse los entregables ni quién era responsable del seguimiento y revisión.
- Outsourcing como método de financiamiento alternativo.
- Muchos canales de transferencia tecnológica academia-industria no son empleados ante la incapacidad de protección intelectual alrededor del desarrollo de innovaciones. No publican artículos científicos alrededor de sus hallazgos, ni reciben pasantes. En el momento del estudio, algunos miembros de su equipo de trabajo se relacionaban con la academia como docentes, pero no dirigían proyectos de grado alrededor de su área de trabajo.
- Capacidades incompletas para el desarrollo de soluciones IoT en entornos agrícolas (todos son ingenieros especialistas en las áreas de sistemas, inteligencia artificial, IoT y electricidad), pero mantienen fuertes relaciones con el sector académico (es spin off de la UNAB) y agrícola (debido a las relaciones de confianza con entes de poder).
- El error no es documentado ni compartido.
- No se identifica bitácoras, ni diarios de campo alrededor del desarrollo de innovaciones por lo que el cambio en la toma de decisiones afecta recursos, capacidades y cronograma de forma importante.
- Manifiestan comprender la importancia de proteger sus innovaciones, pero no poseen las capacidades ni recursos para iniciar el proceso.
- Adoptan de forma activa nuevos conocimientos, pero se identifica resistencia ante la adopción de prácticas en las que se consideran expertos.
- Empleo de metodología cascada para el diseño, desarrollo y despliegue de sus innovaciones.

5.3.1.3 Validación del modelo en entorno empresarial: DynamoElectronics y Life is the Game S.A.S.

El modelo fue presentado ante dos compañías: una oferente tecnológica digital – DynamoElectronics y una desarrolladora de videojuegos – Life is the Game S.A.S.; ambas, empresas santandereanas, la primera con ocho años de experiencia en el mercado y la segunda; con 2 años de trabajo.

De la relación con ambas compañías se identifican los siguientes hallazgos:

- La incorporación de metodologías ágiles en el diseño de soluciones.
- KABAN como estrategia para visualización, seguimiento y cumplimiento de indicadores.
- Servicios de outsourcing como complemento a estrategias de financiación.
- Documentación ágil del proceso (características importantes del sistema, descartando aspectos formales y robustos. Se sugiere la documentación de partes claves del proceso y que permita al equipo desarrollador identificar rápidamente otras opciones descartadas.
- El error no es documentado ni comunicado.
- No se practica el *open innovation*. Las compañías temen que sus innovaciones sean robadas, pero no poseen las capacidades para protegerlas.
- Empleo de diferentes canales de transferencia como explotación del desarrollo de innovaciones: en el caso de DynamoElectronics, explotan su “*know how*” en forma de tutorías (poseen canal de youtube pero ofrecen clases en la biblioteca Gabriel Turbay además de charlas entidades educativas) y acompañamiento. Ofrecen servicio de diseño y desarrollo de proyectos para colegios, universidades y sector empresarial. Son intermediarios de productos vendidos en el extranjero (se identifica una red de confianza entre proveedores), desarrollan alguno de los productos estrella. En cuanto a Life is the Game S.A.S, emplea activamente el canal de pasantía, completando su capacidad de trabajo con estudiantes de diferentes universidades de Colombia en proyectos de outsourcing. Poseen problemas con la fuga de personal.
- Debido a las características del negocio, Life is The Game S.A.S posee mayor experiencia en el trabajo, técnicas y metodologías alrededor de estudios centrados en la experiencia de usuario. Emplean servicios de outsourcing en línea que les permite desarrollar estudios de experiencia de usuario de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

Ambas compañías manifiestan interés en el uso de la herramienta, y declaran su importancia en la mejora de sus procesos productivos alrededor del diseño, desarrollo y despliegue de sus respectivas innovaciones. Por recomendación de Life is The Game S.A.S, se eliminan procesos orientados a la evaluación de aspectos psicosociales de los investigadores, al considerarse que pertenece a otra área de desarrollo, y que si bien afecta el desempeño de las actividades, no va alineado a la naturaleza del proyecto.

5.3.1.4 Validación por pares externos

Una vez culminada las anteriores validaciones, se establece una revisión del modelo mediante la evaluación de pares seleccionados por su experticia en diferentes áreas empleadas en el desarrollo del modelo (PI, extensionismo agrícola, diseño de soluciones IoT de riego, HCI) y como representación de diferentes actores relacionados con el sector de pequeña escala (academia y sector público). El equipo seleccionado para evaluar el modelo desarrollado puede ser observado en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Equipo evaluador del framework desarrollado

<i>Nombre</i>	<i>Bio</i>	<i>Criterio de selección</i>
<i>Ingeniero Oscar Pulido Castellanos</i>	Desarrollador de proyectos con enfoque de Marco Lógico, con más de 10 años de experiencia en planificación, seguimiento y evaluación de	Experiencia certificada en trabajo SENA como docente, Asesor de innovación en

Nombre	Bio	Criterio de selección
	proyectos y programas en las áreas de infraestructura, educación y tecnología del sector público en Colombia. Ha diseñado e implementado proyectos de innovación tecnológica para la gestión remota del sistema de Alumbrado Público, así como proyectos para desarrollar estrategias de enseñanza de ingeniería y robótica con el modelo STEAM y aprendizaje basado en proyectos.	municipio de Floridablanca y Estructurador de Proyectos en el instituto Municipal de Cultura y Turismo de Bucaramanga.
<i>MSc. María Isabel Díaz Díaz</i>	Ingeniera Industrial de la Universidad Industrial de Santander, Especialista en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Gerencia de Riesgos, Seguridad y Salud en el Trabajo (C) de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Trabajó en el Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software – CIDLIS, donde hizo parte del equipo que lideró en el Ministerio de Educación la innovación y sistematización de los procesos de Registro Calificado y Acreditación Institucional. Gerente de Proyectos en la Cruz Roja Colombiana Seccional Santander durante 3 años; experiencia en el apoyo de las actividades para el diseño e implementación del Sistema de Gestión del Conocimiento para el SENA, posteriormente fui asesora académica y coordinadora de capacitaciones en la Asociación para el Avance de la Ciencia – AVANCIENCIA. Actualmente es la Coordinadora Académica en SACS Consultores.	Experiencia como planificadora, formuladora y líder nacional en procesos de transferencia tecnológica Academia – Industria.
<i>Ingeniero Luis Hernando Meneses Moreno</i>	Ingeniero agrónomo, especialista en Planeación y Administración del desarrollo Regional (Universidad Cooperativa de Colombia) y Especialista Tecnológico en Sistemas de Información Geográfica (Universidad Tecnológica de Santander). Posee experiencia diversa en el sector agrícola, relacionado en cultivos tropicales, jefe de división Agronómica – “UMATA”; Coordinador de proyectos relacionados con aspectos en ingeniería	Formación y experiencia en el reconocimiento y respuesta de necesidades técnicas del sector agropecuario y ambiental acordes a su contexto socioeconómico. Conocedor de las falencias del sector rural y con capacidad de implementar estrategias innovadoras para solucionarlas

Nombre	Bio	Criterio de selección
	ambiental y Director de Parques Nacionales Naturales de Colombia – Andes Nororiental.	
<i>MSc. Javier Pinzón Castellanos</i>	Ingeniero de sistemas con experiencia en la creación de una empresa spin-off centrada en el área de las tecnologías, la información y las comunicaciones. Cofundador de empresa desarrolladora de tecnologías IoT – ThinkLink, ingeniero desarrollador en productos y servicios en el ámbito del Internet de las Cosas.	Experiencia en el desarrollo de proyectos IoT agrícolas, IoT de riego. Asistente investigador del Centro de Excelencia y Apropiación del internet de las Cosas (CEA – IoT)
<i>Ph.D(C). George Washington Archbold Taylor.</i>	Ingeniero electrónico, candidato a doctor en Ingeniería de Biociencias y candidato a doctor en Ingeniería Electrónica. Visión tecnológica completa con competencias de diseño, investigación e innovación, alta capacidad de análisis y resolución de problemas; centrada en la eficiencia y la creación de valor, incluyendo la gestión de proyectos. Sólida formación en simulación de circuitos, diseño electrónico discreto para circuitos de lectura analógica y etapas frontales para sensores, comprensión teórica y caracterización de sensores, sistemas de detección en aplicaciones medioambientales y agrícolas (electroquímicas, conductivas, NIR y VIS-NIR), Internet de las Cosas y captura y trazado de esquemas de PCB.	Investigador activo de Del Laboratorio al Campo. Experiencia reconocida en el desarrollo de proyectos orientado a comunidades rurales. Experto en Project management, investigación científica, diseño electrónico discreto, IoT, sensorica y ciencia de datos
<i>Ph.D. Astrid Jaime</i>	Doctorado y máster en ingeniería industrial, con énfasis en Gestión del Conocimiento (Instituto Politécnico Nacional de Grenoble, Francia), Programa de Postgrado en Innovación y Tecnología en la Empresa (U. Politécnica de Cataluña, España), Especialización en Gestión de la Calidad (U. Santo Tomas, Colombia) e Ingeniera Industrial (U. de los Andes, Colombia). Experiencia profesional y docente en gestión de proyectos de investigación e innovación, transferencia de conocimiento, emprendimiento, propiedad intelectual y extensión. Sus líneas de investigación se centran en la Gestión del Conocimiento, la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Actualmente, Investigadora del Centro de Estudios Industriales y Logísticos para la	Experiencia demostrada en procesos de transferencia y apropiación tecnológica en el ámbito académico y empresarial.

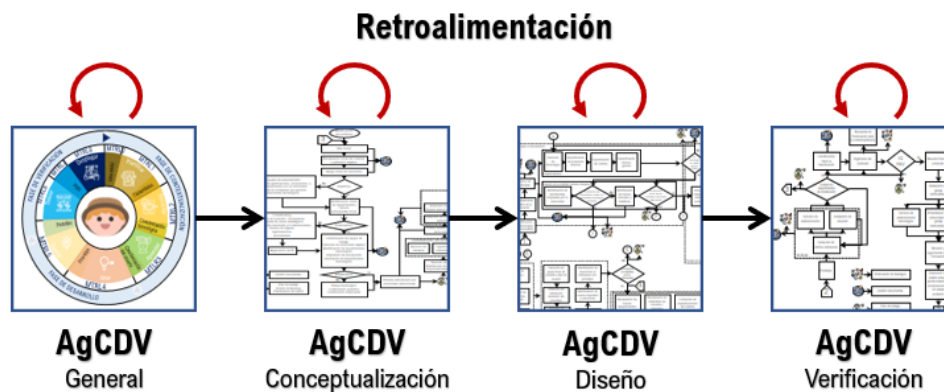
<i>Nombre</i>	Bio	Criterio de selección
<p><i>Ph.D. Luis Sebastián Mendoza Castellanos</i></p>	<p>Productividad - Ceil-Md, Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.</p> <p>Ingeniero Electricista graduado de la Universidad Industrial de Santander con Maestría en Ciencias de la Ingeniería en Energía y Doctorado Ciencias de la Ingeniería Mecánica de la Universidad Federal de Itajubá en Brasil. Programa de formación para extensionistas en Eficiencia Energética CORPOEMA. Diplomado NTC 2050 y Coordinación De Protecciones de Sobre Corriente.</p> <p>Actualmente soy profesor de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, donde realizó investigaciones y publicaciones en temas relacionados con la conversión de Energía, Generación Distribuida e integración de fuentes alternativas, a partir del recurso Solar/Biomasa.</p>	<p>Docente del doctorado en ingeniería Red Mutis. Experiencia en proyectos asociados al sector agrícola, específicamente, en la generación de fuentes alternativas a partir del recurso Solar/Biomasa.</p>
<p><i>Ph.D. Toni Granollers</i></p>	<p>Licenciado en Informática por la Universidad Autònoma de Barcelona y Doctor en Informática, especialidad Interacción Persona-Ordenador (IPO o también HCI, por Human-Computer Interaction), por la Universitat de Lleida.</p> <p>Miembro de la Asociación Interacción Persona-Ordenador (AIPO) –la principal entidad a nivel español y latinoamericano en el ámbito de la IPO, Special Interest Group on HCI (SIGCHI) de ACM y de la de la Red Colaborativa para soportar los procesos de enseñanza-aprendizaje en el área de Interacción Humano – Computador a nivel Iberoamericano (HCI-collab), y del comité "HCI Education Task Force" del SIGCHI.</p>	<p>Coautor y experto reconocido de varios libros relacionados a la temática de diseño centrado en el usuario, específicamente, en la interacción humano – máquina.</p>
<p><i>Ph.D. Julián Rodríguez Ferreira</i></p>	<p>Ingeniero electrónico Universidad Industrial de Santander, Ingeniero en Astronomía y Astrofísica del Instituto de Astrofísica de Canarias IAC, Master en Ingeniería aeroespacial, aeronáutica y astronáutica, Ph.D. en astronomía y astrofísica. Investigación Postdoctoral en del desarrollo del proyecto MuTe (<i>Muon Telescope</i>), financiado por MINCIENCIAS que tuvo como objetivo el diseño, construcción, calibración y despliegue de</p>	<p>Investigador activo en el desarrollo de proyectos asociados con Ciencia y Tecnología. Experiencia en transferencia de tecnologías emergentes en entornos académico – empresarial.</p>

<i>Nombre</i>	Bio	Criterio de selección
	telescopio detector de muones atmosféricos que atraviesan la parte central del complejo volcánico Nevado del Ruiz (departamentos de Tolima y Caldas) y del complejo volcánico Galeras (departamento de Nariño).	

Cada uno de los expertos revisó el modelo, y sugirió cambios alrededor de los procesos de acuerdo a su experticia. El protocolo establecido puede ser visualizado en la **Figura 103** y se estableció de la siguiente manera:

- Presentación general del modelo: Se establece la presentación del modelo a partir de su forma general (**Figura 89**), y se ofrece una definición de conceptos y definiciones para su formulación. Se ofrece espacio de preguntas alrededor del modelo, sus fases, la temporalidad y los procesos asociados. Esta presentación dura un aproximado de 30 minutos.
- Recepción de correcciones/recomendaciones: Tiempo aproximado de quince minutos, en donde los evaluadores exponen su punto de vista alrededor de procesos orientados a la idea y su evolución al ser expuestos sobre la comunidad objetivo. Este proceso dura alrededor de 30 minutos.
- Presentación de la FASE CONTEXTUALIZACIÓN (**Figura 93**): Se muestra el diagrama de flujo que representa la FASE CONTEXTUALIZACIÓN y sus diferentes procesos, la incorporación de buenas prácticas y la relación entre procesos. Este proceso dura alrededor de 1-2 horas.
- Recepción de correcciones/recomendaciones: Tiempo aproximado de media hora, en donde los evaluadores exponen su punto de vista alrededor de procesos orientados a la idea y su evolución al ser expuestos sobre la comunidad objetivo. Este proceso dura alrededor de 30 minutos.
- Presentación de la FASE DESARROLLO (**Figura 95**): Se muestra el diagrama de flujo que representa la FASE DESARROLLO y sus diferentes procesos, la incorporación de buenas prácticas y la relación entre procesos. Este proceso dura alrededor de 2 a 2:30 horas.
- Recepción de correcciones/recomendaciones: Tiempo aproximado de media hora, en donde los evaluadores exponen su punto de vista alrededor de procesos orientados al desarrollo del concepto y su posterior transformación en prototipo. Esta presentación dura un aproximado de 45 minutos.
- Presentación de la FASE VERIFICACIÓN (**Figura 96**): Se muestra el diagrama de flujo que representa la FASE VERIFICACIÓN y sus diferentes procesos, la incorporación de buenas prácticas y la relación entre procesos. Este proceso dura alrededor de 15 minutos.
- Recepción de correcciones/recomendaciones: Tiempo aproximado de media hora, en donde los evaluadores exponen su punto de vista alrededor de procesos orientados al desarrollo del prototipo y su posterior transformación en un producto mínimo viable (PMV) que será desplegado en una granja demostrativa para su posterior adopción. Este proceso dura alrededor de 15 minutos.

Figura 104. Protocolo para la presentación y evaluación del framework AgCDV



En total, la actividad evaluativa se desarrolla en un tiempo mínimo de 2 horas y máximo de 7:30 horas, por lo que fue necesario agendar tres reuniones con algunos evaluadores. Algunos evaluadores demostraron interés en el modelo, y manifestaron su interés en implementarlo en sus respectivos proyectos.

5.3.1 Análisis y Evaluación de los resultados

AgCDV permite dos formas de implementación lo que determina su carácter innovador, útil y usable: Como estrategia para el diseño, desarrollo y despliegue de soluciones IoT en el sector de pequeña escala (en este caso, en el desarrollo de un sistema IoT de riego) al agrupar buenas prácticas y servir como guía a lo largo del proceso de desarrollo del producto (el cual fue adoptado en la dirección de tesis de pregrado y maestría) y cómo instrumento de evaluación en el diseño, desarrollo y despliegue de soluciones. Este modelo intentó implementarse en el diseño, desarrollo y despliegue de la tecnología AgroRiego V2, pero se identifica que es necesario tener una posición de poder y un cercano acompañamiento para su adecuado despliegue, por lo que, académicamente hablando, sólo se pudo determinar la utilidad, funcionalidad y eficiencia del framework en los productos generados por cada uno de los proyectos.

Se decide probar este framework como estrategia de evaluación en el desarrollo de una solución de riego IoT (ThinkLink); como estrategia de evaluación en el diseño de un modelo de transferencia y apropiación de tecnologías IoT en entornos agrícolas rurales (proyecto AGRIOT) y como estrategia de evaluación en el desarrollo de actividades y/o proyectos de las empresas DynamoElectronics y Life is The Game S.A.S.

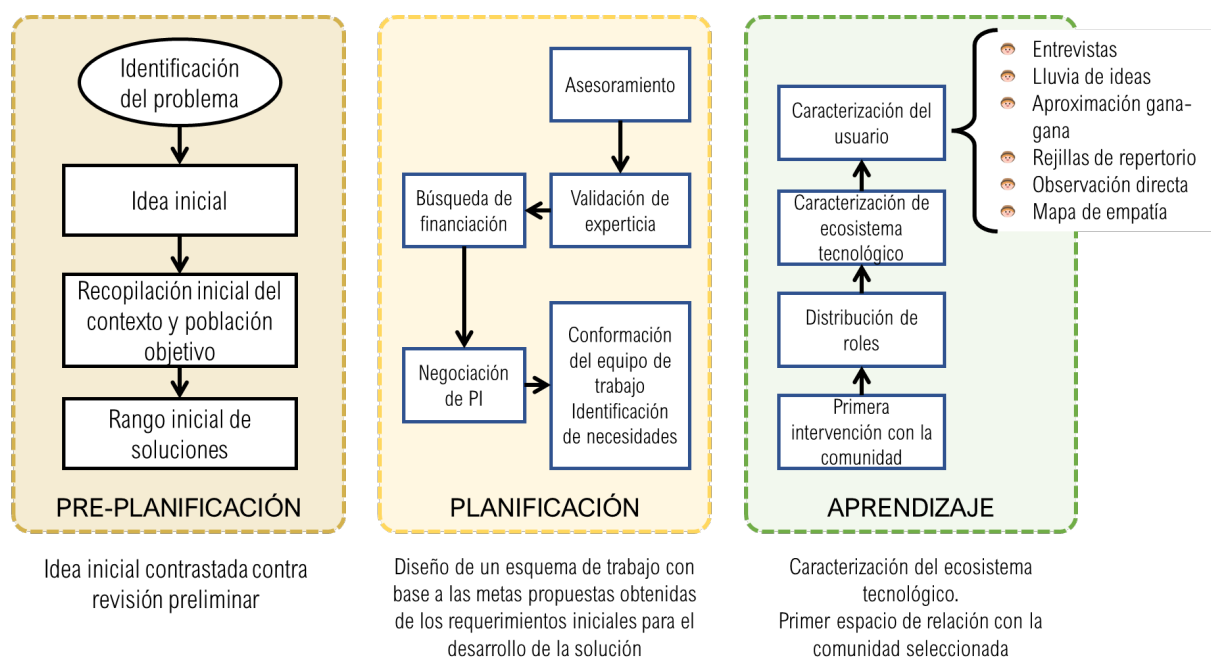
5.3.1.1 Evaluando proyecto AGRIOT

Para evaluar el modelo empleando AgCDV, se empleó como metodología una encuesta estructurada (tomando en cuenta cada parte del proceso del *framework* perteneciente a las tres fases, complementado con observación directa (considerando que el estudiante de doctorado participó en el desarrollo de la iniciativa AGRIOT).

De forma adicional, se les pregunta a la mayoría de integrantes de AGRIOT, sobre su percepción en los diferentes hitos del modelo (IDEA, CONCEPTO, PROVOTIPO, PROTOTIPO. El proyecto no llega a PMV). El modelo logra evaluar la percepción de los integrantes vs la evaluación generada por el modelo.

En cuanto a la FASE I, la candidata a doctora y también formuladora del proyecto AGRIOT, Leidy Johanna Flórez (inv1) manifiesta experiencia en la labor, pero desconocimiento en proyectos asociados a entornos agrícolas. Según sus palabras, cuando se formula un proyecto en este sector se tiene un desconocimiento de las dolencias asociadas a la agricultura a pequeña escala (no es de fácil reconocimiento, salvo lo que se comparte por medios de comunicación tradicionales); o se alcanza a concebir el alcance real ni las implicaciones y falta la incorporación social a proyectos de este tipo.

Figura 105. Resultado INICIATIVA AGRIOT, FASE I



La **Figura 105** señala las debilidades (tonalidades rojas), fortalezas (tonalidades verdes) y aspectos no considerados (tonalidades blancas) en la etapa de contextualización. Inv1 menciona que entre sus habilidades se encuentra su gestión documental y la capacidad de buscar financiación (identificados también por el modelo y que se puede observar en la **Tabla 24**). A partir de la incorporación de la estudiante de doctorado (y autora de este libro), el modelo señala un cambio importante en la incorporación de nuevas fortalezas hacia un sentido más social, que antes adolecía el proyecto.

Tabla 24. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE I

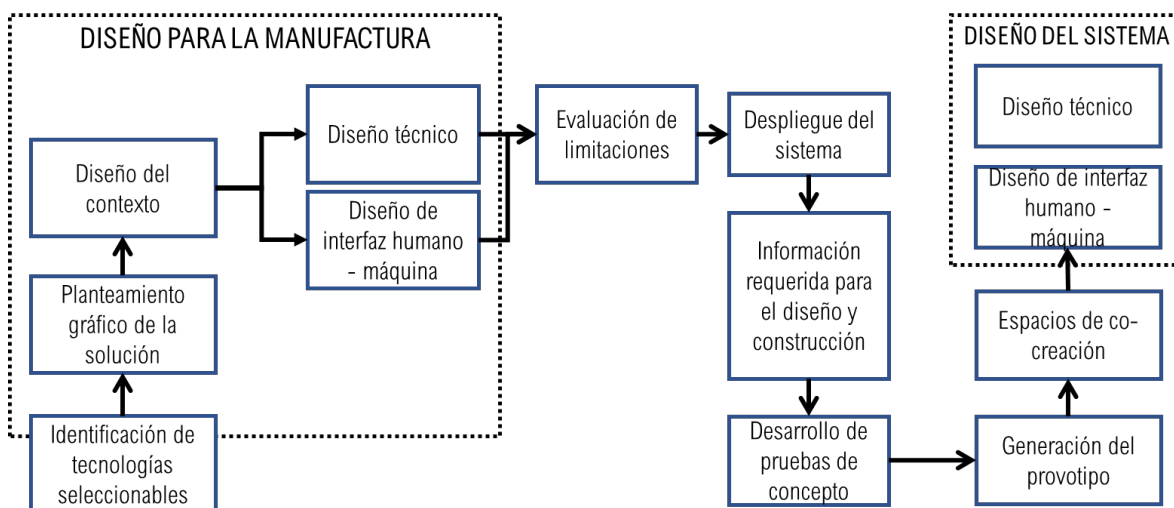
	Proceso	Descripción
Debilidades	Experticia	De acuerdo con Flórez, no se posee suficiente experticia en temas relacionadas con el sector de pequeña escala, y la información disponible no es suficiente para dimensionar el alcance de la propuesta.
	Búsqueda de asesoramiento	
	Negociación de PI	Relacionado hacia reglamentaciones colombianas y de la universidad; aspectos en los cuáles no se tiene control.
	Identificación de requerimientos para ejecución del proyecto	Consecuencia de la falta de experticia. Al no dimensionarse de forma correcta, los requerimientos planificados no son suficientes lo que puede observarse en financiación, capacidades o tiempo suficiente para el desarrollo de todas las actividades. La metodología seleccionada para la ejecución de las actividades propuestas fue cascada, lo cual no permitía una fácil replanificación de actividades o ajuste del cronograma.
	Planificación	
	Caracterización del ecosistema tecnológico	Las capacidades del equipo investigador no eran suficientes por lo que se emplea un servicio de outsourcing para realizar las tareas de vigilancia tecnológica y estudio de mercado. El no establecer un eje director en el que el resultado de los estudios esté alineado a las necesidades del proyecto, provoca una falencia informativa que impide tomar decisiones adecuadas en la segunda fase del proyecto ⁵⁸ . Como el servicio fue contratado sólo para realizarse una vez, el proyecto funciona bajo un escenario estático de innovaciones, pero se consideraba que el trabajo con
Fortalezas	Búsqueda de financiación	Fortalezas identificadas en la entrevista estructurada. Inclusive, se recibió constantes elogios por parte de los pares de MINCIENCIAS sobre la calidad documental presentada en cada revisión.
	Gestión documental	
	Revisión por pares	Fue realizada por diferentes actores: MINCIENCIAS, evaluadores MINCIENCIAS, extensionistas agrícolas, estudiante de doctorado, resultado de investigación en semillero AGRIOT
	Revisión de literatura	Se implementa DANDELION [218], metodología desarrollada por la estudiante de doctorado en apoyo con otros estudiantes del doctorado de ingeniería.
	Desarrollo de concepto inicial	Desarrollado por el estudiante de doctorado. El proyecto toma una dirección menos estratégica y más social al incorporar conceptos como usabilidad, utilidad y Culturabilidad para el desarrollo del modelo y la necesidad de incorporar activamente a emisarios tecnológicos en su desarrollo.
	Caracterización del usuario	

Los resultados incompletos del ecosistema tecnológico, afectó las decisiones que se tomarían en la FASE II del modelo: DISEÑO (ver **Figura 106**) que posteriormente afectaría el desarrollo de AGRORIEGO V2. Se

⁵⁸ Se le explica al equipo investigador que la metodología empleada es secreto industrial, por lo que se omite aspectos y consideraciones metodológicas que impide replicar resultados y por ende, redactar un artículo académico sobre la experiencia.

debe establecer, que AGRIOT tenía como objetivo la formulación de un modelo de transferencia de tecnologías IoT, y no estableció la necesidad de incorporar elementos de diseño más allá de los necesarios. Esta generalidad, obviaba la necesidad de considerar aspectos como la selección tecnológica, metodologías para el desarrollo de tecnologías y el estudio de herramientas ya existentes en el sector agrícola.

Figura 106. Resultado INICIATIVA AGRIOT, FASE II



Académicamente hablando, el protocolo de revisión de literatura no identificó suficiente información en el desarrollo de innovaciones alrededor de la agricultura a pequeña escala que incorporara activamente ambientes de co-creación. En consecuencia, el proyecto adoptó una metodología exploratoria en donde empleaba elementos adquiridos producto de errores y aprendizajes el cuál se describe en la **Tabla 25**.

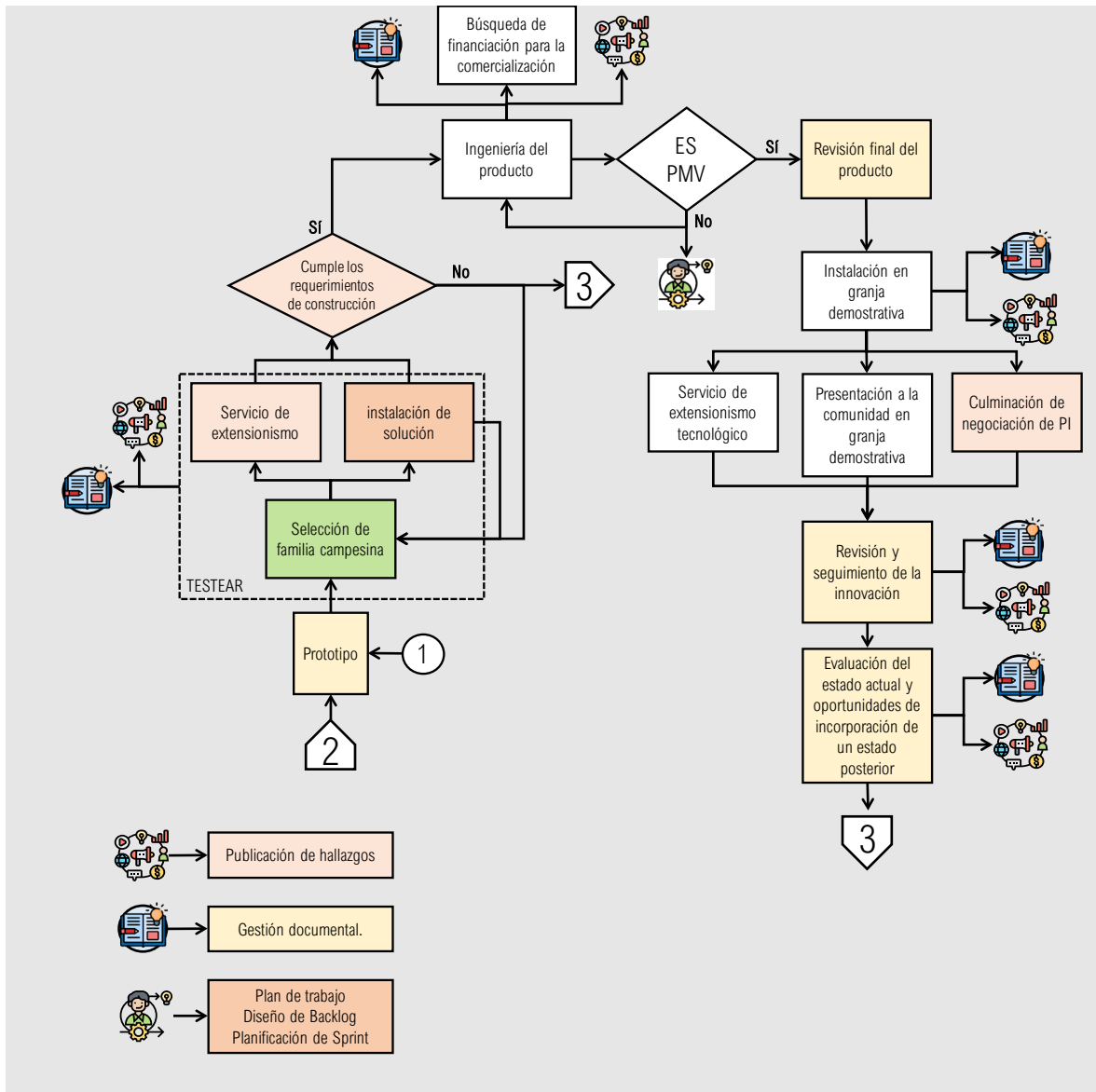
Tabla 25. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE II

	Proceso	Descripción
Debilidades	Identificación de tecnologías seleccionables	En búsqueda de la generalidad, AGRIOT consideró de forma leve estos aspectos en el diseño de la solución. Al no realizarse un estudio de mercado sobre el desarrollo de soluciones asociadas al riego (con el que se iba a probar el modelo), no se contaba con información sobre el tiempo, procesos, capacidades, financiación necesaria para el desarrollo de estas innovaciones. Se entregó completamente la responsabilidad a ThinkLink para emular y corroborar esta parte del proceso. La experiencia puede ser revisada en el capítulo Evaluando desarrollo AGRORIEGO V2.
	Diseño de la interfaz humano - máquina	
	Prueba de concepto	
	Jornadas de investigación	
	Recopilación de estándares	
	Definición de estándares para la manufactura	
F	Planificación	La incorporación del estudiante de doctorado implementó conceptos asociados a la preocupación por identificar marcas
	Diseño del concepto	

Identificación de marcas culturales y metáforas	culturales y metáforas regionales y adecuarlas en el diseño del concepto que será compartido a ThinkLink.
Evaluación de viabilidad según el contexto	Fortalezas propias del planificador y formulador de AGRIOT. Con esto se identifica la importancia de incorporar a un ingeniero en administración de empresas (o afines) que cumpla con las capacidades propias del proyecto.
Construcción del presupuesto y revisión del cronograma	
Diseño técnico	La incorporación del estudiante de doctorado implementó conceptos asociados a la preocupación por identificar marcas culturales y metáforas regionales y adecuarlas en el diseño del concepto que será compartido a ThinkLink. La experiencia puede ser revisada en el capítulo Evaluando desarrollo AGRORIEGO V2.
Diseño de interfaz humano máquina	
Recopilación de nuevos requerimientos	
Publicación de hallazgos	Desde el principio, se identificó la necesidad e importancia de comunicar los hallazgos obtenidos en diferentes canales de comunicación: En esta etapa, se emplearon redes sociales y publicación de artículos científicos asociados a hallazgos alrededor de las tendencias tecnológicas empleadas en el sector agrícola de pequeña escala y la sistematización de experiencias de trabajo con comunidades rurales de Simacota.

Aunque el proyecto detuvo su financiación en el desarrollo del prototipo (AGRORIEGO V2) y con eso el alcance del modelo, se identifican elementos asociados a una comercialización futura (ver **Figura 107**). La evaluación del modelo (nuevamente) mantiene una fuerte dependencia con los resultados de la compañía ThinkLink, por lo que la Publicación de hallazgos, la planificación, la instalación de la solución, el servicio de extensionismo y el cumplimiento de requerimientos de construcción; dependió en gran medida de los resultados devengados por AGRORIEGO V2. No obstante, AGRIOT tuvo algo de inferencia sobre las decisiones adoptadas por la compañía oferente, como la selección de la familia campesina (se emplea medios de comunicación digitales para la selección de la familia), la forma como se debe realizar el servicio de extensionismo, y se da indicaciones para potenciar el producto hacia un PMV. Esta información se complementará con los resultados descritos en el capítulo Evaluando desarrollo AGRORIEGO V2.

Figura 107. Debilidades y Fortalezas proyecto AGRIOT - FASE III

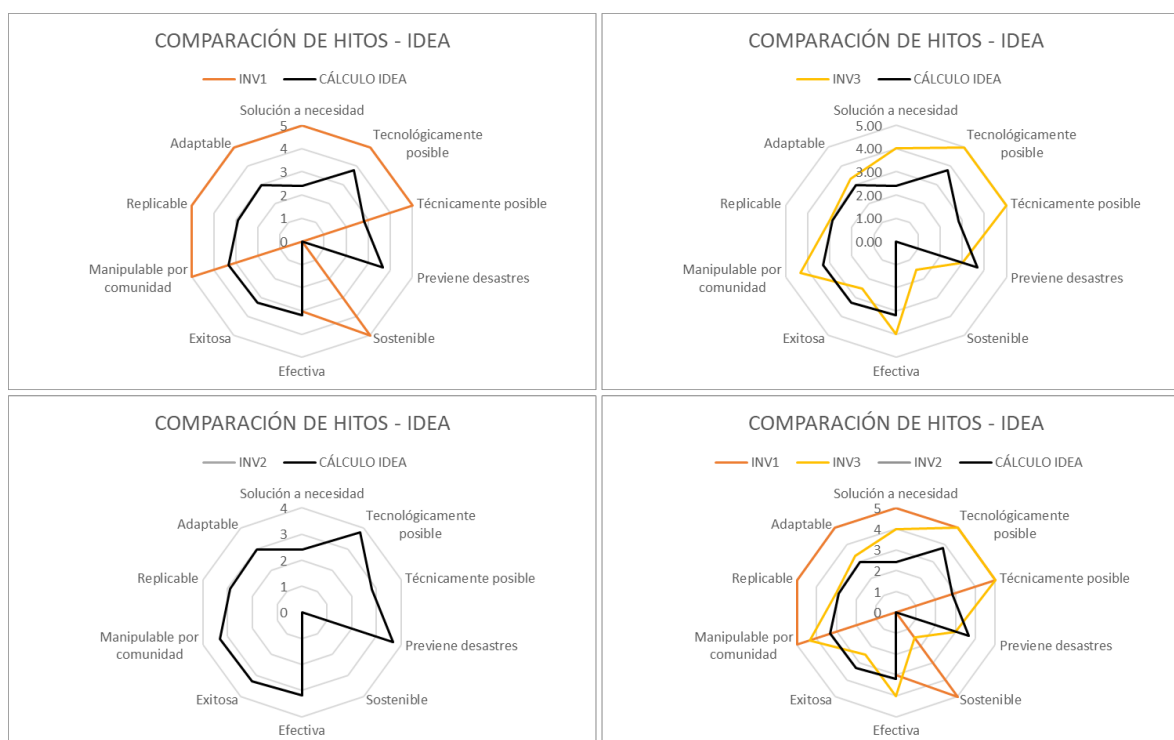


Para complementar este análisis, se muestra una evaluación de percepción que los diferentes investigadores participantes en el proyecto AGRIOT tuvieron alrededor de los diferentes hitos. La **Figura 108** y el **Cuadro 24** muestra los resultados alrededor de los indicadores identificados por las BPIoTAG [161], y se emplea medidas de dispersión con el fin de analizar el grado de variabilidad entre las percepciones del equipo investigador versus los resultados obtenidos por el modelo con el fin de revisar cuáles de esos datos son los más homogéneos.

Cuadro 24. Análisis de la percepción de la concepción de la idea - AGRIOT

COMPARACIÓN DE HITOS - IDEA	INV1	INV2	INV3	CÁLCULO IDEA	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	5		4.00	2.40	1.72	1.31	0.35
Tecnológicamente posible	5		5.00	3.79	0.49	0.70	0.15
Técnicamente posible	5		5.00	2.81	1.60	1.26	0.30
Previene desastres	0		3.00	3.67	3.82	1.96	0.88
Sostenible	5		1.50	0.00	6.58	2.57	1.18
Efectiva	3		4.00	3.17	0.29	0.54	0.16
Exitosa	0		2.50	3.28	2.94	1.71	0.89
Manipulable por comunidad	5		4.36	3.32	0.72	0.85	0.20
Replicable	5		3.00	2.90	1.40	1.18	0.33
Adaptable	5		3.33	2.98	1.17	1.08	0.29

Figura 108. Análisis de la percepción de la concepción de la idea



Se encuentra que, entre los datos más dispersos, se encuentran aquellos asociados a la sostenibilidad, prevención a desastres y lo que significa para el investigador el que la idea sea exitosa.

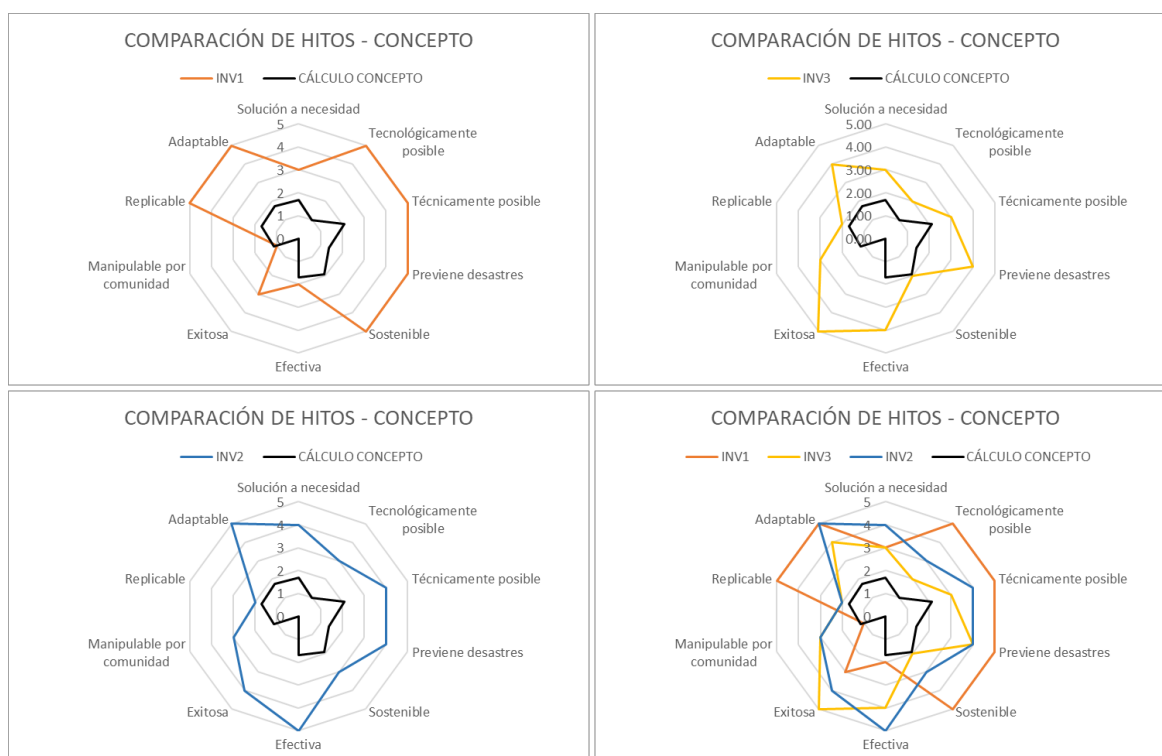
Sostenibilidad: cuando una idea se concibe, se considera que será sostenible porque, dentro el desarrollo de la actividad se “puede establecer relaciones con otros actores o encontrar nuevas posibilidades de

negociación⁵⁹. No obstante, la planificación del proyecto no considera actividades dirigidas a este sostenimiento financiero ni habilita espacios de concertación con diferentes actores o fuentes de financiación, sino en el cumplimiento del objetivo del proyecto.

Prevención de desastres: La idea (por su característica descontextualizada) identifica y trabaja sobre un problema real y urgente, pero no considera cómo esta realidad identificada podría ser negociada con la necesidad y urgencia de una población, ni como puede ser vendida a los actores movilizados para que se permita su futura financiación.

Éxito: La idea se considera exitosa, si logra su objetivo. El *framework* considera que una idea es exitosa, si el desarrollo puede ser comercializado y es sostenible. Esta diferencia de percepciones es lo que conlleva la disparidad entre el resultado del instrumento y la percepción de los investigadores.

Figura 109. Análisis de la percepción de la concepción del concepto - AGRIOT



Cuando se analiza el concepto, la primera impresión es que todos los valores bajan de forma abrupta (ver **Figura 109**), posiblemente, resultado del proceso de caracterización tecnológica y de procesos que no fueron tomados en cuenta (encontrados en la **Figura 105**) y que son necesarios para el desarrollo de la solución de acuerdo al framework. De forma adicional, la percepción de las tres investigadores difiere y pudo darse desde su rol en el proyecto. La investigadora 1 (inv1) era la coordinadora del proyecto y

⁵⁹ Esta respuesta fue obtenida tanto por investigadores como por oferentes tecnológicos

coinvestigadora; Investigadora 2 (inv2) se desempeñaba como planificadora y documentadora y la investigadora 3 (inv3) ejecutora de actividades y coinvestigadora.

Cuando se realiza el análisis de dispersión, se encuentra que ahora los indicadores menos homogéneos son Exitosa (nuevamente), tecnológicamente posible, previene desastres (nuevamente); efectiva y replicable (ver **Cuadro 25**).

Tecnológicamente posible: Mientras inv1 identificaba que el equipo investigador poseía los elementos suficientes para culminar el proyecto, inv2 e inv3 sugieren lo contrario (al igual que el framework). Inv1 e Inv2 estuvieron estrechamente ligadas con el desarrollo del modelo H, e identificaron la selección inadecuada de materiales de acuerdo al contexto y metodologías para ello. Aunque los resultados de la vigilancia tecnológica y estudio de mercado se presenta de forma completa, el servicio de outsourcing (como se mencionó anteriormente) no estuvo direccionado de forma adecuada al propósito del proyecto, por lo que sus resultados fueron deficientes y desencadenaron una serie de decisiones inadecuadas sobre la caracterización de elementos que deben ser implementados en la agricultura a pequeña escala.

Replicable: el concepto es replicable si se identifica la oportunidad de explotar los resultados de la experiencia en productos o servicios. Toma en cuenta diferentes criterios para asegurar la explotación, pero para ello, se debió haber gestionado una negociación de propiedad intelectual (la cuál no se dio en la FASE I de forma adecuada). Con esto, la mayoría de disposiciones como el “*know how*”, venta de elementos, sistemas, subsistemas producto de la interacción con la innovación no podía darse, explicando el bajo valor.

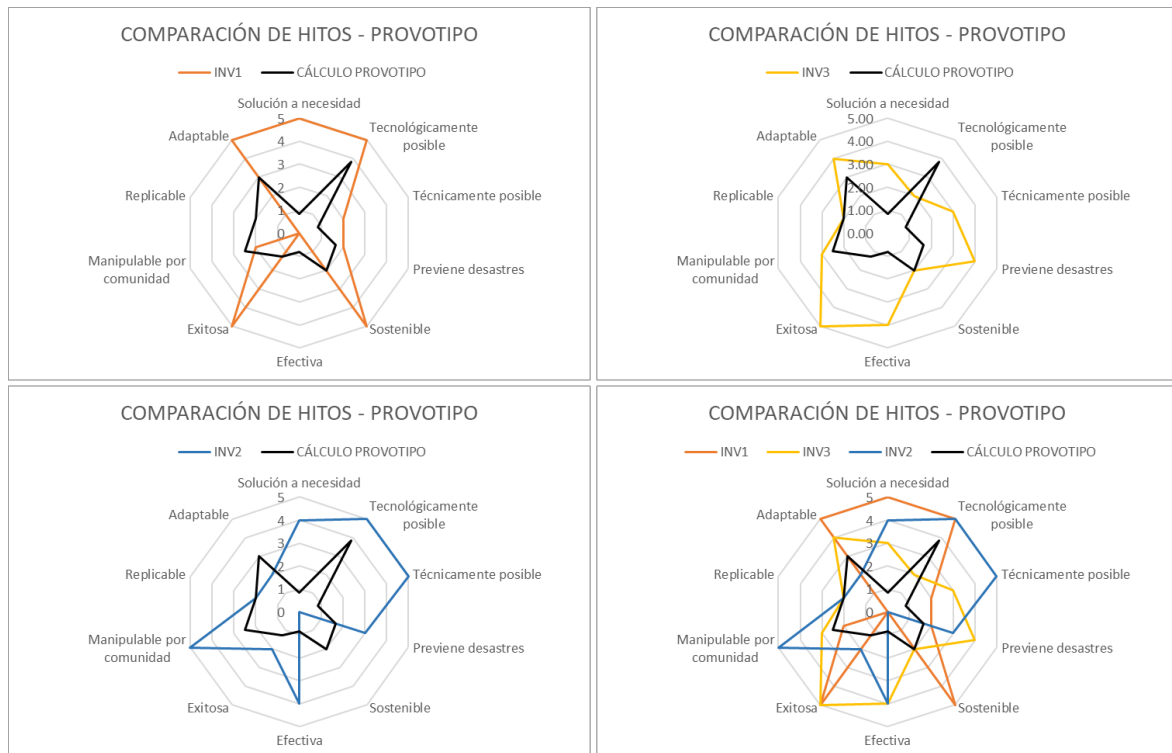
Cuadro 25. Análisis de la percepción de la concepción del concepto – AGRIOT

COMPARACIÓN DE HITOS - CONCEPTO	INV1	INV2	INV3	CÁLCULO CONCEPTO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	3	4	3.00	1.69	0.90	0.95	0.32
Tecnológicamente posible	5	3	2.00	1.00	2.92	1.71	0.62
Técnicamente posible	5	4	3.00	2.10	1.57	1.25	0.36
Previene desastres	5	4	4.00	1.39	2.39	1.55	0.43
Sostenible	5	3	2.00	1.91	2.06	1.43	0.48
Efectiva	2	5	4.00	1.70	2.52	1.59	0.50
Exitosa	3	4	5.00	0.00	4.67	2.16	0.72
Manipulable por comunidad	1	3	3.00	1.14	1.24	1.11	0.55
Replicable	5	2	2.00	1.69	2.43	1.56	0.58
Adaptable	5	5	4.00	1.75	2.35	1.53	0.39

Previene desastres: El modelo H (producto de AGRIOT) no logra asociar el problema asociado al riego con la dolencia particular de la zona, y aunque los lugareños parecen aceptar la iniciativa, responden de forma negativa al abstenerse a asistir a reuniones para la presentación de la solución. Con esto, el concepto no es exitoso ni efectivo (no logra movilizar a los usuarios finales para participar en el diseño de la solución).

El provotipo y el prototipo fue generado por la compañía ThinkLink siguiendo las sugerencias presentadas por AGRIOT. El seguimiento del desarrollo de AGRORIEGO 2.0 se dio en forma de reuniones y entregables los cuáles fueron revisados en conjunto con Del Laboratorio al Campo. El resultado de la experiencia terminó de establecer el modelo H. Se pregunta nuevamente a los investigadores por su percepción alrededor de las características del provotipo, y sus resultados se ven reflejados en la **Figura 110** y su respectivo análisis de varianza presentado en el **Cuadro 26**. Estas percepciones fueron generadas alrededor de dos elementos: reuniones de revisión y formatos de revisión los cuáles eran revisados por inv2 e inv3.

Figura 110. Análisis de la percepción alrededor del provotipo - AGRIOT



Se puede explicar la percepción positiva de inv1 debido a que su rol en el proyecto estaba culminando y dejó de atender a reuniones. Inv2, al ser la nueva coordinadora del proyecto, estableció una relación más cercana con ThinkLink e inv3 recibió como nuevo rol revisión de informes. El instrumento señala debilidad alrededor de Solución a la necesidad (considerando el provotipo como mecanismo para adquisición de información sobre la manipulación de la solución e identificación de metáforas y marcas culturales. ThinkLink mostró información de interés para el proyecto, con lo cual explicaría la percepción positiva, pero el framework la considera incompleta, debido a que el equipo no es multidisciplinario por lo cual, no puede responder a los requerimientos sugeridos (este apartado se identifica después en la revisión documental).

Cuadro 26. Análisis de la percepción alrededor del provotipo – AGRIOT

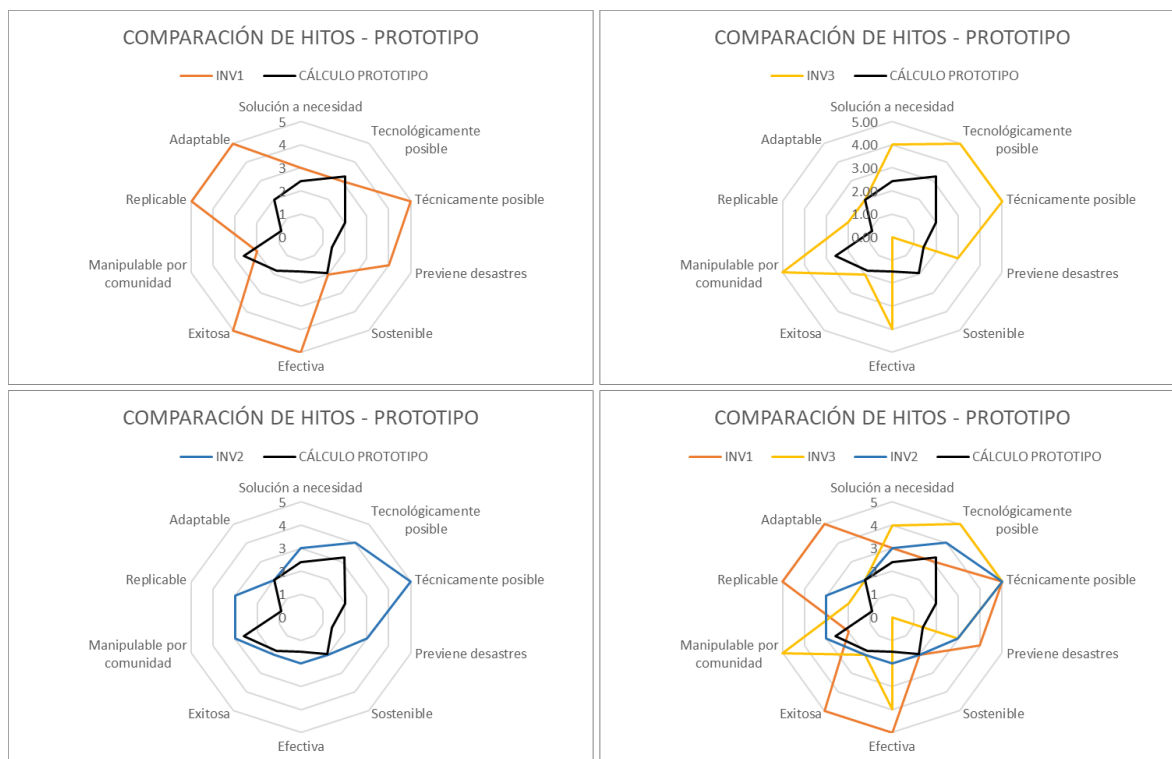
COMPARACIÓN DE HITOS - PROVOTIPO	INV1	INV2	INV3	CÁLCULO PROVOTIPO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	5	4	3.00	0.83	3.17	1.78	0.56
Tecnológicamente posible	5	5	2.00	3.83	2.01	1.42	0.36
Técnicamente posible	2	5	3.00	0.83	3.12	1.77	0.65
Previene desastres	2	3	4.00	1.66	1.12	1.06	0.40
Sostenible	5	0	2.00	2.00	4.25	2.06	0.92
Efectiva	0	4	4.00	0.83	4.40	2.10	0.95
Exitosa	5	2	5.00	1.25	3.89	1.97	0.60
Manipulable por comunidad	2	5	3.00	2.50	1.73	1.31	0.42
Replicable	0	2	2.00	2.00	1.00	1.00	0.67
Adaptable	5	2	4.00	3.00	1.67	1.29	0.37

Finalmente, con el provotipo (**Cuadro 27** y **Figura 111**) se observa esta vez la mayor desviación entre la percepción de los investigadores y el valor sugerido por el framework se da en replicable. El resto de indicadores muestra que empieza a aproximarse al valor sugerido por el framework.

Cuadro 27. Análisis de la percepción alrededor del prototipo - AGRIOT

COMPARACIÓN DE HITOS - PROTOTIPO	INV1	INV2	INV3	CÁLCULO PROTOTIPO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	3	3	4.00	2.41	0.44	0.66	0.21
Tecnológicamente posible	3	4	5.00	3.23	0.81	0.90	0.24
Técnicamente posible	5	5	5.00	2.00	2.25	1.50	0.35
Previene desastres	4	3	3.00	1.41	1.15	1.07	0.38
Sostenible	2	2	0.00	1.95	0.98	0.99	0.67
Efectiva	5	2	4.00	1.50	2.73	1.65	0.53
Exitosa	5	2	2.00	1.80	2.36	1.54	0.57
Manipulable por comunidad	2	3	5.00	2.60	1.69	1.30	0.41
Replicable	5	3	2.00	0.90	3.04	1.74	0.64
Adaptable	5	2	2.00	1.98	2.26	1.50	0.55

Figura 111. Análisis de la percepción alrededor del prototipo - AGRIOT

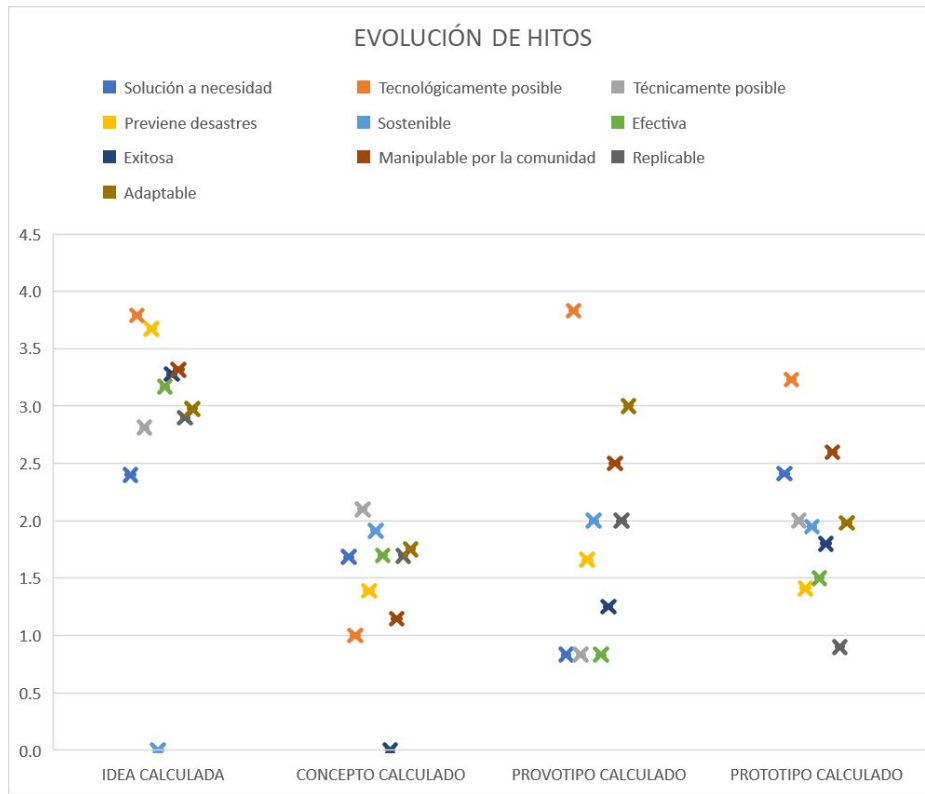


La **Figura 112** muestra el comportamiento general del proyecto AGRIOT: hay una característica de convergencia de resultados en idea (alrededor del 2.8) y concepto (alrededor del 1.5) pero luego se cambia a un comportamiento disperso en provotipo (valor mínimo .9 y máximo 3.0) y el prototipo (valor mínimo 0.9 y máximo 3.32). En cuanto al análisis por indicadores, la curtosis (**Tabla 26**) nos indica que los parámetros exitosa y replicable son los que poseen características más homogéneas a lo largo de todos los hitos. Solución a la necesidad, técnicamente posible, tecnológicamente posible, sostenible y manipulable por la comunidad tienen una tendencia de datos por debajo de su mediana lo que significa que el modelo identifica falencias de desarrollo asociado a esos indicadores, mientras que los de mejor desenvolvimiento fueron previene desastres y efectiva, valores que cambiaron en las dos últimas partes del proceso, cuando se incorporó activamente a la comunidad campesina en sus espacios de co-creación.

Tabla 26. Evolución de hitos calculados por el framework AgCDV

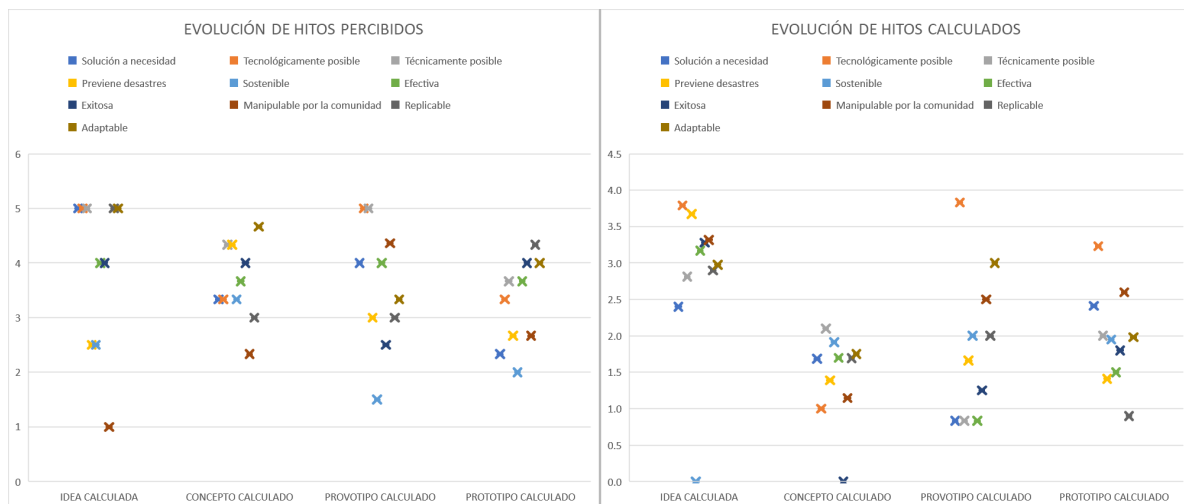
	Solución a necesidad	Tecnológicamente posible	Técnicamente posible	Previene desastres	Sostenible	Efectiva	Exitosa	Manipulable por la comunidad	Replicable	Adaptable
Media	1.83	2.96	1.94	2.03	1.47	1.80	1.58	2.39	1.87	2.43
Error típico	0.37	0.67	0.41	0.55	0.49	0.49	0.68	0.45	0.41	0.33
Mediana	2.04	3.51	2.05	1.54	1.93	1.60	1.53	2.55	1.85	2.48
Desviación estándar	0.75	1.34	0.82	1.10	0.98	0.99	1.36	0.91	0.83	0.65
Varianza de la muestra	0.56	1.79	0.67	1.21	0.96	0.97	1.85	0.82	0.68	0.43
Curtosis	-0.56	3.07	1.80	3.73	3.97	2.08	0.74	2.02	0.85	-5.40
Coefficiente de asimetría	-1.00	-1.76	-0.81	1.93	-1.99	1.14	0.24	-1.01	0.18	-0.10
Rango	1.58	2.83	1.98	2.28	2.00	2.34	3.28	2.17	2.00	1.25
Mínimo	0.83	1.00	0.83	1.39	0.00	0.83	0.00	1.14	0.90	1.75
Máximo	2.41	3.83	2.81	3.67	2.00	3.17	3.28	3.32	2.90	3.00

Figura 112. Evolución de hitos calculados por el framework AgCDV



La **Figura 113** muestra una comparación entre los hitos calculados y percibidos. Mientras que en los datos percibidos la tendencia es hacia la homogeneización (en donde el comportamiento más disperso se dio alrededor de la idea y el más concentrado se dio en el prototipo hacia una media de 3); los hitos calculados van hacia la dispersión, en donde el mejor comportamiento lo obtuvo la idea, y el peor el provotipo.

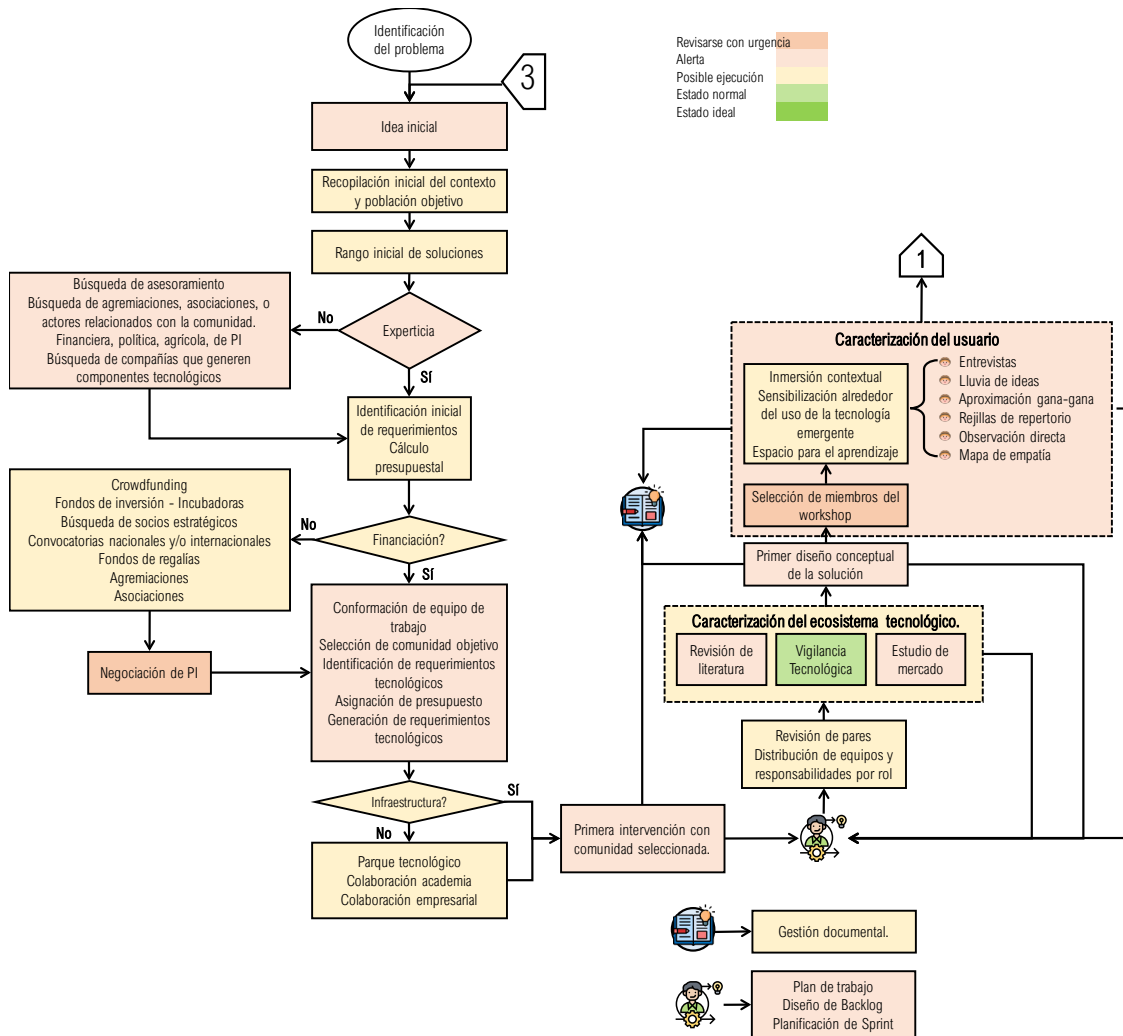
Figura 113. Comparativa entre hitos percibidos y calculados



5.3.1.2 Evaluando desarrollo AGRORIEGO V2

La evaluación de AGRORIEGO 2.0 empleando el instrumento sugerido se dio a partir de dos fuentes: por medio de la lectura de los informes de avance (seis en total) y por medio de una entrevista estructurada alrededor de los hitos idea, concepto, provotipo y prototipo. Se evalúa concepto, provotipo y prototipo ya que por decisión del líder de investigación, el desarrollo de AGRORIEGO V2 (o AGRORIEGO 2.0) estaba enmarcada en un proyecto de investigación aplicada, y según el modelo H, la idea aparece en investigación básica. No obstante, parte de los documentos requeridos proporcionaban datos que permitían la validación del modelo.

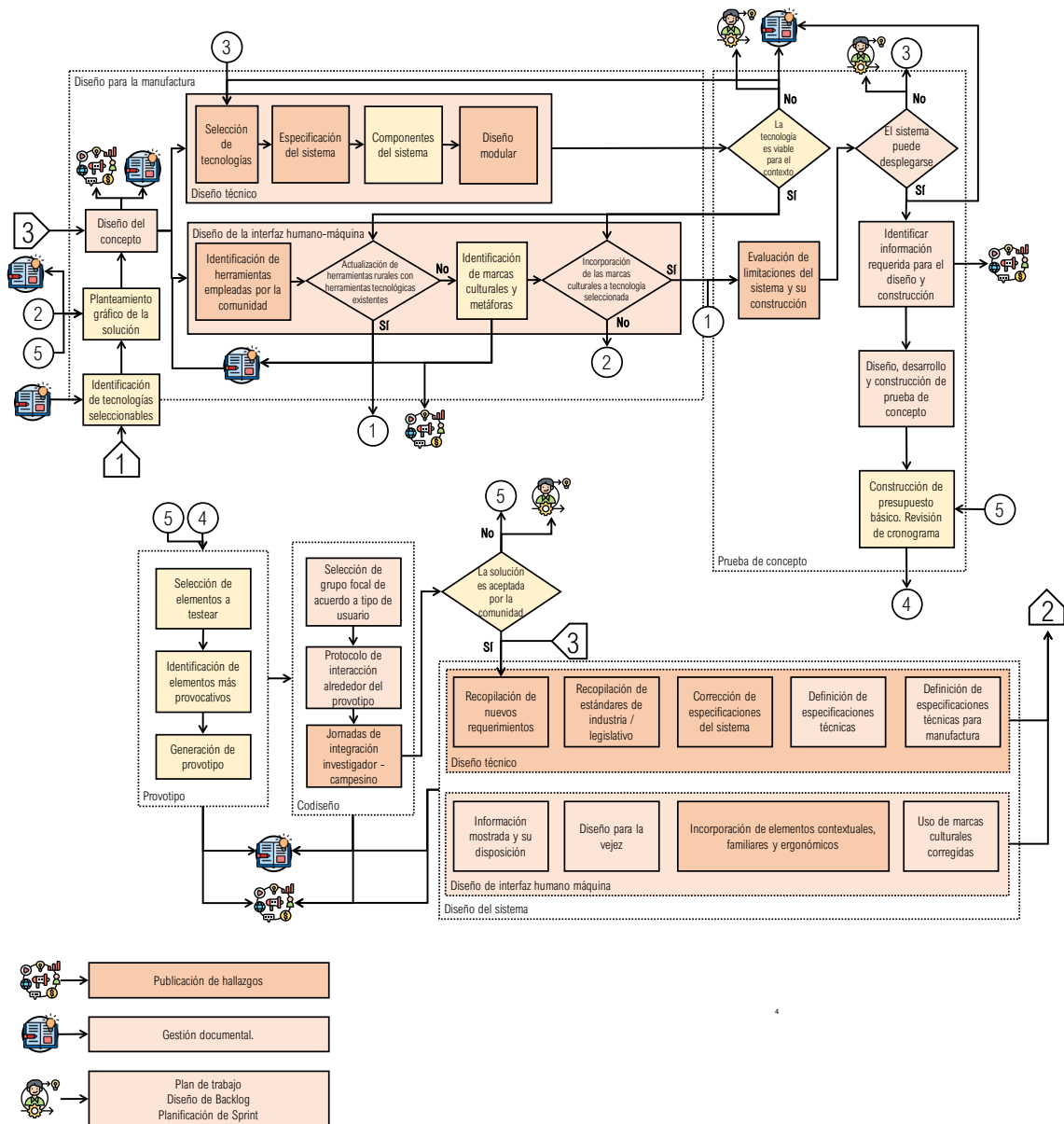
Figura 114. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO 2.0 - FASE I



De acuerdo a los entregables, AGRORIEGO 2.0 nace de la decisión del equipo por mejorar la versión 1.0, la cual fue financiada por el MINCIENCIAS y fue producto de una tesis de maestría. El equipo de investigación fue dirigido en buenas prácticas al hacer parte del CEA-IoT (como negociación de PI - OXENTIA y caracterización del ecosistema tecnológico), pero al no contar con el financiamiento adecuado

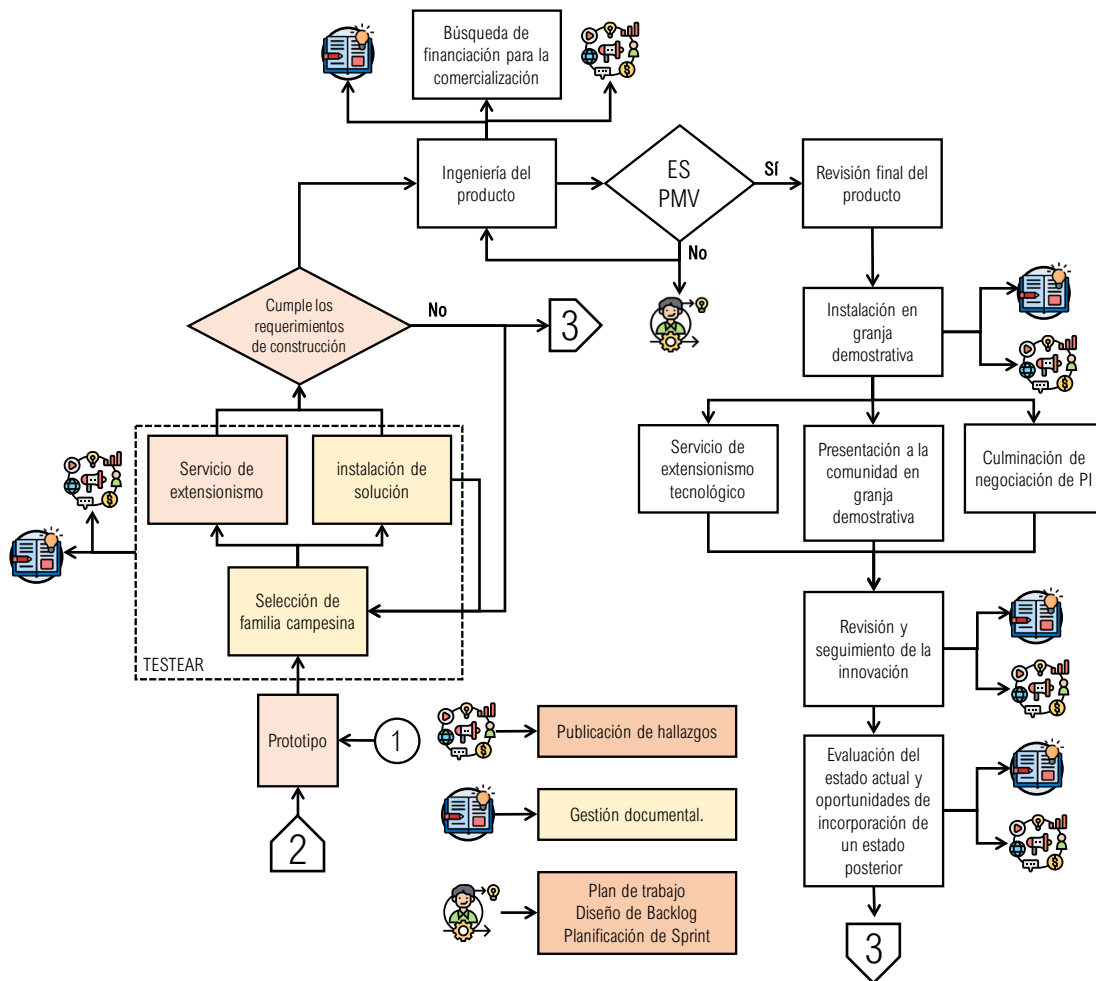
para replicar el proceso, decidió emplear la misma información identificada hace tres años en el desarrollo del nuevo sistema. Decidió no negociar propiedad intelectual ni desea explotar ningún elemento, “know how”, servicio generado a partir de la experiencia, ya que en la palabra de sus desarrolladores, “el proyecto es de la UNAB, y nada nos pertenece” con lo que se identifica un desconocimiento sobre los mecanismos de protección. La **Figura 114** permite identificar problemas futuros alrededor de la misma concepción de la idea, la cual presenta falencias mayores ya que el equipo desarrollador tenía en mente el mejoramiento técnico de AGRORIEGO, pero no estaban capacitados para la incorporación de un esquema social.

Figura 115. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II



La **Figura 115** muestra algunas falencias en el proceso de diseño producto de una visión no alineada entre las necesidades de AGRIOT con respecto a los objetivos que deseaba alcanzar ThinkLink con el desarrollo y despliegue de AGRORIEGO: mientras el equipo de investigación de AGRIOT percibía inconsistencia en entregables producto de falta de capacidades, ThinkLink consideraba su desenvolvimiento como adecuado. La incorporación de nuevos elementos a considerar en sus políticas de diseño y desarrollo, pudo haber entorpecido sus procesos lo que desembocó en atrasos de entregables e información deficiente para los requerimientos establecidos por AGRIOT. En la reuniones sostenidas, se observa la preferencia del uso de metodología cascada para el desarrollo de la innovación (a pesar de la sugerencia de metodologías ágiles que posibilitaban la retroalimentación continua del sistema. Posiblemente, desde ese punto puede explicarse la dificultad de incorporar hallazgos en el sistema de riego desarrollado.

Figura 116. Análisis de Debilidades y Fortalezas proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III



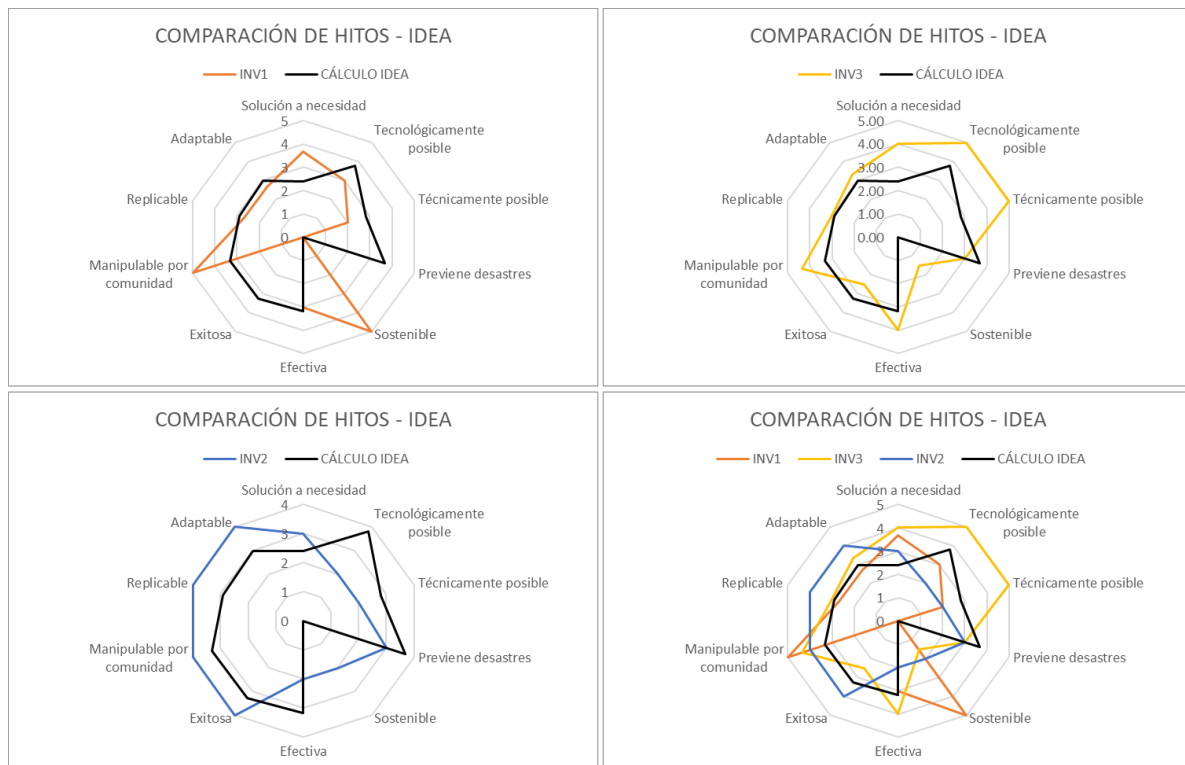
La experiencia llega sólo hasta el desarrollo del prototipo (ver **Figura 116** en donde el resto de procesos se encuentran en blanco). Como el contrato no exigía una sistematización de experiencias, el equipo desarrollador no publicó hallazgos y sólo se limitó a cumplir lo que el contrato establecía (una reunión

ante la comunidad académica sobre hallazgos y oportunidades). En posteriores conversaciones, se identifica la intención de publicar artículos alrededor de la experiencia, y se manifiesta un agradecimiento por el acompañamiento.

La gestión documental no estuvo al alcance de lo esperado (nuevamente, no hubo esclarecimiento en lo que se necesitaba documentar y lo que estaba establecido en el contrato. Se presentan irregularidades en la instalación del prototipo debido a errores en los métodos de medición previos pero hubo captura de datos. En cuanto al establecimiento del servicio de extensionismo se optó por los canales virtuales (Google Meets, WhatsApp) y una comunicación directa con el emisor tecnológico quien alegró por participar en un proyecto de esta envergadura. A pesar de las múltiples solicitudes sobre una documentación completa de la experiencia (con fortalezas y debilidades en el desarrollo del concepto, prototipo y prototipo), el equipo desarrollador fue muy escueto en su documentación, limitándose a sólo cumplir lo establecido en el contrato. Al final, ambas partes lucían visiblemente irritadas y buscaban finalizar el contrato lo antes posible.

Para complementar este estudio, se realiza el análisis de percepciones alrededor de los cuatro hitos, esta vez no solo por el equipo investigador sino por el equipo desarrollador.

Figura 117. Análisis de percepción investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I

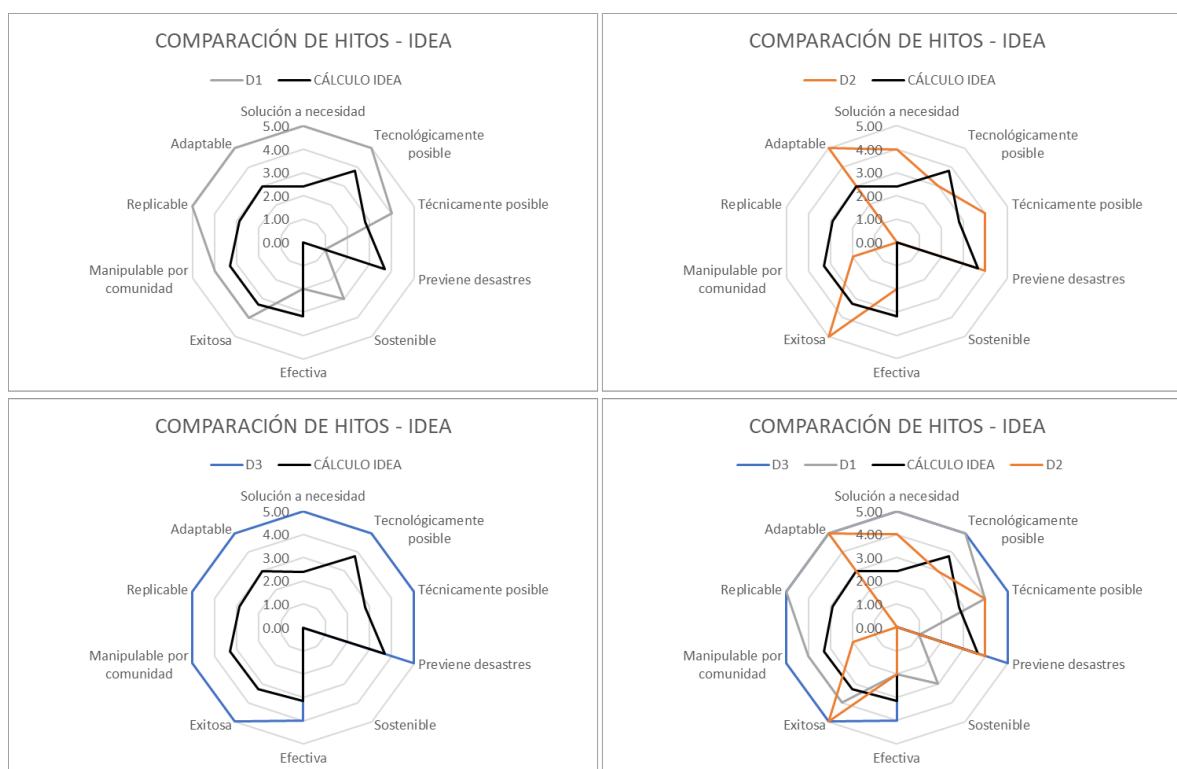


Cuando se realiza el ejercicio sobre los tres investigadores de AGRIOT se observa que cada una tiene su propia percepción de las bondades de la idea: mientras inv1 considera su fortaleza en la manipulación del proyecto para la comunidad y sostenibilidad, inv2 identifica adaptabilidad, replicabilidad, manipulación y

exitosa como sus puntos más fuertes e inv3 tecnológicamente y técnicamente posible. El único aspecto en común, es que las tres investigadores brindan poca calificación en la prevención a desastres (comprendiendo que esta característica apunta a la capacidad del proyecto de integrar una dolencia comunitaria dentro del planteamiento del problema).

El responsable de desarrollar la solución AGRORIEGO V2 es ThinkLink, compañía que nació de una Spin Off, seleccionada por su experiencia en el desarrollo de AGRORIEGO 1.0 y que cuenta con seis (6) integrantes para el desarrollo de sus innovaciones. Cuando se les realiza la misma pregunta a los responsables de la innovación (ver **Figura 118**), se observa que en general, los resultados con menor ponderación están relacionados con efectividad (entendiéndose como la solución a una dolencia comunitaria que represente un costo/beneficio) y sostenibilidad (si ya hay un acercamiento a actores que posibilite su futura financiación).

Figura 118. Análisis de percepción de ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I



Durante el desarrollo de la entrevista, se les permite aclarar sus evaluaciones, y entre ellas, explican lo siguiente:

a). Economía como respuesta a sostenibilidad: Debido a experiencias pasadas, el equipo ThinkLink sabía que los costos no podían ser sostenibles y no conciben un modelo de negocio, ya que entienden que todos los derechos patrimoniales son de la UNAB y que no tienen posibilidad de explotar ningún elemento desarrollado. Así que adoptan una posición en la que la solución ideal era la más económica, mas no la más efectiva para el contexto.

b) Interés en mejorar el producto: Se reconoce un problema alrededor del componente telecomunicaciones, que le impide a la versión AGRORIEGO V1 funcionar de forma adecuada. Su interés en participar en la convocatoria lanzada por AGRIOT, era la posibilidad de mejorar la solución mediante la implementación de otras tecnologías consideradas en su momento y variables que no se habían considerado en la primera experiencia (la cual fue generada alrededor del sector de mediana escala).

c) El riego como dolencia: se decide no ahondar en problemas sociales de la comunidad, porque según sus palabras, existen muchas dolencias reconocidas en el mundo rural, y pueden durar hasta 20 años así sin que nadie las solucione porque no hay voluntad para hacerlo. Al parecer, ellos ya habían explorado anteriormente cómo asociar un problema imperante a una dolencia regional sin éxito alguno, por lo que se concentran en cómo sensibilizar a los campesinos alrededor de un riego adecuado.

d) Profesionales multitarea para el desarrollo del proyecto. A cada uno de los tres desarrolladores se les formuló una pregunta relacionada con su rol dentro del proyecto, y todos se concibieron a sí mismos como profesionales multitarea. Esta característica también se identificó en DynamoElectronics, quienes manifestaron que parte del problema de ser una compañía pequeña, es que un profesional debe ejecutar varios roles al tiempo si deseaban culminar un proyecto. Cuando se les pregunta sobre el uso de canales de transferencia academia-industria para favorecer un trabajo interdisciplinario con estudiantes y docentes en forma de pasantía y trabajo conjunto, ellos se mostraron incómodos al respecto. No protegen sus innovaciones, por lo que temen que activar ese canal traiga como consecuencia el robo de sus soluciones. Prefieren trabajar solos.

Cuadro 28. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE I: IDEA

COMPARACIÓN DE HITOS - IDEA	INV1	INV2	INV3	D1	D2	D3	CÁLCULO IDEA	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	3.67	3	4.00	5.00	4.00	5.00	2.40	0.92	0.96	0.25
Tecnológicamente posible	3	2	5.00	5.00	3.00	5.00	3.79	1.47	1.21	0.32
Técnicamente posible	2	2	5.00	4.00	4.00	5.00	2.81	1.66	1.29	0.36
Previene desastres	0	3	3.00	1.00	4.00	5.00	3.67	3.03	1.74	0.62
Sostenible	5	2	1.50	3.00	0.00	0.00	0.00	3.56	1.89	1.15
Efectiva	3	2	4.00	2.00	2.00	4.00	3.17	0.82	0.91	0.31
Exitosa	0	4	2.50	4.00	5.00	5.00	3.28	3.04	1.74	0.51
Manipulable por comunidad	5	4	4.36	4.00	2.00	5.00	3.32	1.10	1.05	0.26
Replicable	2.67	4	3.00	5.00	0.00	5.00	2.90	2.96	1.72	0.53
Adaptable	2.67	4	3.33	5.00	5.00	5.00	2.98	1.04	1.02	0.26

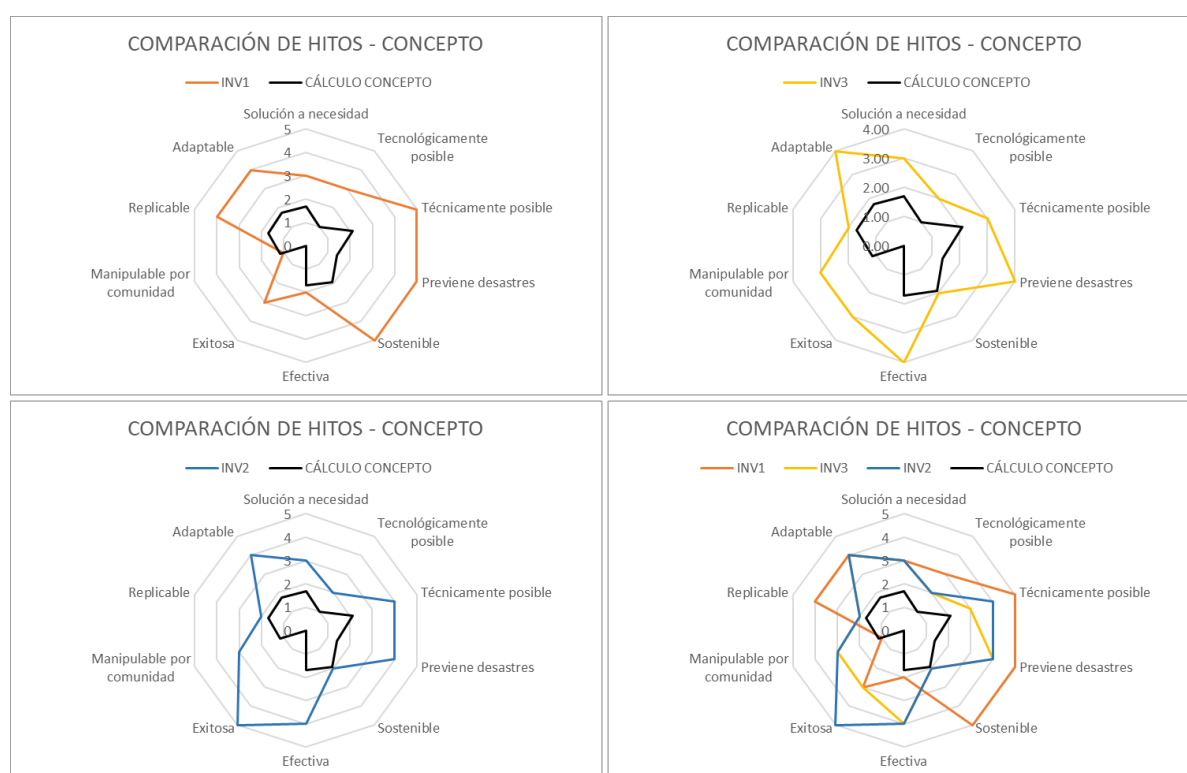
Los resultados obtenidos en el **Cuadro 28** podrían resumirse en:

- La mayor dispersión se encuentra en previene desastres, sostenible, exitosa y replicable.
- La mejor puntuación del modelo con respecto a los indicadores estuvieron relacionados con tecnológicamente posible, prevención de desastres, manipulable por la comunidad, y exitosa.

- El indicador con mayor coeficiente de variación es el de sostenibilidad (1.15) en donde las percepciones estuvieron divididas: mitad del grupo decidieron que el criterio se cumplía, mientras la otra mitad lo identificó como una serie debilidad. Los propios desarrolladores fueron quienes identificaron con mayor precisión el problema en comparación con los auditores (investigadores AGRIOT).

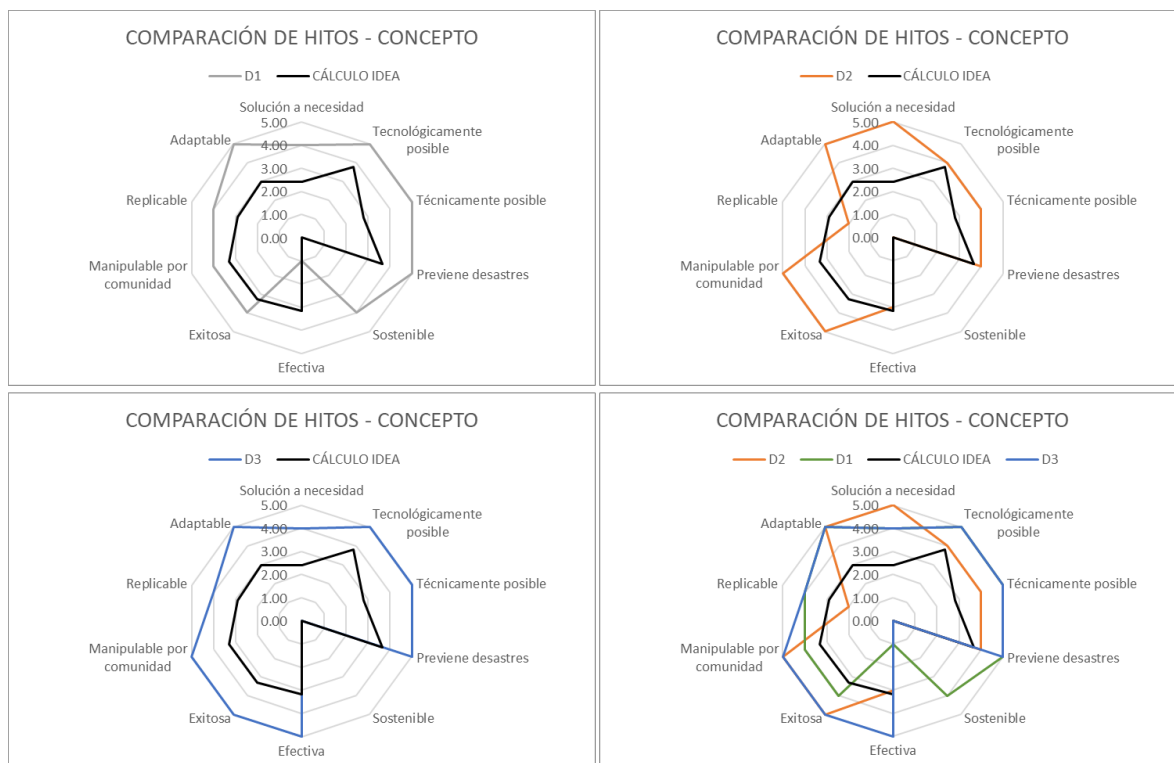
El equipo investigador empieza a identificar problemas relacionados con las capacidades técnicas de ThinkLink para el desarrollo de la propuesta. Problemas alrededor de la formulación de la convocatoria y sobre las capacidades que parecían “pertinentes”. AGRORIEGO no poseía un componente social, por ende no identificó como necesario incluir este requerimiento.

Figura 119. Análisis de percepción investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II



La Figura 119 indica que los auditores del proceso de desarrollo de la tecnología AGRORIEGO, detecta problemas asociables a las capacidades de los desarrolladores en llevar a cabo la solución de acuerdo a los primeros informes entregados, así como el objetivo propuesto en el desarrollo de una innovación que solucione una necesidad identificada (y que no está asociada directamente al riego). De forma contraria, el equipo desarrollador (ver Figura 120) considera que su mayor fortaleza, son sus capacidades las cuáles están enfocadas en responder requerimientos técnicos. La respuesta alrededor de por qué se sienten tan seguros con respecto a sus capacidades, es porque tienen experiencia con agremiaciones como CENIPALMA, entidades públicas y gubernamentales con los que han desarrollado proyectos.

Figura 120. Análisis de percepción desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II



Realizando un análisis de la homogeneidad entre la percepción del equipo de auditores y desarrolladores con el valor calculado por la herramienta, se encuentra que aquellos indicadores con mayor dispersión vuelve a ser Sostenible y exitosa, pero aparece manipulable por la comunidad.

Cuadro 29. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II - CONCEPTO

COMPARACIÓN DE HITOS - CONCEPTO	INV1	INV2	INV3	D1	D2	D3	CÁLCULO CONCEPTO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	3	3	3.00	4.00	5.00	4.00	1.69	1.12	1.06	0.31
Tecnológicamente posible	3	2	2.00	5.00	4.00	5.00	1.00	2.48	1.57	0.50
Técnicamente posible	5	4	3.00	5.00	4.00	5.00	2.10	1.27	1.13	0.28
Previene desastres	5	4	4.00	5.00	4.00	5.00	1.39	1.63	1.28	0.31
Sostenible	5	2	2.00	4.00	0.00	0.00	1.91	3.48	1.87	0.88
Efectiva	2	4	4.00	1.00	3.00	5.00	1.70	2.11	1.45	0.49
Exitosa	3	5	3.00	4.00	5.00	5.00	0.00	3.29	1.81	0.51
Manipulable por comunidad	1	3	3.00	4.00	5.00	5.00	1.14	2.71	1.65	0.52
Replicable	4	2	2.00	4.00	2.00	4.00	1.69	1.24	1.12	0.40
Adaptable	4	4	4.00	5.00	5.00	5.00	1.75	1.33	1.15	0.28

Cuando se les pregunta a los diseñadores (D1, D2 y D3) por estos resultados, ellos manifiestan nuevamente su incapacidad para explotar los elementos, servicios y demás desarrollos surgidos por la

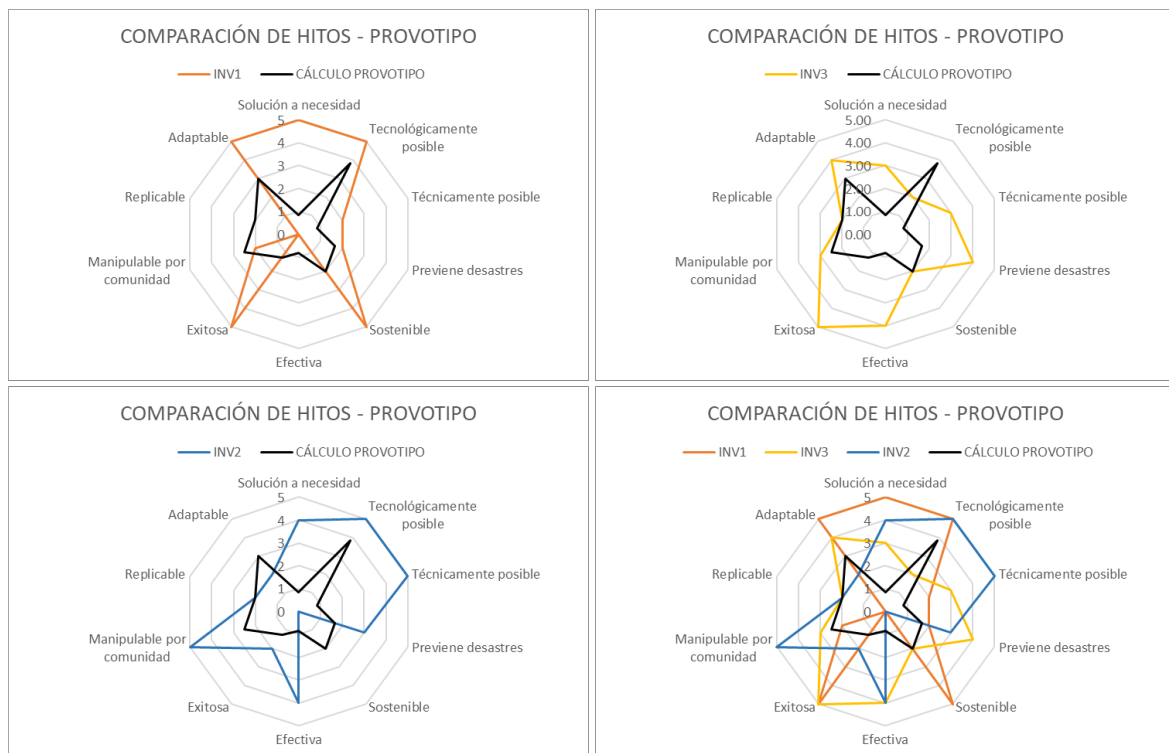
experiencia, debido a que el proyecto le pertenece a la UNAB, no es exitosa, porque su idea se concentra únicamente en el desarrollo de una solución económica y por ende, es posible que no sea manipulable por toda la comunidad.

De este análisis, se puede extraer que:

- La mejor puntuación ofrecida por el modelo fue en el apartado técnicamente posible (2.1) que descendió .7 puntos con respecto a la idea.
- Se identifica un incremento en el indicador sostenibilidad (1.9 puntos) debido a las menciones ofrecidas por el equipo investigador en utilizar sus conocimientos en otro proyecto que se estaba dando (ReActivate Santander).
- La mayor disminución de indicadores fue tecnológicamente posible (-2.79), prevención de desastres (-2.28), manipulable por la comunidad (-2.17) y exitosa (-3.28) entre el hito idea y concepto El proyecto necesitaba de la inclusión de personal enfocado al área de la planificación, estudio social e ingenieros en investigación de experiencia de usuario. El modelo sugiere desde el concepto problemas futuros con el despliegue.

En cuanto al provotipo presentado en la **Figura 121**, nuevamente hay una diferencia de opiniones, en donde cada investigador manifiesta su criterio personal para evaluar el desenvolvimiento de cada oferente tecnológico en el desarrollo de AGRORIEGO V2.

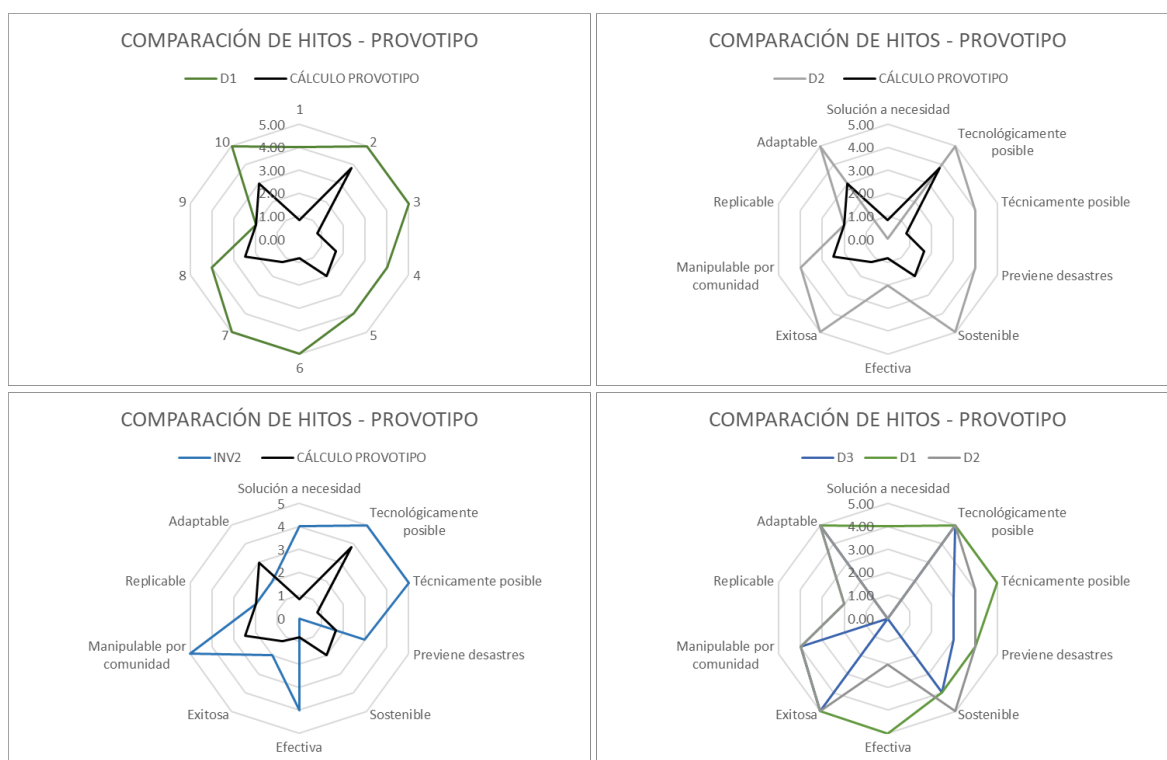
Figura 121. Análisis de percepción investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II



Dependiendo de un esquema mental evaluativo de cada una de las evaluadoras, se observa que se identifica diferentes fortalezas en el equipo de desarrollo de ThinkLink, siendo el único indicador con baja puntuación replicabilidad, ya que no se pudo identificar una sistematización de la experiencia, ni se realizó un traspaso de la experiencia ante la sociedad académica, empresarial o regional.

Por otro lado se aprecia, el equipo desarrollador manifiesta una puntuación muy positiva hacia los indicadores Técnicamente posible y tecnológicamente posible (ver **Figura 122**) explicado hacia la apropiación de nuevas metodologías y elementos de diseño, que les permitía identificar nuevos requerimientos nunca antes contemplados (ver **Figura 115**), que va a la par al criterio identificado por el instrumento de medición.

Figura 122. Análisis de percepción desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II



Con respecto al análisis de homogeneidad de datos sobre las percepciones del equipo investigador, desarrolladores de ThinkLink y cálculo del instrumento presentado en el **Cuadro 30**, se obtiene el siguiente análisis:

- La mejor puntuación identificada por el framework está asociada al indicador Tecnológicamente posible (3.83) y el peor indicador técnicamente posible y efectiva (0.83 respectivamente).
- Todos los indicadores poseen una tendencia positiva con respecto al concepto, siendo técnicamente posible, prevención de desastres, sostenible, exitosa, manipulable por la comunidad, replicable y adaptable aquellos que muestran una mejora con respecto a la idea y el concepto calculado por el modelo. Esto indica que, el trabajo con la comunidad y los nuevos

requerimientos identificados lograron aportarle al equipo una visión novedosa sobre cómo debe desarrollarse las innovaciones en el sector agrícola.

- Los valores con comportamientos más dispersos vuelven a encontrarse en los indicadores Sostenible (1.86), Efectiva (2.08) y Exitosa (1.66).
- Empieza a aparecer un comportamiento en donde el trabajo percibido por los desarrolladores es inferior al medido, posiblemente producto de las recomendaciones y constantes sugerencias de corrección sobre los entregables.

Cuadro 30. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE II - PROVOTIPO

COMPARACIÓN DE HITOS - PROVOTIPO	INV1	INV2	INV3	D1	D2	D3	CÁLCULO PROVOTIPO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	5	4	3.00	4.00	0.00	0.00	0.83	4.37	2.09	0.87
Tecnológicamente posible	5	5	2.00	5.00	5.00	5.00	3.83	1.31	1.15	0.26
Técnicamente posible	2	5	3.00	5.00	4.00	3.00	0.83	2.37	1.54	0.47
Previene desastres	2	3	4.00	4.00	4.00	3.00	1.66	0.96	0.98	0.32
Sostenible	5	0	2.00	4.00	5.00	4.00	2.00	3.48	1.86	0.59
Efectiva	0	4	4.00	5.00	2.00	0.00	0.83	4.31	2.08	0.92
Exitosa	5	2	5.00	5.00	5.00	5.00	1.25	2.76	1.66	0.41
Manipulable por comunidad	2	5	3.00	4.00	4.00	4.00	2.50	1.08	1.04	0.30
Replicable	0	2	2.00	2.00	2.00	0.00	2.00	0.95	0.98	0.68
Adaptable	5	2	4.00	5.00	5.00	5.00	3.00	1.48	1.21	0.29

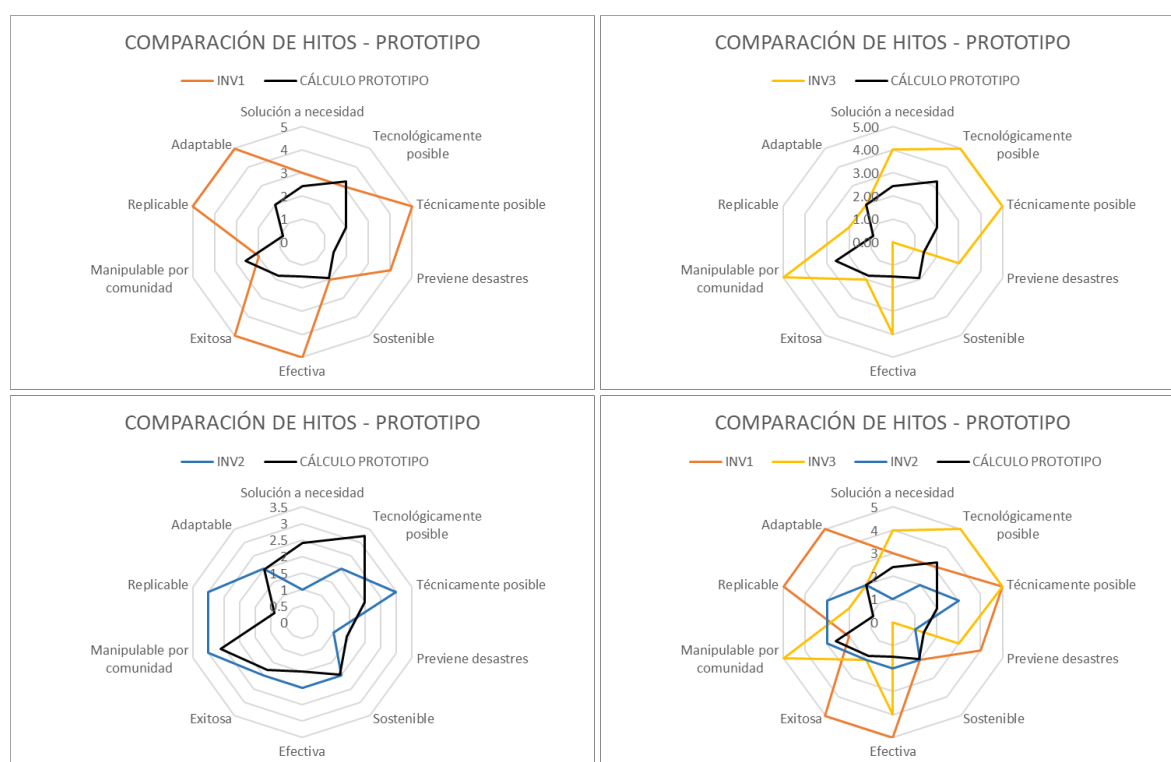
Finalizando, se muestra los resultados obtenidos en la encuesta de percepción de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink con respecto al despliegue del prototipo y sus respectivos resultados. El prototipo fue instalado en la Vereda el salto, finca el milagro, Simacota Santander; a una familia seleccionada por AGRORIEGO en una convocatoria abierta que se realizó con el fin de identificar familias que pudieran participar en la experiencia. Estas familias debían: a) tener una finca propia; b) ser pequeños productores agrícolas campesinos; c) poseer a un emisario tecnológico como familiar, viviendo en la misma casa; d) poseer conexión a internet; e) vivir en Santander y f) poseer un sistema de riego (esta última disposición era opcional cuando se identificó que las familias participantes poseían sistemas tradicionales de riego).

La solución IoT de riego se transforma en un sistema de sugerencia ya que la familia seleccionada posee un sistema tradicional que no permite su automatización. El despliegue se ejecutó dos meses después de lo presupuestado por lo que la instalación del dispositivo duró solo un mes. Debido a problemas de logística, los sensores no pudieron ser instalados en el cultivo, por lo que el sistema de sugerencia no arrojó datos adecuados para que el sistema de sugerencia funcionara adecuadamente (señalar si debía regar o no la tierra) ya que en el sitio designado no llegaba señal de Internet, dejando como experiencia a los diseñadores sobre la búsqueda de nuevos mecanismos para el establecimiento de requisitos de instalación. No obstante, la familia pudo interactuar con los diferentes elementos del sistema, cada uno mostrando una preferencia: el emisario tecnológico, se concentró en el uso de la aplicación (la cual

también tuvo diferentes problemas de funcionamiento) mientras que el cabeza de familia se familiarizó con el nodo sumidero, el cual mostraba datos agrometeorológicos al presionar un botón.

Debido a estos percances, la puntuación recibida en cada uno de los indicadores fue de acuerdo al esquema evaluativo y experticia de cada investigadora (ver **Figura 123**) y lo que cada una consideraba válido y pertinente. No obstante, las tres investigadoras identifican al indicador Sostenibilidad como la mayor falencia en el desarrollo de la innovación, al identificar un potencial desperdiciado ya que el equipo de ThinkLink y su poco interés en explotar los diferentes elementos desarrollados durante el desarrollo de la propuesta a pesar de las reiteradas recomendaciones al respecto.

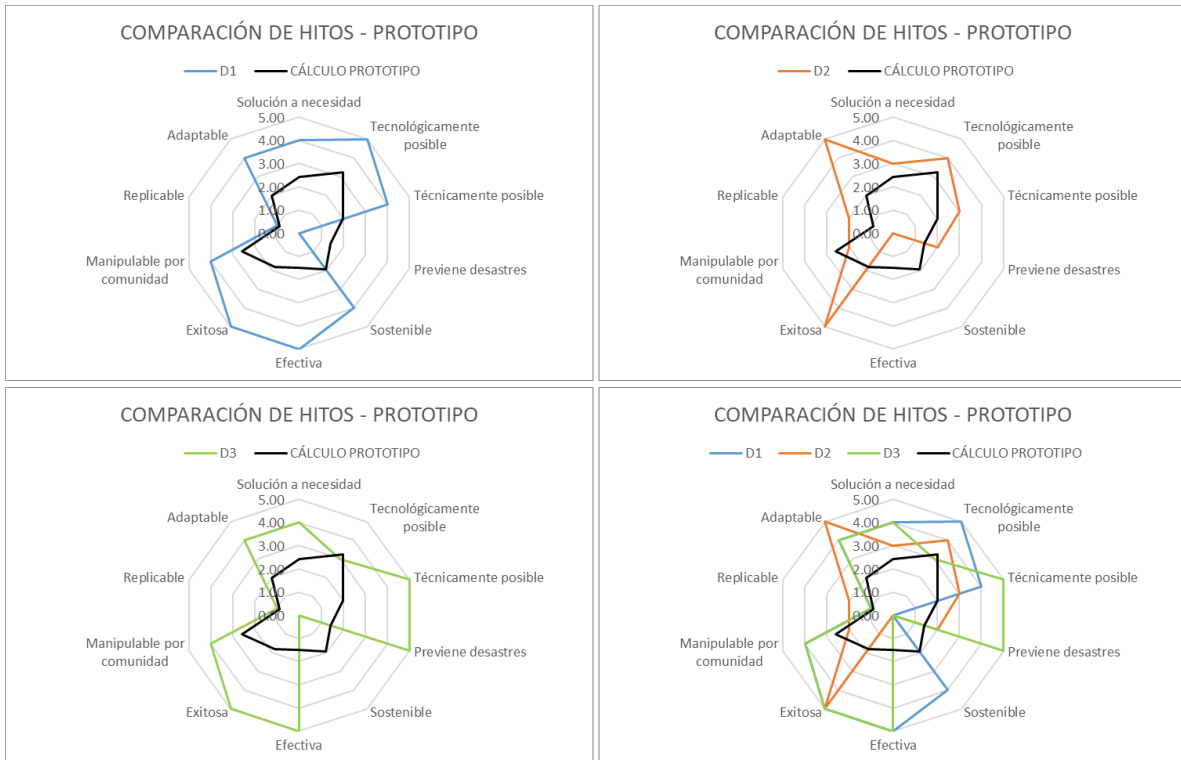
Figura 123. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT sobre proyecto AGRORIEGO V2 – FASE III - PROTOTIPO



Con respecto al análisis de percepción del equipo ThinkLink (ver **Figura 124**), al igual que en el hito PROVOTIPO, se identifica calificaciones inferiores a la puntuación calculada por el modelo en los indicadores prevención de desastres, manipulable por la comunidad y técnicamente posible. Cuando se les pregunta por estos resultados, los desarrolladores responden que, a pesar de que la mayor parte del sistema funcionó adecuadamente (recopiló datos desde el potrero, hizo su transmisión a la nube de forma correcta durante el mes, se hizo una analítica de datos adecuada que sugería, de acuerdo a las variables indicadas en el sitio de instalación si se debía regar o no) la aplicación móvil no resultó como lo esperaban, y perciben que su manipulación no es apta para pequeños productores agricultores santandereanos. Manifiestan la necesidad de incorporar ingenieros de UX, pero también identifican la necesidad de establecer espacios comunitarios que fortalezcan una cultura de riego (o al menos, sensibilizar a la región

sobre su importancia). Manifiestan también problemas con respecto a la documentación en cuanto a rigurosidad de aspectos técnicos, y que les hubiera gustado implementar métricas que probaran la validación emocional con el uso del dispositivo. Por ende, no hubo sistematización de experiencias que pudieran usar para próximos proyectos.

Figura 124. Análisis de percepción de desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III - PROTOTIPO



Con respecto al análisis de homogeneidad de datos sobre las percepciones del equipo investigador, desarrolladores de ThinkLink y cálculo del instrumento presentado en el **Cuadro 31**, se obtiene el siguiente análisis:

- La mayor variación de datos se encuentra en los indicadores se encuentra en efectiva (2.04), seguida de prevención de desastres (1.76) y exitosa (1.64).
- La mejor puntuación otorgada por el framework se encuentra en el indicador Tecnológicamente posible (3.23) y la peor replicable (0.9).
- El instrumento identifica una mejora de desarrollo en relación a los hitos idea, concepto y prototipo del indicador Solución a la necesidad y técnicamente posible. Esto se da debido a la incorporación de nuevos procesos que generaron un canal de comunicación entre los desarrolladores y el pequeño productor agricultor, ofreciendo una mejor contextualización de la idea.
- El instrumento logra identificar aquellos indicadores en relación a los hitos idea, concepto y prototipo con respecto al prototipo que sufrieron una desmejora, posiblemente resultado de la

experiencia. Estos son: Tecnológicamente posible (los desarrolladores identificaron problemas de UX relacionado con la app y esto también se vio reflejado en la puntuación de la herramienta), efectiva (debido a percances ya mencionados relacionados con la instalación), replicable (problemas de sistematización de experiencias) y adaptabilidad (no se tomó en cuenta modularidad, necesidades particulares de la zona, marcas culturales y metáforas empleadas para facilitar su adopción).

- El sistema identificó como debilidades para el desarrollo de la innovación, indicadores asociados a replicabilidad, adaptabilidad, prevención de desastres y sostenibilidad. Es necesario revisar sobre esos apartados con el fin de mejorar desarrollos a futuro con respecto a soluciones en entornos agrícolas de pequeña escala.

Cuadro 31. Análisis de percepción de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink sobre proyecto AGRORIEGO V2 - FASE III - PROTOTIPO

COMPARACIÓN DE HITOS - PROTOTIPO	INV1	INV2	INV3	D1	D2	D3	CÁLCULO PROTOTIPO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
Solución a necesidad	3	1	4.00	4.00	3.00	4.00	2.41	1.22	1.10	0.36
Tecnológicamente posible	3	2	5.00	5.00	4.00	3.00	3.23	1.25	1.12	0.31
Técnicamente posible	5	3	5.00	4.00	3.00	5.00	2.00	1.48	1.21	0.31
Previene desastres	4	1	3.00	0.00	2.00	5.00	1.41	3.09	1.76	0.75
Sostenible	2	2	0.00	4.00	0.00	0.00	1.95	2.28	1.51	1.06
Efectiva	5	2	4.00	5.00	0.00	5.00	1.50	4.15	2.04	0.63
Exitosa	5	2	2.00	5.00	5.00	5.00	1.80	2.69	1.64	0.45
Manipulable por comunidad	2	3	5.00	4.00	2.00	4.00	2.60	1.30	1.14	0.35
Replicable	5	3	2.00	1.00	2.00	1.00	0.90	2.18	1.48	0.69
Adaptable	5	2	2.00	4.00	5.00	4.00	1.98	1.96	1.40	0.41

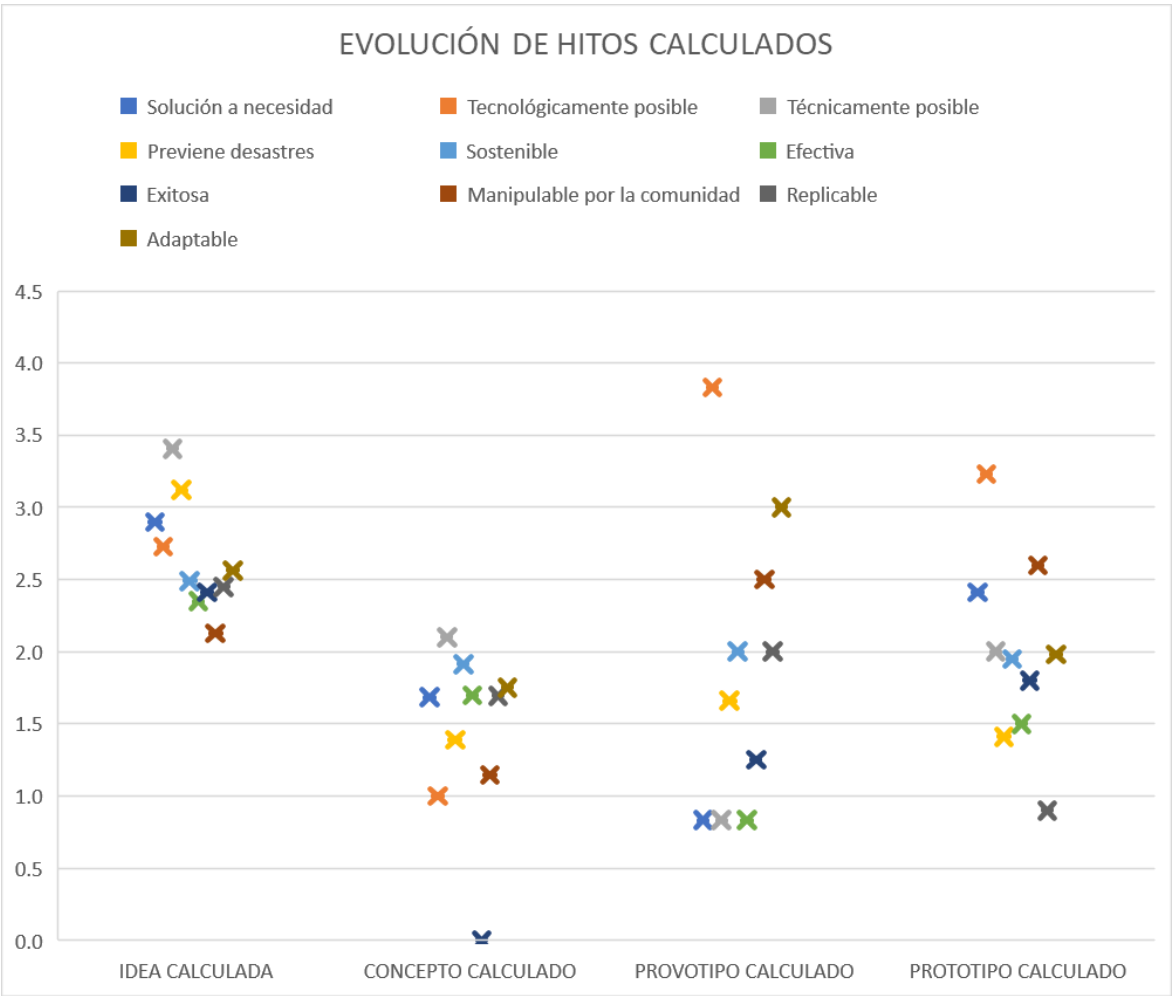
Para finalizar con este análisis, se revisa el comportamiento de los datos orientados hacia la percepción y el cálculo de los diferentes hitos. Esta información se presenta en la **Figura 125** en donde se puede identificar el cálculo de los indicadores a partir del desarrollo de todo el proyecto, **Figura 126** en donde se puede comparar la percepción en comparación con los datos calculados por el framework y finalmente la **Tabla 27** que permite explicar matemáticamente el comportamiento de los datos.

Tabla 27. Análisis de dispersión sobre evolución de hitos calculados

	<i>Solución a necesidad</i>	<i>Tecnológicamente posible</i>	<i>Técnicamente posible</i>	<i>Previene desastres</i>	<i>Sostenible</i>	<i>Efectiva</i>	<i>Exitosa</i>	<i>Manipulable por la comunidad</i>	<i>Replicable</i>	<i>Adaptable</i>
Media	1.96	2.70	2.08	1.90	2.09	1.60	1.37	2.09	1.76	2.32
Error típico	0.45	0.61	0.53	0.41	0.13	0.31	0.51	0.33	0.33	0.28
Mediana	2.05	2.98	2.05	1.54	1.98	1.60	1.53	2.31	1.85	2.27
Desviación estándar	0.90	1.22	1.05	0.83	0.27	0.62	1.03	0.66	0.65	0.57
Varianza de la muestra	0.81	1.48	1.11	0.68	0.07	0.39	1.05	0.44	0.43	0.32
Curtosis	-1.15	1.69	1.48	3.52	3.66	1.01	0.64	1.95	0.81	-2.64
Coefficiente de asimetría	-0.46	-1.21	0.20	1.87	1.90	-0.03	-0.81	-1.49	-0.72	0.35
Rango	2.07	2.83	2.57	1.73	0.58	1.52	2.41	1.46	1.55	1.25
Mínimo	0.83	1.00	0.83	1.39	1.91	0.83	0.00	1.14	0.90	1.75
Máximo	2.90	3.83	3.41	3.12	2.49	2.35	2.41	2.60	2.45	3.00

La **Figura 125** muestra un comportamiento en que los datos se dispersan con el pasar del tiempo. Desde estar fuertemente agrupados en el planteamiento de la idea (alrededor de una media de 2.6) a presentar un comportamiento disperso en el provotipo y prototipo. De acuerdo a los resultados mostrados en la **Tabla 27**, los datos asociados a los indicadores tecnológicamente posible y manipulable por la comunidad presenta una tendencia fuerte hacia la izquierda mientras que previene desastres y sostenible hacia la derecha (relacionado con los resultados identificados en la experiencia y explicados en el análisis del **Cuadro 31**). Por su valor de curtosis, se indica que los datos asociados a los indicadores Exitosa y Replicable, son los más homogéneos en relación a los otros, indicando que no hubo un cambio significativo en el desarrollo de la propuesta alrededor de esos valores.

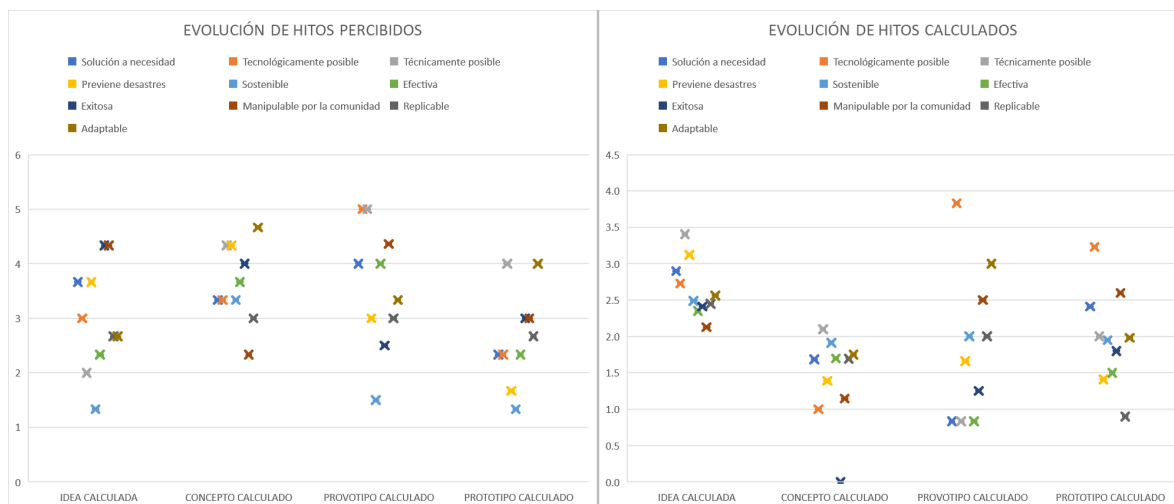
Figura 125. Análisis de dispersión sobre la evolución de hitos calculados



Por otro lado, la **Figura 126** permite generar una comparación entre la percepción generada por el equipo de investigadores AGRIOT y desarrolladores ThinkLink en relación a los hitos calculados por la herramienta. Es así como los valores percibidos son de carácter disperso, pero con una media aritmética cercana a tres (3), mientras que en los hitos calculados, el comportamiento es al principio homogéneo

(idea con un promedio alrededor de 2.6 y concepto con un promedio aritmético de 1.4) pero al final se dispersa, señalando la preferencia por algunos criterios en el diseño de soluciones, posiblemente por su característica novedosa para el equipo de desarrollo

Figura 126. Comparación de análisis de dispersión entre evolución de hitos percibidos vs hitos calculados



5.3.1.3 Comparando diferentes ambientes (AGRORIEGO, AGRIOT, DYNAMOELECTRONCS y LIFE IS THE GAME)

A diferencia de los dos ejercicios anteriores, la evaluación de los procesos de diseño, desarrollo y despliegue se da mediante una entrevista semi-estructurada la cual emplea los procesos pertenecientes al framework AgCDV adaptadas a los respectivos modelo de negocio y sector productivo. Los respectivos CEO de DynamoElectronics (DE) y Life is the Game (LG). S.A.S responden sobre el desarrollo general de sus procesos, sin enfocarse en un producto en específico. También se recopilan conversaciones anteriores con investigadores de AGRIOT(AG) y desarrolladores de ThinkLink(TL) en las reuniones de revisión de la tecnología AGRORIEGO V2. El ejercicio comparativo puede ser revisado en el **Cuadro 32**, y fue desarrollado de la siguiente forma:

- Se habla con los diferentes CEO de las compañías, y en forma de entrevista estructurada se les pregunta sobre partes del proceso comprendido por el framework AgCDV.
- Se presenta el modelo y cómo las preguntas realizadas impacta en cada parte del esquema.
- Se identifican fortalezas y debilidades en cada esquema de negocio, y áreas no explotadas.
- Para la realización del **Cuadro 32** se toma en cuenta las siguientes disposiciones: el color blanco significa que ese proceso no es tomado en cuenta en su esquema de negocio; amarillo, es un proceso normal de operación que no adopta las buenas prácticas identificadas; rojo representa una amenaza o debilidad del sistema. Puede acarrear problemas futuros si no son corregidos; verde claro, el proceso adopta las buenas prácticas pero se identifica dependencia de terceros para su completitud y el verde oscuro representa el estado ideal, en donde la compañía tiene completo control sobre el proceso.

Cuadro 32. Comparación de empresas empleando como esquema evaluativo el modelo AgCDV

FASE I					FASE II					FASE III				
Proceso	AG	TL	DE	LG	Proceso	AG	TL	DE	LG	Proceso	AG	TL	DE	LG
Recopilación inicial del contexto y población objetivo					Identificación de tecnologías seleccionables					Selección de público objetivo para testeo				
Rango inicial de soluciones					Planteamiento gráfico de la solución					Instalación de solución				
Experticia					Diseño del concepto					Servicio de extensionismo				
Asesoramiento					Diseño técnico					Ingeniería del producto				
Identificación inicial de requerimientos					Diseño de la interfaz humano-máquina					Búsqueda de financiación para la comercialización				
Búsqueda de financiación					Prueba de concepto					Revisión final del producto				
Negociación de Propiedad Intelectual (PI)					Diseño del prototipo					Muestra del producto en clúster empresarial				
Conformación de equipo de trabajo					Establecimiento de un ambiente de codiseño					Servicio post-venta				
Infraestructura					Diseño técnico corregido					Explotación de PI				
Primera intervención con comunidad					Diseño interfaz humano-máquina corregido					Seguimiento de la innovación				
Distribución de roles					Publicación de hallazgos					Publicación de hallazgos				
Caracterización del ecosistema tecnológico					Gestión documental					Gestión documental				
Primer diseño conceptual					Planificación					Planificación				
Caracterización del usuario														
Gestión documental														
Planificación														

A continuación, una breve descripción de las compañías Life is The Game S.A.S y DynamoElectronics:

Life is The Game S.A.S: Compañía desarrolladora de videojuegos de Bucaramanga. Su CEO, Nitae Andrés Uribe, comenta que la idea inicial de negocio era una compañía desarrolladora de juegos de mesa, pero a causa de la pandemia, su modelo de negocio se volcó a una compañía tipo outsourcing, en donde otras compañías desarrolladoras de videojuegos contratan a más pequeñas para el desarrollo puntual de parte de su esquema total de proyecto. Participan activamente en convocatorias MINCIENCIAS (con una tasa baja de éxito) y diferentes convocatorias de emprendimiento. Durante el trabajo en pasantía, se identifica un vínculo fuerte con la academia en forma de pasantía y entrenamiento con el fin de ofrecer una contratación en la compañía. Se establece metodologías ágiles para el desarrollo de proyectos con un esquema horizontal de mando, en donde se implementa el sistema japonés estudiante – superior (gakusei - sempai) como jerarquía. Muestran interés en el desarrollo de productos, bienes y servicios propios, pero se identifica que, debido a su ámbito de negociación, es imperativo contratar un equipo de abogados y proteger todos los activos actuales de la compañía. Están muy conscientes de la interacción con el usuario, por lo que realizan contrataciones frecuentes orientadas a pruebas de experiencia de usuario. No poseen un sistema de documentación riguroso, ni un esquema de búsqueda sistematizado y no documentan ideas fallidas ni sus causas. No obstante, si documentan opciones desechadas con el fin de regresar sobre ellas. Su canal de comunicación predilecto es Discord.

- LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/life-is-the-game/>
- Página web: <https://lifeisthegame.dev>
- Página de subcontratación: <https://www.upwork.com/ag/lifeisthegame/>

DynamoElectronics: Compañía bumanguesa legalmente constituida desde el 2006 entre cuatro estudiantes del programa de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones. Distribuidor oficial de diferentes sistemas embebidos, ofrecen servicios de capacitación, asesorías, prototipado rápido, charlas y talleres en toda Colombia. Entre su nicho de negocio se encuentra la venta y distribución de dispositivos y equipos a universidades y sector empresarial, como desarrolladores de productos. También desarrollan sus propios productos pero no los tienen registrados, ni poseen patentes por lo que emplean el secreto empresarial como única forma de protección de la propiedad industrial. Mantienen relaciones cercanas con academia, sector empresarial, distribuidores y sector social mediante el ofrecimiento de talleres gratuitos y charlas con universidades. No obstante, no reciben pasantes a pesar de sólo contar con los mismos empleados, los cuáles se han especializado en un rol específico, siendo Ángela Gélvez quien tomó el rol de CEO dentro de la compañía.

Servicios: Asesorías y capacitaciones; comercialización y nacionalización de productos, impresión 3D y diagnóstico electrónico de tarjetas, equipos e impresoras 3D.

- LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/dynamo-electronics/?originalSubdomain=co>
- Página web: <https://dynamoelectronics.com>
- Redes sociales:
 - Instagram (<https://www.instagram.com/dynamoelectronics/?hl=es>);
 - YouTube (<https://www.youtube.com/channel/UCMOfsApMGH3N2FmIL-iQimQ>);
 - Twitter (<https://twitter.com/dynamoelect?lang=es>)
 - Facebook: <https://www.facebook.com/Dynamoelectronics/>

Las conclusiones producto de esta experiencia serán discutidos en el capítulo CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES, específicamente en apartado, Con respecto al objetivo específico 3

5.3.2 Promoción y divulgación

Se ha participado en mesas de competitividad agrícola por parte del doctorado en ingeniería, Innovation camp 2021, Innovation camp 2022, en la VI Semana Internacional de Ingeniería – 2022 Vol(1) gestionado por la Universidad Cooperativa de Colombia y se está trabajando en la publicación de dos artículos alrededor de los resultados obtenidos.

6 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Ya finalizado el trabajo, se presentan una serie de conclusiones y observaciones identificadas a lo largo de la elaboración del documento.

6.3 Con respecto al objetivo específico 1

- 6.3.1 Un requisito fundamental de los sistemas centrados en las personas son las investigaciones en experiencia de usuario, las cuáles se identifican limitadas y costosas al ser información recopilada lejos del casco urbano, con poca interconexión tecnológica y física que dificulta el acceso con estas comunidades. Generar tecnologías con una revisión constante campesina es difícil, por lo que los desarrolladores prefieren el diseño de soluciones con base a información de fácil acceso a Internet, aunque no sea pertinente o suficiente. En el mundo de los videojuegos, para minimizar los problemas asociados a la información en este aspecto, existen compañías online que ofrecen servicios de experiencia de usuario sobre un producto, bien o servicio digital. El problema con estas compañías es que el público objetivo son personas en con computador y conexión a Internet, por lo que se abre la oportunidad de servicios alrededor de compañías que ofrezcan investigación de experiencia de usuario, que puedan vender los datos a compañías desarrolladoras de tecnología, y que mantengan cedes en pueblos con mayor potencial de tecnificación.
- 6.3.2 El sector agrícola se ha caracterizado por tener fuertes canales de transferencia en el mismo sector, pero completamente ajeno con otros sectores que no se relacionen con el sector de la agricultura. La relación academia – sector empresarial – sector agrícola es débil, y sólo se da cuando hay convenios directos con agremiaciones. Eso (además de la elaboración de prototipos que no llegan a un nivel de comercialización) explica porque las soluciones agrícolas generadas por las universidades y el sector empresarial están fuera del alcance de las implementaciones que requieren los pequeños productores agricultores. Los proyectos financiados por organizaciones gubernamentales (como MINCIENCIAS) obligan a la creación de canales entre agremiaciones y sectores, pero al no darse de forma natural, estos convenios no suelen ser mantenidos, y cómo no se generan soluciones sostenibles, las iniciativas desaparecen cuando finaliza el financiamiento gubernamental.
- 6.3.3 El sector académico en Colombia se encuentra desligado a los avances industriales. Esta conclusión podría darse a través de dos miradas: las compañías consideran que los estudiantes no están preparados para sus estándares, por lo que todos deben hacer cursos que les posibilite trabajar de acuerdo a las necesidades de la industria. Esto ha impulsado que algunas organizaciones a nivel mundial (como CISCO) elabore su propia academia. Por otro lado, la

academia no emplea los estándares industriales, ya sea porque el acceso a esa información es costoso, su cambio es rápido y la universidad no puede seguir con ese cambio (la universidad ya no es fuente de innovaciones, sino que sigue a la industria e intenta generar soluciones empleando esas innovaciones). Esto se da porque la apuesta ya no está dada a la investigación básica sino a la investigación operativa (generación de aplicaciones móviles). Se entiende porque la investigación aplicada da menos pérdidas y mayor ganancia en corto tiempo, en comparación con la investigación básica que debe darse en un tiempo largo de investigación, y es posible que no pueda emplearse.

- 6.3.4 Caracterizar una actividad agrícola puntual (como el riego) debe darse de forma multidisciplinaria y transdisciplinaria [214]. No es común que estos escenarios se den en la academia, y menos en spin-off en donde la tendencia identificada es la conformación de trabajadores de la misma rama de desempeño o similares. Eso se evidencia en la disociación de conocimientos expuesto en los artículos académicos en donde se toman en cuenta variables que el sector industrial y agrícola las calcula de formas más sencillas y al alcance de los productores.
- 6.3.5 Los sistemas de información abiertos dependen de la buena voluntad de las organizaciones gubernamentales y sin ánimo de lucro que las mantiene: Se identifica un desconocimiento de mecanismos de acceso gratuito como el portal ofrecido por la FAO (CROPWAT), en donde se permite el cálculo de precipitaciones a partir del manejo del software. Esta aplicación es ampliamente empleada, por extensionistas agrícolas, pero en las soluciones revisadas a nivel industrial y académico, la preferencia es por sistemas desarrollados por firmas privadas. Se podría pensar que esta preferencia se explica debido a que los desarrolladores son reconocidos a nivel internacional por sus productos y servicios certificados, en comparación con el sistema CROPWAT que depende en su gran mayoría, de la buena voluntad de los estamentos gubernamentales para la actualización de datos con los que trabaja el software. Este mismo comportamiento se ha observado en sistemas de información abierto de acceso gratuito encargados de actualizar información relacionada con una región. Si cambia el periodo de mandato, el sistema cae y con ella, la información que albergaba, dificultando la búsqueda de información y su referenciación.

6.4 Con respecto al objetivo específico 2

- 6.4.1 El diseño de soluciones entorno al sector agrícola de pequeña escala, no tiene en cuenta el cambio generacional. Se ha identificado el uso de tecnologías maduras en el desarrollo del software y hardware que se encuentra oculto, pero hace uso de tecnologías nuevas en elementos empleados para en la interacción humano máquina (como pantallas táctiles). Se debe tomar en cuenta que el entorno agrícola es comunitario, y que es usual que el trabajo se dé desde temprana edad hasta una población mayor. Es por eso que se recomienda el uso de elementos que considere todos los cambios generacionales (uso de accionamientos mecánicos, táctiles y sonoros).

- 6.4.2 Los desarrolladores están enfocados en la generación de prototipos, pero no en productos mínimos viables que pueden ser serializados. Los materiales empleados son económicos, su diseño cumple con normas internacionales, pero no son certificados (no poseen dinero suficiente para ello). En la academia, se explica porque los estudiantes no poseen suficiente capital ni financiación para poder originar innovaciones, ni tienen un entendimiento sobre cómo explotar su idea de negocio. Desconocen los mecanismos de PI que ofrece la universidad y sobre los beneficios. Los estudiantes aventajados en PI, prefieren generar otra innovación con cambios sutiles para explotación. En el caso de spin-off, se identifica que sus usuarios no están interesados en certificaciones (porque aumenta los precios finales).
- 6.4.3 De acuerdo al estudio de mercado realizado a los oferentes tecnológicos (academia, spin off y las grandes compañías vendedoras de productos para el riego), se identifica que el seguimiento continuo sobre el estado de la solución por parte de los usuarios finales se da en dos grandes encuentros con el usuario final: al inicio del contrato y cuando entrega el producto. Esto puede explicarse desde la dificultad de ingreso en la mayoría de comunidades rurales y el problema que implica mantener la comunicación con los usuarios finales. El servicio de post-venta es costoso de mantener (de acuerdo a aseveraciones de Think Link) y sin fuente de financiamiento, este servicio desaparece (de acuerdo a lo comentado por el gerente de Proyectos, PhD Héctor González, Director de Zaita S.A.S).
- 6.4.4 Cuando se habla de una solución IoT, se debe tener en cuenta (por la definición misma) tres aspectos: mecanismos de interconectividad y los problemas que esto acarrea (como seguridad en los datos, confiabilidad de la información y transmisión en tiempo real, entre otros), representación de los objetos virtuales y cómo integrar la sensórica a los objetos cotidianos en el sector implementado. De acuerdo a los resultados de esta investigación, este último apartado no se ha desarrollado de forma correcta en la agricultura, en donde se abstraen elementos de uso cotidiano de otros sectores empresariales que no representa de forma correcta los elementos de uso cotidiano de los agricultores (y menos los de pequeña escala). Esta “obviedad” solo es una consecuencia clara del colonialismo tecnológico en donde se presupone un know how a agricultores para el uso de estas herramientas. La inhabilidad de su uso se explica desde el analfabetismo tecnológico, por lo que las soluciones más cercanas están dadas bajo estrategias que apuestan a cambios generacionales: capacitaciones, becas universitarias que no soluciona el problema, sino aumenta la brecha generacional y lapida los conocimientos ancestrales de los maestros de la tierra. Salvo algunos ejemplos (como CareBro [175] y sensores en forma de hojas [368]), no hay un acercamiento directo ni un interés en los desarrolladores académicos, en estudios que verifiquen la relación de los pequeños agricultores con la tecnología. No obstante, este aspecto difiere en los hallazgos determinados en las industrias representativas IoT para el desarrollo de soluciones en agricultura, en donde se han realizado avances significativos retomando elementos usados por los agricultores de la región, implementándolo en sus soluciones, como los diarios de campo (reemplazando los cuadernos que usan los agricultores para tomar apuntes referente a lo producido en la cosecha, producción por trabajador, producción

por día, etc.) y objetos fácilmente reconocibles como una carcasa en forma de tornillo, en donde se depositan los sensores del suelo (soluciones de CropX).

- 6.4.5 Cuando se habla de soluciones IoT agrícolas, los autores se decantan al desarrollo de innovaciones que apunten a un aumento de productividad y desarrollo de un ecosistema resiliente que pueda adoptarse a los requerimientos de un cambio climático (recordar los resultados obtenidos y depositados en IoT para soluciones de riego, Caracterización de soluciones de riego en el mundo y Caracterización del proceso de transferencia de las tecnologías IoT de riego en el sector agrícola. No hay evidencia sobre el bienestar que pueda traer al agricultor, el uso de estas tecnologías más allá de un ahorro en horas/hombre y una optimización en el uso de recursos. Si bien los campesinos son sensibles a estos temas [214], se ha identificado que no es el único criterio de decisión para la adopción de una tecnología: los pequeños productores valoran diferentes características, como la red de confianza que usa, el valor agregado de la aplicación, la robustez de la solución y la confianza y el hedonismo que les genera su uso.
- 6.4.6 Cuando se realizó el análisis de tópicos tomando referencia el resumen de 69 artículos seleccionados, se encontró una disparidad en resultados con respecto a la información identificada por el grupo de expertos en IoT e investigadores AGRIOT. En su momento, se consideró que parte del problema estaba en el tipo de modelo seleccionado, por lo que el siguiente paso a seguir era el uso de Transformers, los cuáles, poseen un corpus de información importante que podría mejorar los resultados. No obstante, Ermakova et al. [369], menciona una tendencia de los autores, en donde suelen ser más generosos en el contenido del artículo, pero esta generosidad no se ve reflejada en el resumen. Dependiendo del área de conocimiento, los artículos científicos suelen poseer un GEM inferior (medida para evaluar la generosidad de los resúmenes de los artículos) en comparación con la información suministrada en otras secciones del documento. Esto explicaría la disparidad de hallazgos entre los expertos (quienes lograron identificar al menos el 50% más características en el artículo) que el análisis de tópico enfocado en el estudio del resumen.
- 6.4.7 Aunque a simple vista el argumento de esta tesis une dos temas sin relación aparente (IoT con los sistemas centrados en los usuarios y ux), se identifica un punto en común donde confluyen: los objetos y su representación virtualizada (definición de IoT ofrecida por la ITU [254]). Los diferentes estudios conducidos por [266], [152], [264] y [268], establece el uso de marcas culturales, imaginarios y metáforas en el desarrollo de interfaces mitiga problemas relacionados con la adopción tecnológica. Aunque no se identificaron estudios en soluciones IoT de riego que corrobore lo encontrado por estos estudios, se encuentra que los pequeños productores agricultores campesinos reconocen la mayoría de las variables asociadas al riego y ofrecen definiciones gráficas alrededor de estas. Inclusive, demuestran una experticia con los números, el conteo y la ubicación de elementos dentro de la finca. También se demuestra el uso de elementos de diseño asociado a curvas de nivel, porcentajes, colores estéticamente correctos y demás estrategias que posiblemente no manejan los campesinos, considerando que la mayoría no inicia la educación media, en donde se da la formación alrededor de estas temáticas. Inclusive,

en su mayoría, los dispositivos físicos son diseñados para que no tengan “ninguna interacción” con los agricultores⁶⁰, refiriéndose a una “ventaja” en el desarrollo de soluciones IoT, con lo que es posible considerar que la ausencia de metáforas, marcas culturales y simbología propia de la región para representar estas variables es una de las barreras de adopción tecnológica y que implementar estos elementos, podría minimizarla.

6.5 Con respecto al objetivo específico 3

6.5.1 Las pequeñas compañías no están en la capacidad de desarrollar soluciones integrales IoT de riego para el sector agrícola de pequeña escala debido a las siguientes causas identificadas:

- Insuficiencia de personal: El canal de transferencia tecnológica relacionado con la relación en la academia no es empleado por las pequeñas empresas, debido a que ellas no tienen la capacidad de proteger sus invenciones. Tienen serias reservas con la participación de pasantes a pesar de no contar con suficiente capacidad de personal y que esto resolvería el problema. Según arrojan las entrevistas y el seguimiento, esto es porque, al no poder proteger sus innovaciones, manifiestan temor en que los pasantes roben los resultados de sus investigaciones.
- Capacidad de PI: No poseen el tiempo, dinero, experiencia ni contactos para proteger sus innovaciones. Reconocen los canales de protección de canal intelectual, pero malas experiencias en el sistema han traído como consecuencia el que abandonen la posibilidad cercana de búsqueda de protección de la propiedad intelectual. Ni siquiera protegen su marca (a pesar de las facilidades que la Superintendencia de Industria y Comercio da al respecto).
- Trabajo multi e interdisciplinario: las spin-off santandereanas contactadas, son empresas formadas por un capital humano de 4 a 10 personas. Son profesionales de áreas afines que se conocieron en un proyecto de investigación, y que se organizaron alrededor de un producto, bien o servicio que les generó una red empresarial. A diferencia del sector videojuegos, donde los productos, bienes y servicios son digitales, y se da un mejor y más variado acceso al desarrollo de aplicaciones, el desarrollo de automatización necesita de una inversión mayor a elementos que, la mayoría de las veces depende del sector extranjero para la adquisición tecnológica.
- Poseen cierto grado documentación de las soluciones desarrolladas exitosas, pero no aquellas que representaron una pérdida (no existe memoria organizacional). Las experiencias no son documentadas,

6.5.2 La financiación directa de las pequeñas compañías es outsourcing: Debido a la baja capacidad para participar exitosamente en las convocatorias, estas compañías suelen conseguir su capital por medio de financiación vía outsourcing (nacional o extranjero). Si tienen cercanía con la academia, suelen ser intermedios entre compañías extranjeras y universidades, o generar servicios alrededor de las necesidades propias de las carreras (tutorías, proyectos).

⁶⁰ Inclusive en el sector industrial.

- 6.5.3 Gran parte de las problemáticas alrededor del desarrollo de innovaciones relacionadas con el desarrollo de transformación tecnológica va dirigida hacia el sector gubernamental: financia oportunidades de investigación de corto plazo (1 – 3 años), lo que hace que los diferentes oferentes no puedan especializarse en un área de específica, sino que buscan participar en la mayor cantidad de proyectos posibles de acuerdo a las necesidades de la convocatoria. Esto
- 6.5.4 Las universidades no poseen elementos que posibiliten ser generadores de innovaciones (laboratorios equipados). Esa responsabilidad se cede a los laboratorios tecnológicos, pero los docentes no participan de su uso, ni los laboratorios usan todos los canales para propiciar la participación activa.
- 6.5.5 Cuando se habla de internet de las cosas, se está hablando de cuatro características importantes: conexión a Internet, la conexión entre los objetos, el poder computacional asignado a los objetos y **los objetos**. Estos últimos están siendo seriamente olvidados en el desarrollo de soluciones rurales (según lo observado en el estudio de literatura y la experiencia) ya que los elementos incorporados en estas soluciones son heredadas de experiencias o paradigmas de los desarrolladores, obviando los objetos propios que se emplean en zonas rurales.

7 RECOMENDACIONES

- Software de validación de contexto: Versión 2.0 de la herramienta para evaluar el estado de riego actual, a fin de sugerir un plan de automatización. Ya no sería un sistema de preguntas y respuestas, sino que podría conectarse a bases de datos de compañías comerciantes de productos para el diseño de soluciones IoT, y convertirse en un sistema de sugerencia que, pudiese generar costos globales, parciales, calcular beneficios a corto, mediano y largo plazo y proyectar un plan de pagos con la asociación.
- Validación del instrumento AgCDV a partir de un esquema de ponderación: Si bien el framework desarrollado en el proyecto a partir de buenas prácticas identificadas en la academia, sector empresarial y vigilancia tecnológica, el grado de precisión ofrecido podría no ser pertinente en todos los proyectos o su cumplimiento es complejo en organizaciones con poco personal. Es por eso que se sugiere establecer mecanismos que evalúen el framework generado desde una visión cuantitativa, y permita generar un esquema de ponderación que de acuerdo a las necesidades del desarrollador alrededor del cumplimiento de su objetivo.
- Servicio de auditoría para la evaluación de la solución generada. Las soluciones IoT de riego están conformadas por varias partes: Hardware, software, plan para la transferencia de tecnologías blandas y duras. Este servicio de auditoría y acompañamiento evaluaría todos estos apartados en forma de informes y certificaciones, que permitiría guiar a la compañía en la identificación de oportunidades de mejoras alrededor de sus productos, bienes y servicios. Para su funcionamiento, este servicio de auditoría debería capacitar a campesinos, emisarios tecnológicos y extensionistas agrícolas con el fin de que sean ellos, quienes realizan el proceso. Actualmente se está dirigiendo un proyecto de maestría que busca realizar una evaluación de soluciones de riego IoT a nivel de hardware, mientras que se culmina otra que evaluó el aspecto de interfaz gráfica (UI). Se expone la necesidad de actualizar los lineamientos de valuación, ya que los primeros generados no contemplan todos los elementos de evaluación.
- Evaluación de capacidades tecnológicas de organizaciones pymes y/o spin-off: El modelo desarrollado es específico alrededor de la organización, clasificación y categorización de buenas prácticas que deben integrarse alrededor del desarrollo de tecnologías digitales dirigidas a solucionar las necesidades del pequeño productor agricultor campesino. No obstante, se observa una resistencia del personal hacia su adopción, debido a la naturaleza propia de las compañías (grupos pequeños con profesionales de carreras afines, poca experiencia en el desarrollo de innovaciones, ineficiencia en protección de propiedad intelectual de sus productos, bienes y servicios generados, intervención en proyectos afines a su modelo de negocio mas no a su área de experticia). Adicionalmente, se identifica una difícil y costosa adquisición de datos referentes

al sector agrícola alrededor de temas de adopción digital y estudios de experiencia de usuario, haciendo que estas pequeñas compañías se decanten a emplear patrones preestablecidos, aceptados por la industria y estéticamente correctos, que ha demostrado no son pertinentes ni dan buenos resultados en entornos agrícolas de pequeña escala. Es por ello que se hace pertinente el desarrollo de estrategias en forma de auditoría, que permita generar un perfil actual de la empresa y su capacidad para dar soluciones contextualizadas a su zona de interés (en este caso, agrícola). Este resultado, podría servir como método de selección en las propuestas generadas por MINCIENCIAS, ya que generaría las puntuaciones orientadas al desarrollo de soluciones adaptables, integrables y sostenibles, características que adolecen las actuales.

- Observatorio de adopción tecnológica digital de pequeños productores agricultores campesinos: Una de las principales limitantes para la caracterización campesina fue la escasa y desactualizada información alrededor de las comunidades campesinas. El último censo campesino nacional fue desarrollado en el 2014, y aunque en la revisión de literatura se identificaron diversos documentos conexos a la problemática (como los informes desarrollados por el IICA y la CEPAL [21], [370], y el plan del gobierno Santos: MISION PARA LA TRANSFORMACIÓN DEL CAMPO [314]), estos no llegan al grado de especificidad requerida para el desarrollo de la tesis. Sitios web que almacenaban parte de la información, desaparecieron en el cambio de mandato (www.podsantander.com) y con ella información pertinente sobre el estado de comunidades campesinas santandereanas. En una crisis sanitaria, en donde las comunidades agrícolas cerraron sus puertas ante la movilización masiva de ciudadanos (y con ella, el aumento en la probabilidad de infección), un acercamiento presencial fue imposible, por lo que la caracterización se limitó a información suministrada por la secretaría de agricultura de Santander, y campesinos con acceso a telefonía celular. Es por ello que se da la necesidad de formular el desarrollo de un observatorio que mantenga información relacionada con los pequeños productores agricultores de Colombia, centralice los datos obtenidos por los diferentes proyectos generados en centros de investigación y desarrollo y comparta información con stakeholders de interés. Una recopilación de información alimentada desde universidades, asociaciones campesinas y que no se limite a quedar en repositorios académicos de difícil acceso.
- Diseño, desarrollo y fortalecimiento de políticas de transferencia tecnológica alrededor de las diferentes hélices (social, academia, privado y público). Se sugiere una revisión de las políticas asociadas a la transferencia tecnológica, desde manuales de transferencia establecidos por las universidades, hasta requerimientos de entes financiadores gubernamentales. Por el lado de las universidades, esta debería enfocarse en apoyar el despliegue de nuevos modelos de negocio, y funcionar como socios de las innovaciones, ofreciendo apoyo financiero, legal y de mercadeo en el despegue de la idea, como se realiza en universidades identificadas como MIT y OXFORD como se observa en el ANEXO 11. Dicho esto, las universidades deberían enfocarse en el modelo propuesto por las universidades asiáticas [371], como la prestigiosa Universidad Tsinghua [372] en donde en lugar de graduar a sus estudiantes con proyectos de grado, se les otorgaba el título si finalizaban su carrera con modelo de negocio, el cual dependiendo de su pertinencia, era avalado por la propia universidad quien se convertía en su socia comercial.

- La Universidad como ente certificador tecnológico: la universidad ha dejado de apostarle al desarrollo de tecnologías disruptivas, para asumir una carrera en la que se desea alcanzar el nivel impulsado por las industrias tecnológicas (en el sector de riego, las empresas son las que llevan los principales desarrollos en comparación a las iniciativas identificadas por la academia). Como se ha mencionado por diferentes organismos como FAO, OCDE e IICA, el problema con las tecnologías emergentes para el sector agrícola, conviene en su incongruencia de implementación al ser soluciones no contextualizadas a la región (los campesinos no pueden obtener créditos, la tecnología no funciona en la zona, los elementos incorporados no son de su entendimiento, etc.). Es por ello que las universidades deben enfocarse en aquellos procesos que el sector empresarial no posee y explotar su despliegue en forma de servicios como auditoría, seguimiento y certificación. Con esto, podría obtener financiamiento adicional y establecer relaciones con compañías del sector, en forma de intercambios academia-industria (docentes y estudiantes) y formalizar participación en proyectos que podrían brindar mayores beneficios a la población objetivo y sostenibilidad ofrecida por la empresa a quién le interesaría mantener la compra y venta de bienes y servicios.
- Automatización de tecnologías existentes en el sector agrícola de pequeña escala: mucho se ha hablado de oportunidades desperdiciadas ya sea por desconocimiento de los investigadores o por la dependencia de la buena voluntad de quienes mantienen actualizada la información. Con el fin de brindar conocimiento, se propone la realización de proyectos que retomen iniciativas en donde se emplean productos desarrollados con elementos propios de las regiones, y se modernicen: estos productos (usualmente) tienen características robustas, económicas y sostenibles. Son ampliamente entendidos por campesinos de la región por lo que se sugiere la implementación de sensórica que permita la automatización en la captura de datos y con ello, la mejor toma de decisiones.
- Proyectos de grado multidisciplinarios: de forma habitual, las mismas universidades disponen de trabas tácitas en donde se le impide al estudiante realizar proyectos con estudiantes de otras disciplinas, al considerar que existen problemas relacionados con indicadores alrededor de cada programa y propiedad intelectual (si se habla de colaboración entre universidades). Es por ello que, si se desea la construcción de productos y servicios que puedan ser implementados en entornos rurales, se hace necesario habilitar oportunidades en donde los estudiantes puedan generar proyectos interdisciplinarios y multidisciplinarios, estableciendo esquemas de participación entre los diferentes programas y universidades. Si bien existe el esquema para compartir información entre universidades (como UNIRED y la red MUTIS), también se deberían establecer estrategias que permitiera la colaboración conjunta entre instituciones en la forma de proyectos de grado. Eso representa cambios sustanciales en los manuales de transferencia tecnológica en donde se de previamente negociaciones de propiedad intelectual y posterior explotación de la misma de tal forma que beneficie a los programas y/o centros educativos.

- Siguiendo con el tema de innovación abierta entre universidades, se hace pertinente desarrollar una pasarela en donde todos los proyectos de grado puedan ser revisados de forma conjunta. Actualmente, las universidades mantienen repositorios abiertos de información, de tal forma que un estudiante debe revisar cada página universitaria si desea revisar información pertinente a su área de interés, y con eso, tesis que poseen conceptos que pueden ser continuables se pierden o son duplicados en otros contextos. Otra solución podría ser que los repositorios se inscribieran a base de datos abiertos como CORE, DIMENSION, LENS que han empezado a ganar fama entre los investigadores de datos, y que permite la identificación de proyectos a lo largo del mundo, que trabajan en el mismo tema.
- Se establece la necesidad de un software que permita extraer información de artículos académicos a partir del análisis total (o parcial) del documento. Hasta el momento, la práctica aceptada por la comunidad académica era el análisis de texto académico tomando como referencia el resumen (o abstract) al considerarlo como fuente completa de captura de información. Diferentes servicios de sugerencia como el de SCOPUS, WOS entre otros, se vale del resumen para la ubicación de artículos científicos con relación a un nivel de pertinencia entre revistas. Pero según Ermakova et al. [369], la información más pertinente no se encuentra ampliamente desarrollada en apartado, quizás por limitaciones de espacio. Este software, permitiría establecer un análisis más completo al recopilar información de todo el artículo, empleando la misma tecnología de software que analiza el documento con el fin de identificar palabras claves y corregir el documento con base a los patrones identificados.
- Nuevas herramientas de contratación inspirados en los Game Design Document GDD: Los esquemas mentales de extensionistas, desarrolladores e investigadores no son los mismos, inclusive si pertenecen al mismo sector productivo. Cuando se establece un canal de transferencia tecnológica, se observa (en la pasantía, en la participación como coinvestigadora de AGRIOT, como auditora de ThinkLink) que ambas partes entiende el problema desde su experticia e intenta resolverlo desde su conocimiento. La forma más común de establecer estos canales, es por medio de contratos, los cuáles establecen entregables y demás condicionantes como por ejemplo cláusulas de incumplimiento. Se identifica que parte del problema en el establecimiento de estos canales se da cuando las diferentes partes (diseñadores – desarrolladores – sector empresarial – usuario final) no comunican de forma adecuada sus requerimientos, generando contratiempos y malentendidos. En el entorno de los videojuegos, existen una serie de formatos que obliga al usuario final (o financiador) a declarar de forma clara y concisa los requerimientos de la innovación. Este formato integra una serie de preguntas orientadas a partes elementos puntuales de la solución acompañados de un esquema gráfico que precisa la solución requerida que establece los requerimientos de cómo y qué debe solucionarse de acuerdo a las expectativas y capacidades de ambas partes.

REFERENCIAS

- [1] FAO, “Buenas prácticas en la FAO: Sistematización de experiencias para el aprendizaje continuo,” vol. 13, p. 12, 2013, [Online]. Available: www.fao.org/docrep/meeting/021/ma061s.pdf.
- [2] D. A'Zami, “Citizen-peasants : modernity , international relations and the problem of difference in,” University of Sussex.
- [3] J. James, *ICT4D: Information and Communication Technology for Development*, vol. 61, no. 1. 2010.
- [4] FAO, “Small family farms data portrait: Basic information document,” p. 15, 2017, [Online]. Available: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/smallholders_dataportrait/docs/Data_portrait_variables_description_new2.pdf.
- [5] B. E. Graeub *et al.*, “The State of Family Farms in the World,” *World Dev.*, vol. 87, no. JUNE, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1016/j.worlddev.2015.05.012.
- [6] J. A. Berdegúe and R. Fuentealba, “The state of smallholders in agriculture in Latin America,” in *New Directions for Smallholder Agriculture*, no. March, IFAD, Ed. Roma: Oxford University Press, 2014, pp. 115–152.
- [7] L. Joyanes Aguilar, *Internet de las Cosas. Un futuro conectado*. Alfaomega Grupo Editor, 2021.
- [8] K. Xing, D. H. Cropley, M. L. Oppert, and C. Singh, *Readiness for Digital Innovation and Industry 4.0 Transformation: Studies on Manufacturing Industries in the City of Salisbury*. 2021.
- [9] F. Lombo and C. Prada, “Censo Nacional Agropecuario Caracterización de los productores residentes en el área.”
- [10] M. Springmann *et al.*, “Options for keeping the food system within environmental limits,” *Nature*, vol. 562, no. 7728, pp. 519–525, 2018, doi: 10.1038/s41586-018-0594-0.
- [11] G. Rapsomanikis, G. Sylvester, O. de las N. U. para la A. y la A. FAO, I. F. P. R. I. IFPRI, and O. para la C. y el D. E. OCDE, *Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture A Report to the G20 Agricultural Deputies*. 2017.

- [12] F. Freire Carrera, O. Chadrina, J. Moreano Velasco, B. Torres Blacio, and Y. D. V. Garcia Orellana, "Prototipo de un sistema de riego automatizado en árboles de cacao (*Theobroma cacao*) controlado vía internet con dispositivos móviles," *Av. Investig. en Ing.*, vol. 16, no. 2, pp. 93–106, 2019, doi: 10.18041/1794-4953/avances.2.5257.
- [13] J. P. Tovar Soto, J. D. los S. Solórzano Suárez, A. Badillo Rodríguez, and G. O. Rodríguez Cainaba, "Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual," *Lámpsakos*, no. 22. p. 86, 2019, doi: 10.21501/21454086.3253.
- [14] T. R. Wheeler and J. Braun, "Climate Change Impacts on Global Food Security," *Nat. Syst. Chang. Clim.*, vol. 341, no. August, pp. 508–513, 2013, doi: DOI: 10.1126/science.1239402 ARTICLE.
- [15] C. Lau, A. Javis, and J. Ramírez, "Agricultura colombiana: adaptación al cambio climático | Portal Sobre Conservación y Equidad Social CES," *CIAT Políticas en Síntesis No. 1*, 2011. <https://www.portalces.org/biblioteca/cambio-climatico/agricultura-colombiana-adaptacion-al-cambio-climatico> (accessed May 27, 2019).
- [16] A. D. Boursianis *et al.*, "Advancing Rational Exploitation of Water Irrigation Using 5G-IoT Capabilities: The ARETHOU5A Project," *2019 IEEE 29th Int. Symp. Power Timing Model. Optim. Simulation, PATMOS 2019*, pp. 127–132, 2019, doi: 10.1109/PATMOS.2019.8862146.
- [17] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), "A Framework for Rural Development. Rural 3.0," *People-Centred Rural Policy*, p. 28, 2019, [Online]. Available: <https://www.oecd.org/rural/rural-development-conference/documents/Rural-3.0-Policy-Highlights.pdf>.
- [18] M. O. Thomas, B. A. Onyimbo, and R. Logeswaran, "Usability Evaluation Criteria for Internet of Things," *Int. J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 12, pp. 10–18, 2016, doi: 10.5815/ijitcs.2016.12.02.
- [19] J. Š. Novák, J. Masner, J. Vaněk, P. Šimek, and K. Hennyeyová, "User experience and usability in agriculture-selected aspects for design systems," *Agris On-line Pap. Econ. Informatics*, vol. 11, no. 4, pp. 75–83, 2019, doi: 10.7160/aol.2019.110407.
- [20] D. Fajardo, M. Mejía, L. Gómez, M. Matheu, and OXFAM en Colombia, "Radiografía de la desigualdad. LO QUE NOS DICE EL ÚLTIMO CENSO AGROPECUARIO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TIERRA EN COLOMBIA," 2017. Accessed: Jun. 05, 2019. [Online]. Available: https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/radiografia_de_la_desigualdad.pdf.
- [21] S. Ziegler, BID (Banco Interamericano de desarrollo), Agricultura), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la, and Microsoft, "Habilidades digitales en la ruralidad: un imperativo para reducir brechas en américa latina y el caribe," 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/14462?locale-attribute=es>.

- [22] J. M. Perez, *Luchas campesinas y reforma agraria Luchas campesinas y reforma agraria*, Primera Ed. Colombia, 2010.
- [23] DNP (Departamento Nacional de Planeación), MINSALUD (Ministerio de Salud y Protección Social), and Departamento Administrativo de la Presidencia de la República, *Documento CONPES 3999*. 2020, pp. 1–163.
- [24] Consejería Presidencial para los derechos humanos y asuntos Internacionales, “INFORME Y RECOMENDACIONES II Durante la pandemia del COVID-19 a la luz de los derechos humanos,” 2020.
- [25] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), “Mayoristas Boletín Semanal,” Feb. 16, 2021. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa/mayoristas-boletin-semanal-1> (accessed Mar. 04, 2021).
- [26] J. F. C. Díaz del Castillo, “La intermediación como un impedimento al desarrollo del pequeño productor de Medellín,” *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, vol. 14, no. 1, p. 27, 2013, doi: 10.21930/rcta.vol14_num1_art:264.
- [27] H. H. Mann, *Social Framework of Agriculture*, 2nd ed. India, Middle East, England: Routledge, 2020.
- [28] G. Rapsomanikis, “The economic lives of smallholder farmers,” *Fao*, vol. 4, no. 4, pp. 1–4, 2015, doi: 10.5296/rae.v6i4.6320.
- [29] Ó. A. Orozco and G. Llano Ramírez, “Sistemas de Información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 15, no. 28, pp. 103–124, 2016, doi: 10.22395/rium.v15n28a6.
- [30] F. Ahmad *et al.*, “A smart agricultural model by integrating IoT, mobile and cloud-based big data analytics,” *Proc. 2017 Int. Conf. Intell. Comput. Control. I2C2 2017*, vol. 2018-Janua, no. 1, pp. 1–5, Mar. 2018, doi: 10.1109/I2C2.2017.8321902.
- [31] J. Parra Delgadillo, “MIGRACIONES EN COLOMBIA (CIUDAD-CAMPO): ANÁLISIS AL NEORURALISMO Y LAS NUEVAS RURALIDADES EN LAS AFUERAS DE BOGOTÁ (CUNDINAMARCA).” Universidad Externado de Colombia, 2018.
- [32] R. Pardo, “Diagnóstico de la Juventud Rural en Colombia. Grupos de Diálogo Rural, una estrategia de incidencia,” Santiago de Chile, 2017. [Online]. Available: www.rimisp.org.
- [33] M. T. De Ossa, J. E. Londoño, and A. Valencia-Arias, “Model of technology transfer from biomedical engineering: A case study [Modelo de Transferencia Tecnológica desde la Ingeniería Biomédica: un estudio de caso],” *Inf. Tecnol.*, vol. 29, no. 1, pp. 83–90, 2018, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85042253656&doi=10.4067%2FS0718->

07642018000100010&partnerID=40&md5=13e130c77728abaf07cbe0831c57f992.

- [34] T. Kyung Sung and D. V Gibson, "Knowledge and Technology Transfer: Levels and Key Factors." Accessed: May 27, 2019. [Online]. Available: <http://www.ic2.utexas.edu/ictpi/mirror/curitiba2000/papers/S04P04.PDF>.
- [35] ENTERPRISE IRELAND, "A REVIEW OF THE PERFORMANCE OF THE IRISH TECHNOLOGY TRANSFER SYSTEM 2007-2012," 2012. Accessed: May 27, 2019. [Online]. Available: <https://www.knowledgetransferireland.com/Reports-Publications/A-review-of-the-performance-of-the-Irish-technology-transfer-system-2007-2012.pdf>.
- [36] M. Susuki, "Finding the social, economic and technological barriers and opportunities in the developing countries for designing the technology transfer and innovation regime in climate change," 2010.
- [37] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E. H. M. Aggoune, "Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129551–129583, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932609.
- [38] S. Shibusawa, "Precision Farming Approaches for Small Scale Farms," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 34, no. 11, pp. 22–27, 2001, doi: 10.1016/s1474-6670(17)34099-5.
- [39] Grupo de alto nivel de expertos (HLPE), "Inversión en la agricultura a pequeña escala en favor de la seguridad alimentaria," 2013.
- [40] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), "Encuesta Nacional de Calidad de Vida ECV 2019," 2020. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2019>.
- [41] ICANH (Instituto Colombiano de Antropología e Historia) and D. (Departamento A. N. de Estadística), "Elementos para la conceptualización de lo 'campesino' en Colombia," 2017.
- [42] S. Agrawal and D. Vieira, "A survey on Internet of Things - DOI 10.5752/P.2316-9451.2013v1n2p78," *Abakós*, vol. 1, no. 2, pp. 291–319, 2013, doi: 10.5752/P.2316-9451.2013v1n2p78.
- [43] M. Hadžiali, A. Čolaković, and M. Hadžialić, "A Review of Enabling Technologies, Challenges, and Open Research Issues Internet of Things (IoT): A Review of Enabling Technologies, Challenges, and Open Research Issues," *Comput. Networks*, vol. 144, pp. 17–39, 2018, doi: 10.1016/j.comnet.2018.07.017.
- [44] D. A. Norman and S. W. D. Draper, *User Centered System Design. New perspectives on Human-Computer Interaction*. CRC Press, 1986.

- [45] E. Almirón, “EL AGUA COMO ELEMENTO VITAL EN EL DESARROLLO DEL HOMBRE,” *Observatorio de políticas de derechos humanos de Mercosur*. https://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php.
- [46] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), “Sistemas de riego son vitales para la agricultura dominicana,” *Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*, 2017. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1027860/>.
- [47] IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales), “Estudio Nacional del Agua,” Bogotá, Colombia, 2010.
- [48] J. Carrazón, “Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego,” *Programa Espec. para la Segur. Aliment.*, vol. 9, no. 5, pp. 5876–5891, 2018.
- [49] UNESCO-WWAP, “Agua para todos, agua para la vida,” *United Nations*, p. 36, 2003, [Online]. Available: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.
- [50] UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura), “GROUNDWATER Making the invisible visible,” Paris, 2022. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2022/es/download>.
- [51] FAO, “Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar Introducción a la Evapotranspiración del Cultivo (ET c),” 2018, [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>.
- [52] IDEAM, J. Cadena, and M. Gómez, *Validación de las fórmulas de Evapotranspiración de Referencia (ETo) para Colombia. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales*. 2017.
- [53] SEPOR, *Uso de la bandeja de vaporación Clase A para la propagación del riego*. 2010.
- [54] A. Ríos Hernández, *Máquinas agrícolas, tracción animal y labores manuales*. Cuba: Instituto de Mecanización Agrícola (INFOIIMA), 2012.
- [55] M. Liotta, “Los Sistemas De Riego Por Goteo Y Microaspersion,” *Inst. Nac. Tecnol. Agropecu. Argentina*, pp. 1–26, 2004.
- [56] M. A. Rapela, *Fostering Innovation for Agriculture 4.0*. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- [57] J. Demenois *et al.*, “Barriers and Strategies to Boost Soil Carbon Sequestration in Agriculture,” *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 4, 2020, doi: 10.3389/fsufs.2020.00037.
- [58] Y. Liu, X. Ma, L. Shu, G. P. Hancke, and A. M. Abu-Mahfouz, “From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 17, no. 6, pp. 4322–4334, Jun. 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3003910.

- [59] A. Cravero, D. Lagos, and R. Espinosa, "Big Data / IoT Use in Wine Production: A Systematic Mapping Study," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 16, no. 5, pp. 1476–1484, May 2018, doi: 10.1109/TLA.2018.8408444.
- [60] I. Froiz-Míguez *et al.*, "Design, Implementation, and Empirical Validation of an IoT Smart Irrigation System for Fog Computing Applications Based on LoRa and LoRaWAN Sensor Nodes," *Sensors*, vol. 20, no. 23, p. 6865, Nov. 2020, doi: 10.3390/s20236865.
- [61] W. Liping, "Study on Agricultural Products Logistics Mode in Henan Province of China," in *Software Engineering and Knowledge Engineering: Theory and Practice*, 2012, pp. 635–640.
- [62] S. Ramya, A. M. Swetha, and M. Doraipandian, "IoT Framework for Smart Irrigation using Machine Learning Technique," *J. Comput. Sci.*, vol. 16, no. 3, pp. 355–363, Mar. 2020, doi: 10.3844/jcssp.2020.355.363.
- [63] M. Raj *et al.*, "A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 187, no. May, p. 103107, 2021, doi: 10.1016/j.jnca.2021.103107.
- [64] D. M. Rodríguez, E. Bayona, and A. A. Rosado, "Summary of the internet of things and its application in agro-industrial production," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1409, p. 012018, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1409/1/012018.
- [65] S. Safdar, M. Mohsin, L. A. Khan, and W. Iqbal, "Leveraging the internet of things for smart waters: Motivation, enabling technologies and deployment strategies for Pakistan," *Proc. - 2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intell. Comput. Adv. Trust. Comput. Scalable Comput. Commun. Cloud Big Data Comput. Internet People Smart City Innov. SmartWorld/UIC/ATC/ScalCom/CBDCo*, pp. 2117–2124, 2018, doi: 10.1109/SmartWorld.2018.00354.
- [66] S. I. Hassan, M. M. Alam, U. Illahi, M. A. Al Ghamdi, S. H. Almotiri, and M. M. Su'ud, "A Systematic Review on Monitoring and Advanced Control Strategies in Smart Agriculture," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 32517–32548, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3057865.
- [67] A. Madruga Peláez, A. A. Estevez Pérez, R. S. López, I. Santana Ching, and C. M. García Algora, "Red de Sensores Inalámbricos para la Adquisición de Datos en Casas de Cultivo," *Ingeniería*, vol. 24, no. 3, pp. 224–234, Sep. 2019, doi: 10.14483/23448393.14437.
- [68] Z. Irani *et al.*, "Managing food security through food waste and loss: Small data to big data," *Comput. Oper. Res.*, vol. 98, pp. 367–383, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.cor.2017.10.007.
- [69] R. Kondaveti, A. Reddy, and S. Palabtlá, "Smart Irrigation System Using Machine Learning and IOT," *Proc. - Int. Conf. Vis. Towar. Emerg. Trends Commun. Networking, ViTECoN 2019*, 2019, doi: 10.1109/ViTECoN.2019.8899433.

- [70] E. Nigussie, T. Olwal, G. Musumba, T. Tegegne, A. Lemma, and F. Mekuria, "IoT-based irrigation management for smallholder farmers in rural Sub-Saharan Africa," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 177, pp. 86–93, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.10.015.
- [71] X. Jiang *et al.*, "Hybrid Low-Power Wide-Area Mesh Network for IoT Applications," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 2, pp. 901–915, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3009228.
- [72] INTA and PROCISUR, "Sistemas y Metodologías pra asesoramiento a Regantes," Manfredi, Córdoba (Argentina), 2010. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/documentos/riego-sistemas-y-metodologias-para-asesoramiento-a-regantes>.
- [73] H. Jafariéh, "Technology Transfer to Developing Countries: A Quantative Approach," 2001.
- [74] M. Dubickis and E. Gaile-Sarkane, "Perspectives on Innovation and Technology Transfer," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 213, pp. 965–970, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.11.512.
- [75] D. J. Sánchez Preciado, *Developing Technology Transfer Processes in rural contexts : The case of Cauca in Colombia*, vol. 4, no. 41. 2018.
- [76] J. O. A. Palacio Niño, "Análisis de transferencia tecnológica para una adecuada implementación de contenidos educativos en el sistema de TDT interactiva en Colombia." p. 234, 2011.
- [77] T. Huang, "The technology transfer of the ICT curriculum in Taiwan." pp. 407–422, 2013.
- [78] J. . Behrman and W. A. Fisher, *Overseas R&D Activity of Transnational Companies*. Oelgeschlager, Gunn and Hain, Cambridge, 1980.
- [79] M. Blomström, *TRANSNATIONAL CORPORATIONS AND MANUFACTURING EXPORTS FROM DEVELOPING COUNTRIES*. New York, New York, USA: United Nations Publications, 1990.
- [80] J. Bhagwati, *The New International Economic Order*. Massachusetts: MIT Press, 1978.
- [81] A. HASSAN and Y. Jamaluddin, "Exploring the Factors Affecting the ICT Technology Transfer Process: An Empirical Study in Libya," *Mod. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 7, p. 156, 2016, doi: 10.5539/mas.v10n7p156.
- [82] A. K. Saini and V. KumarKhurana, "ICT Based Communication Systems as Enabler for Technology Transfer," *IEEE*, pp. 90–99, 2016.
- [83] J. Londoño, S. Restrepo, M. Rodríguez, F. Cuartas, and N. Viana, "Identificación De Tipos, Modelos Y Mecanismos De Transferencia Tecnológica Que Apalancan La Innovación," *Revista CINTEX*, vol. 23, no. 2. pp. 13–23, 2018.
- [84] J. A. Pineda Insuasti and A. S. Duarte Trujillo, "Modelo de transferencia de tecnología ecuatoriano: una revisión." pp. 1–24, 2016.

- [85] R. Barquin, "Some Introductory Notes on Transfer of Technology," in *Industrial Development and Technology Transfer*, 1981.
- [86] H. S. Lee, J. W. Lee, H. Y. Kim, H. J. Jo, and B. G. Lee, "Promising ICT Transfer Fields for Promotion of Micro-Startups Hye." pp. 779–788, 2016.
- [87] J. González Sabater, *Manual transferencia de tecnología y conocimiento*, 2nd ed. THE TRANSFER INSTITUTE, 2011.
- [88] A. Corsi, R. N. Pagani, J. L. Kovaleski, and V. Luiz, "Technology transfer for sustainable development: Social impacts depicted and some other answers to a few questions," *J. Clean. Prod.*, p. 118522, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118522.
- [89] P. J. Buckley, "Some Aspects of Foreign Private Investment in the Manufacturing Sector of the Economy of the Irish Republic," *Econ. Soc. Rev.*, no. 5, pp. 301–321, 1974.
- [90] A. GÜNSEL, "Research on Effectiveness of Technology Transfer from a Knowledge Based perspective," in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015, vol. 207, pp. 777–785, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.10.165.
- [91] M. Ismail, S. R. Hamzah, and R. Bebenroth, "Differentiating knowledge transfer and technology transfer: What should an organizational manager need to know?," *Eur. J. Train. Dev.*, vol. 42, no. 9, pp. 611–628, 2018, doi: 10.1108/EJTD-04-2018-0042.
- [92] S. S. Da Silva, P. R. Feldmann, R. G. Spers, and M. D. Bambini, "Analysis of the process of technology transfer in public research institutions," *Innov. Manag. Rev.*, vol. 16, no. 4, pp. 375–390, 2019, doi: 10.1108/inmr-05-2018-0024.
- [93] P. J. Buckley, "New Forms of International Industrial Co-operation," in *The Economic Theory of the Multinational Enterprise*, Macmillan, Ed. London: Buckley & Casson, 1985, pp. 39–59.
- [94] D. O'Neil and C. Huff, "Ensuring universal acces to telecommunications technologies for all citizens: Equity vs Economic considerations." STAS 98. Wiring the World: The Impact of Information Technology on Society. Proceedings of the 1998 International Symposium on Technology and Society, pp. 170–175, 1998.
- [95] D. V. Gibson and R. W. Smilor, "Key variables in technology transfer: A field-study based empirical analysis," *J. Eng. Technol. Manag.*, vol. 8, no. 3–4, pp. 287–312, Dec. 1991, doi: 10.1016/0923-4748(91)90015-J.
- [96] Y. Acea Valdez, "La transferencia de tecnología en Cuba." pp. 139–149, 2016.
- [97] A. Corsi, F. F. De Souza, R. N. Pagani, and J. L. Kovaleski, *Technology transfer oriented to sustainable development : proposal of a theoretical model based on barriers and oportunities*,

vol. 126, no. 6. Springer International Publishing, 2021.

- [98] J. Arenas and D. González, "Technology Transfer Models and Elements in the University-Industry Collaboration," *Adm. Sci.*, vol. 8, no. 2, p. 19, 2018, doi: 10.3390/admsci8020019.
- [99] A. Hassan, M. Y. Jamaluddin, and K. M. Menshawi, "International technology transfer models: A comparison study," *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 78, no. 1. pp. 95–108, 2015.
- [100] E. C. Avendaño Sánchez, "El Uso De La Transferencia De Tecnología En El Sector Empresarial: De La Innovación a La Apropiación Del Saber," *Ekp*, vol. 13, no. 3. pp. 1576–1580, 2017.
- [101] F. ÖZSUNGUR, "Adaptation Approach to Technology Transfer Strategy," *Afro Eurasian Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 134–178, 2018, doi: 10.33722/afes.471087.
- [102] C. L. García Wagner, "Modelo conceptual para el funcionamiento de una Oficina de Transferencia de Tecnología en la Universidad del Quindío." 2018.
- [103] B. Metz, O. R. Davidson, J.-W. Martens, S. N. M. Van Rooijen, and L. Van Wie Gregory, "Methodological and Technological Issues in Technology Transfer," 2000. Accessed: Jun. 17, 2019. [Online]. Available: www.cup.cam.ac.uk.
- [104] R. H. Acker and D. M. Kammen, "The quiet (energy) revolution: analysing the dissemination of photovoltaic power systems in Kenya," *Energy Policy*, vol. 24, no. 1, pp. 81–111, 1996.
- [105] D. C. Rose *et al.*, "Integrated farm management for sustainable agriculture: Lessons for knowledge exchange and policy," *Land use policy*, vol. 81, no. April 2017, pp. 834–842, 2019, doi: 10.1016/j.landusepol.2018.11.001.
- [106] K. T. Moreno Suarez and E. L. Oviedo Bahamón, "Tipificación de la agricultura realizada por los integrantes de la Asociación de Productores Indígenas y Campesinos - ASPROINCA ubicada en el departamento de Caldas," Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2017.
- [107] E. L. Hyman, A. T. International, M. O. Donnell, G. Patterson, and J. Skibiak, "An Economic Analysis of Small-Scale Technologies for Palm Oil Extraction in Central and West Africa," *World Dev.*, vol. 18, no. 3, pp. 455–476, 1990.
- [108] N. Clark and E. Clay, "The Dryland Research Project at Indore (1974-80) - an Institutional Innovation in Rural Technology Transfer," *J. Rural Stud.*, vol. 3, no. 2, pp. 159–173, 1987.
- [109] K. M. Baker and R. L. Edmonds, "Transfer of Taiwanese ideas and technology to The Gambia, West Africa: a viable approach to rural development?," *Geogr. J.*, vol. 170, no. 3, pp. 189–211, 2004, [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/3451252>.
- [110] Unión Europea and IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), *Sistemas*

de innovación agrícola en Centroamérica y Panamá: estrategias para el uso de buenas prácticas de transferencia tecnológica, Primera. San José, Costa Rica: IICA, 2016.

- [111] G. A. Van Norman and R. Eisenkot, "Technology Transfer: From the Research Bench to Commercialization: Part 2: The Commercialization Process," *JACC Basic to Transl. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 197–208, 2017, doi: 10.1016/j.jacbts.2017.03.004.
- [112] W. Keller, "International technology diffusion," *J. Econ. Lit.*, vol. 3, no. 42, pp. 752–783, 2004.
- [113] M. Nabin, X. Nguyen, and P. Sgro, "On the Relationship Between Technology Transfer and Economic Growth in Asian," *World Econ.*, 2013, doi: 10.1111/twec.12049.
- [114] R. Thornton, "Los 90 y el nuevo siglo en los sistemas de extensión rural y transferencia de tecnología públicos en el Mercosur," La Pampa, Argentina, 2011. [Online]. Available: <https://inta.gob.ar/documentos/los-90-y-el-nuevo-siglo-en-los-sistemas-de-extension-rural-y-transferencia-de-tecnologia-publicos-en-el-mercosur>.
- [115] W. G. Delgado Munevar, "Caracterización del proceso de transferencia y adopción tecnológica de pequeños y medianos productores de cebolla (*allium cepa* L.) en el municipio de Pasca (Cundinamarca)," 2009, Accessed: May 27, 2019. [Online]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/134>.
- [116] J. Ardila, *Extensión rural para el desarrollo de la agricultura y la seguridad alimentaria*, no. Aspectos conceptuales, situación y una visión de futuro. 2015.
- [117] D. S. MacCarthy, J. Kihara, P. Masikati, and S. G. K. Adiku, "Decision support tools for site-specific fertilizer recommendations and agricultural planning in selected countries in sub-Saharan Africa," *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, vol. 110, no. 3, pp. 343–359, Apr. 2018, doi: 10.1007/s10705-017-9877-3.
- [118] C. Gamboa, G. Van den Broeck, and M. Maertens, "Smallholders' Preferences for Improved Quinoa Varieties in the Peruvian Andes," *Sustainability*, vol. 10, no. 10, p. 3735, Oct. 2018, doi: 10.3390/su10103735.
- [119] O. Oyinbo *et al.*, "Farmers' preferences for high-input agriculture supported by site-specific extension services: Evidence from a choice experiment in Nigeria," *Agric. Syst.*, vol. 173, no. June 2018, pp. 12–26, 2019, doi: 10.1016/j.agsy.2019.02.003.
- [120] M. Banković *et al.*, "Teaching graduate students how to review research articles and respond to reviewer comments," 2020, pp. 1–63.
- [121] L. J. Catania, "The science and technologies of artificial intelligence (AI)," in *Foundations of Artificial Intelligence in Healthcare and Bioscience*, Elsevier, 2021, pp. 29–72.

- [122] S. Vajjala, B. Majumder, A. Gupta, and H. Surana, *Practical Natural Language Processing. A comprehensive Guide to Building Real-World NLP System*. 2020.
- [123] M. B. Hernández and J. M. Gómez, “Aplicaciones de Procesamiento de Lenguaje Natural,” *Rev. Politécnica*, vol. 32, no. 1, pp. 87–96, 2013, [Online]. Available: http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/32.
- [124] J. C. Campbell, A. Hindle, and E. Stroulia, “Latent Dirichlet Allocation: Extracting Topics from Software Engineering Data,” *Art Sci. Anal. Softw. Data*, vol. 3, pp. 139–159, 2015, doi: 10.1016/B978-0-12-411519-4.00006-9.
- [125] R. Kulshrestha, “A Beginner’s Guide to Latent Dirichlet Allocation(LDA),” *towardsdatascience.com*, 2019. <https://towardsdatascience.com/latent-dirichlet-allocation-lda-9d1cd064ffa2>.
- [126] T. Ganegedara, “Intuitive Guide to Latent Dirichlet Allocation,” *towardsdatascience.com*, 2018. <https://towardsdatascience.com/light-on-math-machine-learning-intuitive-guide-to-latent-dirichlet-allocation-437c81220158>.
- [127] Z. Tong and H. Zhang, “A Text Mining Research Based on LDA Topic Modelling,” pp. 201–210, 2016, doi: 10.5121/csit.2016.60616.
- [128] Y. W. Teh, M. I. Jordan, M. J. Beal, and D. M. Blei, “Hierarchical Dirichlet processes,” *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 101, no. 476, pp. 1566–1581, 2006, doi: 10.1198/016214506000000302.
- [129] E. Coronado Sroka, “Don’t be Afraid of Nonparametric Topic Models,” *towardsdatascience.com*, 2020. <https://towardsdatascience.com/dont-be-afraid-of-nonparametric-topic-models-d259c237a840>.
- [130] J. Xu, “Topic Modeling with LSA, PLSA, LDA y lda2Vec,” *medium.com*, 2018. <https://medium.com/nanonets/topic-modeling-with-lsa-plslda-and-lda2vec-555ff65b0b05>.
- [131] S. Baldassarri Santalucía, “Computación Afectiva: tecnología y emociones para mejorar la experiencia de usuario,” *Rev. Inst. la Fac. Inform.*, vol. no. 3, pp. 14–15, 2016.
- [132] M. Soegaard and R. Friss Dam, *Encyclopedia of Human -Computer Interaction*, 3rd ed. THE INTERACTION DESIGN FOUNDATION.
- [133] N. Eyal and R. Hoover, *How to Build Habit-Forming Products*. Penguin Randomm house LLC, 2014.
- [134] N. Norman, *The design of everyday things*. New York, New York, USA: Basic Books, 2013.
- [135] M. G. Domingo and E. M. Pera, “Diseño centrado en el usuario,” *Diseño centrado en el usuario*, vol. 2, no. 4, 2017.

- [136] INTERACTION DESIGN FOUNDATION, “What is User Centered Design? | Interaction Design Foundation.” <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design> (accessed May 28, 2019).
- [137] Design Council, “Design Methods Step 1: Discover,” *Design Council*, 2015. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/news-opinion/design-methods-step-1-discover/>.
- [138] Design Council, “Design Methods Step 2: Define,” *Design Council*, 2018. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/news-opinion/design-methods-step-2-define/>.
- [139] Design Council, “Design Methods Step 3: Develop,” *Design Council*, 2018. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/news-opinion/design-methods-step-3-develop/>.
- [140] Design Council, “Design Methods Step 4: Deliver,” 2018. <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/news-opinion/design-methods-step-4-deliver/>.
- [141] K. Rodden, H. Hutchinson, and X. Fu, “Measuring the user experience on a large scale,” in *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems - CHI '10*, 2010, p. 2395, doi: 10.1145/1753326.1753687.
- [142] S. Sastoque, C. Narváez, and G. Garnica, “Metodología para la construcción de Interfaces Gráficas Centradas en el Usuario,” 2016.
- [143] INTERACTION DESIGN FOUNDATION, “What is Design Thinking and Why Is It So Popular?” .
- [144] I. Young, *Practical Empathy for collaboration and creativity in your Work*. Rosenfeld, 2015.
- [145] C. D. Batson, “These Things Called Empathy: Eight Related but Distinct Phenomena,” in *The Social Neuroscience of Empathy*, The MIT Press, 2009, pp. 3–16.
- [146] T. Wiseman, “A concept analysis of empathy,” *J. Adv. Nurs.*, vol. 23, no. 6, pp. 1162–1167, Jun. 1996, doi: 10.1046/j.1365-2648.1996.12213.x.
- [147] B. A. Aubert, A. Schroeder, and J. Grimaudo, “IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers’ adoption decision of precision agriculture technology,” *Decis. Support Syst.*, vol. 54, no. 1, pp. 510–520, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.dss.2012.07.002.
- [148] S. O. Somers and L. Stapleton, “A Human-Centred approach to e-Agricultural systems,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 24, pp. 213–218, Jan. 2015, doi: 10.1016/J.IFACOL.2015.12.085.
- [149] S. Somers and L. Stapleton, “e-Agricultural innovation using a human-centred systems lens, proposed conceptual framework,” *AI Soc.*, vol. 29, no. 2, pp. 193–202, May 2014, doi: 10.1007/s00146-013-0475-x.
- [150] N. Theodorakopoulos, D. J. Snchez Preciado, and D. Bennett, “Transferring technology from

university to rural industry within a developing economy context: The case for nurturing communities of practice,” *Technovation*, vol. 32, no. 9–10, pp. 550–559, 2012, doi: 10.1016/j.technovation.2012.05.001.

- [151] P. S. Ahmed Awad Talb Altalb, Tadeusz Filipek, “The role of extension in the transfer and adoption of agricultural technology,” *J. Int. Agric. Ext. Educ.*, vol. 03, no. 05, pp. 63–68, 2015.
- [152] G. Sylvester, *SUCCESS STORIES ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT*. Bangkok: FAO, 2015.
- [153] C. Leeuwis and A. Van den Ban, *Communication for Rural Innovation : Rethinking Agricultural Extension*, 3rd ed. Hoboken, United States: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [154] P. Figueroa, P. Castillo, V. Vrsalovic, D. Gálvez, and S. Diez-de-medina, “Technology Transfer from Academia to Rural Communities : The Case of Caprines in vitro Fecundation and Local Livestock Market in Tamarugal Province in Chile,” vol. 8, no. 4, pp. 186–194, 2013, [Online]. Available: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v8n4/art17.pdf>.
- [155] S. O. Somers and L. Stapleton, “A Human-Centred approach to e-Agricultural systems,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 24, pp. 213–218, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.ifacol.2015.12.085.
- [156] J. Mwangi, “the Role of Extension in the Transfer and Adoption of Agricultural Technologies,” *J. Int. Agric. Ext. Educ.*, vol. 5, no. 1, 1998, doi: 10.5191/jiaee.1998.05108.
- [157] W. Muzari, W. Gatsi, and S. Muvhunzi, “The Impacts of Technology Adoption on Smallholder Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa: A Review,” *J. Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 8, pp. 69–77, 2012, doi: 10.5539/jsd.v5n8p69.
- [158] B. E. Swanson, “Global Review of Good Agricultural Extension and Advisory Practices,” *Food Agric. Organ. United Nations*, p. 82345, 2008, [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/i0261e/i0261e00.htm>.
- [159] L. Kuhl, “Technology transfer and adoption for smallholder climate change adaptation: opportunities and challenges,” *Clim. Dev.*, vol. 12, no. 4, pp. 353–368, 2020, doi: 10.1080/17565529.2019.1630349.
- [160] A. Hassan, M. Y. Jamaluddin, and A. Queiri, “Technology transfer model for the Libyan information and communication industry,” *J. Teknol.*, vol. 78, no. 8, pp. 99–100, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.5872.
- [161] A. Espinosa, J. Pineda, O. Ortega, A. J. Author, R. Sarmiento, and G. W. Archibold Taylor, “Trends, Challenges and Opportunities for IoT in Smallholder Agriculture Sector: An Evaluation from the Perspective of Good Practices,” in *Trends and Applications in Information Systems and Technologies*, SPRINGER, 2021, pp. 293–301.

- [162] G. Natarajan and L. Ashok Kumar, "Implementation of IoT based smart village for the rural development," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 8, pp. 1212–1222, 2017.
- [163] G. Carrión, M. Huerta, and B. Barzallo, "Internet of Things (IoT) Applied to an Urban Garden," in *Proceedings - 2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud, FiCloud 2018*, 2018, pp. 155–161, doi: 10.1109/FiCloud.2018.00030.
- [164] D. Singh and A. Thakur, "Designing of smart drip irrigation system for remote hilly areas," *PDGC 2018 - 2018 5th Int. Conf. Parallel, Distrib. Grid Comput.*, vol. 8, no. 1, pp. 90–94, 2018, doi: 10.1109/PDGC.2018.8745934.
- [165] N. Ananthi, J. Divya, M. Divya, and V. Janani, "IoT based smart soil monitoring system for agricultural production," *Proc. - 2017 IEEE Technol. Innov. ICT Agric. Rural Dev. TIAR 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 209–214, 2018, doi: 10.1109/TIAR.2017.8273717.
- [166] K. P. Satamraju, K. Shaik, and N. Vellanki, "RURAL BRIDGE: A novel system for smart and co-operative farming using IoT architecture," *IMPACT 2017 - Int. Conf. Multimedia, Signal Process. Commun. Technol.*, no. 1, pp. 22–26, 2018, doi: 10.1109/MSPCT.2017.8363966.
- [167] K. A. Shah, M. Patel, M. Khasakiya, S. Kazi, and P. Khalasi, "CESIS: Cost-effective and self-regulating irrigation system," in *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 27, Springer, Cham, 2019, pp. 167–181.
- [168] T. S. Sondhi, A. R. Sambhaji, and K. Sharmila Banu, "InFEvoS: Integrated farming evolution system," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 7, no. 6, pp. 932–936, 2019.
- [169] U. J. L. dos Santos, G. Pessin, C. A. da Costa, and R. da Rosa Righi, "AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 161, no. July, pp. 202–213, 2019, doi: 10.1016/j.compag.2018.10.010.
- [170] M. Mancini *et al.*, "An open source and low-cost internet of things-enabled service for irrigation management," *Conf. Proc. - IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, vol. 2019-Octob, pp. 1714–1719, 2019, doi: 10.1109/SMC.2019.8914230.
- [171] C. C. Baseca, S. Sendra, J. Lloret, and J. Tomas, "A smart decision system for digital farming," *Agronomy*, vol. 9, no. 5, 2019, doi: 10.3390/agronomy9050216.
- [172] P. Visconti, R. de Fazio, P. Primiceri, D. Cafagna, S. Strazzella, and N. I. Giannoccaro, "A solar-powered fertigation system based on low-cost wireless sensor network remotely controlled by farmer for irrigation cycles and crops growth optimization," *Int. J. Electron. Telecommun.*, vol. 66, no. 1, pp. 59–68, 2020, doi: 10.24425/ijet.2019.130266.
- [173] D. P. Holzworth *et al.*, "Agricultural production systems modelling and software: Current status and

- future prospects,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 72, no. 1, pp. 276–286, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.envsoft.2014.12.013.
- [174] A. Oliveira *et al.*, “Iot sensing platform as a driver for digital farming in rural africa,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 12, pp. 1–25, 2020, doi: 10.3390/s20123511.
- [175] A. Tendolkar and S. Ramya, “CareBro (Personal Farm Assistant):An IoT based Smart Agriculture with Edge Computing,” *MPCIT 2020 - Proc. IEEE 3rd Int. Conf. "Multimedia Process. Commun. Inf. Technol.*, pp. 97–102, 2020, doi: 10.1109/MPCIT51588.2020.9350481.
- [176] P. L. Ramirez Izolan *et al.*, “Low-Cost Fog Computing Platform for Soil Moisture Management,” *Int. Conf. Inf. Netw.*, vol. 2020-Janua, pp. 499–504, 2020, doi: 10.1109/ICOIN48656.2020.9016572.
- [177] J. D. Borrero and A. Zabalo, “An autonomous wireless device for real-time monitoring of water needs,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 7, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/s20072078.
- [178] N. A. A. Abdellah and N. Thangadurai, “Real Time Application of IoT for the Agriculture in the Field along with Machine Learning Algorithm,” *Proc. 2020 Int. Conf. Comput. Control. Electr. Electron. Eng. ICCCEE 2020*, 2021, doi: 10.1109/ICCCEE49695.2021.9429606.
- [179] S. Casadei, F. Peppoloni, F. Ventura, R. Teodorescu, D. Dunea, and N. Petrescu, “Application of smart irrigation systems for water conservation in Italian farms,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 21, pp. 26488–26499, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-12524-6.
- [180] F. J. Ruiz Ortega, K. Esquivel Murillo, D. O. Rodríguez Martínez, M. E. Rodríguez Torres, and R. Duarte Ramírez, “INTERNET DE LAS COSAS (IoT), UNA ALTERNATIVA PARA EL CUIDADO DEL AGUA,” *Pist. Educ.*, vol. 40, no. 130, pp. 2318–2330, 2018.
- [181] A. F. Jimenez, E. F. Herrera, B. V. Ortiz, A. Ruiz, and P. F. Cardenas, “Inference System for Irrigation Scheduling with an Intelligent Agent,” in *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II*, J. C. Corrales, P. Angelov, and J. A. Iglesias, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 1–20.
- [182] J. D. Franco-Ramirez, T. A. Ramirez-Delreal, A. Garate-Garcia, M. A. Ruiz, and D. Villanueva-Vasquez, “MOSyG: Monitoring system for germination chamber using fuzzy control based on cloudino-IoT and FIWARE,” *2019 IEEE Int. Autumn Meet. Power, Electron. Comput. ROPEC 2019*, no. Ropec, 2019, doi: 10.1109/ROPEC48299.2019.9057127.
- [183] J. A. Laverde Mena and C. G. Laverde Mena, “Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego,” *Rev. Dilemas Contemp.*, vol. 148, pp. 148–162, 2021.
- [184] E. Gutierrez Leon, J. E. Montiel Arguijo, C. Carreto Arellano, and F. R. Menchaca García,

- “Propuesta de sistema de gestión inteligente basado en IoT para hidroponía,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 148, no. 10, pp. 219–233, 2019, doi: 10.13053/rcs-148-10-19.
- [185] F. A. Capraro Fuentes, S. R. Tosetti, and P. L. Campillo, “Sensor Network for Monitoring and Fault Detection in Drip Irrigation Systems Based on Embedded Systems,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 18, no. 2, pp. 383–391, 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9085294.
- [186] A. Oliveira-Jr *et al.*, “IoT Sensing Platform as a Driver for Digital Farming in Rural Africa,” *Sensors*, vol. 20, no. 12, p. 3511, Jun. 2020, doi: 10.3390/s20123511.
- [187] J. Rodríguez-Robles, Á. Martín, S. Martín, J. A. Ruipérez-Valiente, and M. Castro, “Autonomous sensor network for rural agriculture environments, low cost, and energy self-charge,” *Sustain.*, vol. 12, no. 15, 2020, doi: 10.3390/SU12155913.
- [188] A. Cabarcas, C. Arrieta, D. Cermeno, H. Leal, R. Mendoza, and C. Rosales, “Irrigation system for precision agriculture supported in the measurement of environmental variables,” *Proc. - 2019 7th Int. Eng. Sci. Technol. Conf. IESTEC 2019*, no. March 2020, pp. 671–676, 2019, doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00125.
- [189] M. J. Ibarra, E. Alcarraz, O. Tapia, Y. P. Atencio, Y. Mamani-Coaquira, and H. A. Huillcen Baca, “NFT-I technique using IoT to improve hydroponic cultivation of lettuce,” *Proc. - Int. Conf. Chil. Comput. Sci. Soc. SCCC*, vol. 2020-Novem, 2020, doi: 10.1109/SCCC51225.2020.9281277.
- [190] Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), “¿Qué se puede patentar?,” *Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)*, 2021. [https://www.sic.gov.co/node/44#:~:text=Se protegen los inventos que consistan en productos%2C,un procedimiento para la obtención de un producto.](https://www.sic.gov.co/node/44#:~:text=Se%20protegen%20los%20inventos%20que%20consistan%20en%20productos%2C,un%20procedimiento%20para%20la%20obtenci%C3%B3n%20de%20un%20producto.)
- [191] H. Ben Salem and T. Smith, “Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments,” *Small Rumin. Res.*, vol. 77, no. 2–3, pp. 174–194, 2008, doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.03.008.
- [192] D. Singh and A. Thakur, “Advancing Rational Exploitation of Water Irrigation Using 5G-IoT Capabilities: The AREThOU5A project,” *PDGC 2018 - 2018 5th Int. Conf. Parallel, Distrib. Grid Comput.*, vol. 8, no. 1, pp. 90–94, 2018, doi: 10.1109/PDGC.2018.8745934.
- [193] R. Torres-Sanchez, H. Navarro-Hellin, A. Guillamon-Frutos, R. San-Segundo, M. C. Ruiz-Abellón, and R. Domingo-Miguel, “A decision support system for irrigation management: Analysis and implementation of different learning techniques,” *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 2, 2020, doi: 10.3390/w12020548.
- [194] S. Athani, C. Tejeshwar, M. M. Patil, P. Patil, and R. Kulkarni, “Soil moisture monitoring using IoT enabled arduino sensors with neural networks for improving soil management for farmers and predict seasonal rainfall for planning future harvest in North Karnataka - India,” *Int. Conf. I-SMAC (IoT Soc. Mobile, Anal. Cloud)*, pp. 43–48, 2017.

- [195] J. J. Dethier and A. Effenberger, "Agriculture and development: A brief review of the literature," *Econ. Syst.*, vol. 36, no. 2, pp. 175–205, 2012, doi: 10.1016/j.ecosys.2011.09.003.
- [196] M. Bures, "Internet of Things: Current Challenges in the Quality Assurance and Testing Methods." Accessed: Nov. 22, 2018. [Online]. Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1805/1805.01241.pdf>.
- [197] K. Pernapati, "IoT Based Low Cost Smart Irrigation System," in *Proceedings of the International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, ICICCT 2018*, 2018, pp. 1312–1315, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473292.
- [198] T. W. Zougmore, S. Malo, F. Kagembega, and A. Togueyini, "Low cost IoT solutions for agricultures fish farmers in Afirca: A case study from Burkina Faso," *ICSCC 2018 - 1st Int. Conf. Smart Cities Communities*, 2018, doi: 10.1109/SCCIC.2018.8584549.
- [199] E. Beza, L. Kooistra, P. Reidsma, P. Poortvliet, M. Belay, and B. Bijen, "Exploring farmers' intentions to adopt mobile Short Message Service (SMS) for citizen science in agriculture," *j*, vol. 151, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.06.015.
- [200] K. Lova Raju and V. Vijayaraghavan, "IoT and Cloud hinged Smart Irrigation System for Urban and Rural Farmers employing MQTT Protocol," *ICDCS 2020 - 2020 5th Int. Conf. Devices, Circuits Syst.*, pp. 71–75, 2020, doi: 10.1109/ICDCS48716.2020.243551.
- [201] W. A. K. L. Sanjula, K. T. W. Kavinda, M. A. K. Malintha, W. M. D. L. Wijesuriya, S. Lokuliyana, and R. De Silva, "Automated water-gate controlling system for paddy fields," *ICAC 2020 - 2nd Int. Conf. Adv. Comput. Proc.*, pp. 61–66, 2020, doi: 10.1109/ICAC51239.2020.9357312.
- [202] S. Hernando Mejía, "MODELO DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DE SOLUCIONES IoT APOYANDO LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN ZONAS RURALES DE SANTANDER," 2020.
- [203] M. D. Caro Meza, "Diseño de directrices para la evaluación de interfaces en soluciones IOT implementadas en zonas rurales santandereanas: apoyando la transferencia tecnológica desde la perspectiva de usabilidad," Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [204] A. C. Martínez Pinzón and K. J. Villamizar Calderón, "FRAMEWORK CONCEPTUAL PARA DESARROLLO DE INTERFACES MÓVILES EN SOLUCIONES IOT QUE PERMITAN APROPIACIÓN TECNOLÓGICA EN ZONAS RURALES ALEDAÑAS AL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA DESDE LA PERSPECTIVA DE UX," Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [205] D. F. Aceros Orduz, "PROTOTIPO DE UNA RUTA TECNOLÓGICA PARA EL IOT, ENFOCADA EN LAS TECNOLOGÍAS DE RIEGO, PARA LOS AGRICULTORES DE PEQUEÑA ESCALA EN COLOMBIA," Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [206] C. A. Meneses Montana and karen S. Prada Jaimes, "Empleando elementos reconocibles como

potencializador del uso de internet en zonas rurales: una investigación desde la experiencia de usuario en pequeños productores agrícolas de Santander,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.

- [207] A. F. Rincón Benavides and E. A. Martínez Zavala, “Climagro: diseño de un mapa de ruta de tecnologías IOT empleadas en entornos rurales para el monitoreo del clima, dirigido para los pequeños productores campesinos de Santander, mediante técnicas de text mining e inteligencia artificial,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [208] J. E. Duarte Pineda and O. M. Ortega Pineda, “Farmia: Diseño de arquitectura IOT orientado a desarrolladores para la inclusión de tecnologías de internet de las cosas aplicadas a la Agro rotación de cultivos de acuerdo con el plan estratégico presentado por GPS Santander: Caso de estudio Villanueva, ,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [209] O. Y. Patiño Hernández, “KAKAW: Modelo de inteligencia artificial para la identificación de actores y su relación en el sector cacaoero de Santander,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [210] A. F. Herrera Duarte, “Propuesta metodológica para la evaluación de modelos de transferencia tecnológica TIC en la agricultura de los pequeños productores campesinos de la región de Santander,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020.
- [211] F. J. Vargas Pérez and A. P. Verdugo Beltrán, “Desarrollo de un prototipo funcional de red sensórica IoT para el monitoreo de variables en suelos agrícolas de la finca el Oasis de la Vereda Llanadas, municipio de Los Santos (Santander),” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2021.
- [212] N. E. Castillo Suta, “Desarrollo de un modelo de transferencia y apropiación de tecnologías del internet de las cosas para los agricultores colombianos de pequeña escala – AGRIOT,” Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2021.
- [213] C. Kamienski *et al.*, “Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 2, 2019, doi: 10.3390/s19020276.
- [214] B. Edwards *et al.*, “mAgri Design Toolkit: User-centered design for mobile agriculture,” p. 186, 2014, [Online]. Available: <https://www.comminit.com/ict-4-development/content/magri-design-toolkit-user-centered-design-mobile-agriculture>.
- [215] E. J. M. Arruda Filho and R. Roy Dholakia, “Hedonismo como um fator de decisão e uso tecnológico,” *Rev. Bras. Gest. Negócios*, vol. 15, no. 48, pp. 343–361, 2013, doi: 10.7819/rbgn.v15i48.1407.
- [216] C. N. Jiménez-Hernández, O. F. Castellanos-Domínguez, and E. M. Villa-Enciso, “La gestión de tecnologías emergentes en el ámbito universitario,” *Tecnológicas*, no. 26, p. 145, 2011, doi: 10.22430/22565337.57.

- [217] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) and MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), “Censo Nacional Agropecuario 2014,” 2015.
- [218] M. A. Espinosa, E. Romero R., L. Y. Flórez G., and C. D. Guerrero, “DANDELION: Propuesta metodológica para recopilación y análisis de información de artículos científicos. Un enfoque desde la bibliometría y la revisión sistemática de la literatura,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 28, pp. 110–122, 2020, [Online]. Available: <https://search.proquest.com/openview/e3b85a7260c758fd943bc4d5a0447f13/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>.
- [219] J. R. Fraenkel, N. E. Wallen, and H. H. Hyun, *How to design and evaluate research in education*, vol. 1, no. 1. McGraw: Hill Education, 2012.
- [220] Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital -Gerencia IDECA, “Metodología para la Analítica de datos,” pp. 1–34, 2019, [Online]. Available: www.ideca.gov.co.
- [221] P. Chapman *et al.*, *CRISP-DM 1.0*. SPSS, 2000.
- [222] E. Romero-riño, C. D. Guerrero-santander, and H. E. Martínez-ardila, “Agronomy research co-authorship networks in agricultural innovation systems Redes de coautoría en investigación sobre agronomía en sistemas de innovación agrícola,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 20, no. 1, pp. 161–175, 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n1-2021015.
- [223] G. Ko, J. K. Routray, and M. M. Ahmad, “ICT infrastructure for rural community sustainability,” *Community Dev.*, vol. 50, no. 1, pp. 51–72, Jan. 2019, doi: 10.1080/15575330.2018.1557720.
- [224] V. A. Eras Moreira, “EVALUACIÓN DE IMPACTO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN LA PROVINCIA DE IMBABURA: CANTONES COTACACHI, PIMAMPIRO E IBARRA,” 2014.
- [225] S.-R. Cipriano Juárez, “La agricultura y el problema del agua en la provincia de alicante,” *a Vueltas Con La Agric. Una Act. Económica Necesaria Y Marginada*, 2010.
- [226] J. A. Ocampo, “Misión para la transformación del campo,” *Misión para la Transform. del campo*, p. 46, 2014, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [227] P. S. Birthal and P. K. Joshi, “Smallholder Farmers’ Access to Markets for High-Value Agricultural Commodities in India,” *Case Stud. Food Policy Dev. Ctries.*, pp. 51–60, 2019, doi: 10.7591/9780801466373-007.
- [228] D. J. Quiroga-Parra, J. Torrent-Sellens, and C. P. Murcia Zorrilla, “Usos de las TIC en América Latina: Una caracterización,” *Ingeniare*, vol. 25, no. 2, pp. 289–305, 2017, doi: 10.4067/S0718-33052017000200289.

- [229] M. Taylor and S. Bhasme, "Model farmers, extension networks and the politics of agricultural knowledge transfer," *J. Rural Stud.*, vol. 64, no. September, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.jrurstud.2018.09.015.
- [230] ITU (International Telecommunication Union), *El ecosistema digital y la masificación de las tecnologías de la información y las comunicaciones en Paraguay.* .
- [231] MTC, "Misión para la transformación del campo - Diagnóstico económico del campo colombiano," *Inf. la Misión para la Transform. del Campo*, p. 63, 2015.
- [232] A. Sharma, A. Bailey, and I. Fraser, "Technology Adoption and Pest Control Strategies Among UK Cereal Farmers: Evidence from Parametric and Nonparametric Count Data Models," *J. Agric. Econ.*, vol. 62, no. 1, pp. 73–92, Feb. 2011, doi: 10.1111/j.1477-9552.2010.00272.x.
- [233] J. Sollleiro R., R. Castañón I., J. González C., J. Aguilar-Ávila, and N. Aguilar G., "Identificación de buenas prácticas de extensionismo, transferencia de tecnología e innovación para el sector agroalimentario de México.,", no. April, p. 57, 2017.
- [234] Y. Valencia Villegas and Y. Sepúlveda Casadiego, "Implementación de sensores en los sistemas de riego automatizado," Dec. 2019. doi: 10.22490/ECAPMA.3417.
- [235] R. Oad and P. King, "Irrigation system design for management in mountainous areas," *Irrig. Drain. Syst.*, vol. 5, no. 3, pp. 213–228, Aug. 1991, doi: 10.1007/BF01112500.
- [236] Á. Penagos, C. Ospina, C. Quesada, and F. Castellanos, "Una mirada al mercado laboral rural colombiano y un acercamiento a los posibles efectos de la pandemia," *RIMISP Cent. Latinoam. para el Desarro. Rural*, 2020, [Online]. Available: <https://www.rimisp.org/documentos/informes/una-mirada-al-mercado-laboral-rural-colombiano-y-un-acercamiento-a-los-posibles-efectos-de-la-pandemia/>.
- [237] J. Wadsworth and B. Carlisle, "TECHNOLOGY AND ITS CONTRIBUTION TO PRO-POOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT," UK, 2005. Accessed: May 20, 2019. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/a-at358e.pdf>.
- [238] P. Martínez Corral, "Orígenes de la exclusión digital en el campo colombiano: abordaje sobre la política de telecomunicaciones sociales," *Poliantea*, vol. 11, no. 21, p. 195, 2016, doi: 10.15765/plnt.v11i21.709.
- [239] F. Castillo Blanco, *Historia de la Cultura Campesina Santandereana y su arraigo en el departamento de Santander*, Primera. Bucaramanga, Colombia: Gobernación de Santander, 2012.
- [240] P. Šimek, J. Vaněk, and J. Pavlík, "Usability of UX Methods in Agrarian Sector - Verification," *Agris On-line Pap. Econ. Informatics*, vol. 7, no. 3, pp. 49–56, 2015, doi: 10.7160/aol.2015.070305.

- [241] E. Gerónimo Bautista and R. Calderón García, “La formación de talento e innovación a través de la vinculación y los modelos de hélice basados en la sociedad del conocimiento,” *RIDE Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ.*, vol. 10, no. 20, Apr. 2020, doi: 10.23913/ride.v10i20.641.
- [242] D. Rotolo, D. Hicks, and B. R. Martin, “What is an emerging technology?,” *Res. Policy*, vol. 44, no. 10, pp. 1827–1843, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.RESPOL.2015.06.006.
- [243] G. Fortino, C. Savaglio, G. Spezzano, and M. Zhou, “Internet of Things as System of Systems: A Review of Methodologies, Frameworks, Platforms, and Tools,” *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 223–236, 2021, doi: 10.1109/TSMC.2020.3042898.
- [244] D. Kayisire and J. Wei, “ICT Adoption and Usage in Africa: Towards an Efficiency Assessment,” *Inf. Technol. Dev.*, vol. 22, no. 4, pp. 630–653, 2016, doi: 10.1080/02681102.2015.1081862.
- [245] M. Dayahna Caro M., E. Romero-Riaño, M. Alexandra Espinosa C, and C. D. Guerrero, “Evaluando contribuciones de usabilidad en soluciones TIC-IOT para la agricultura: Una perspectiva desde la bibliometría,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 2020, no. E28, pp. 681–692, 2020, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081040306&partnerID=40&md5=f59611d7803425f519635fe4470fdaca>.
- [246] S. K. Gawali and M. K. Deshmukh, “Energy autonomy in IoT technologies,” *Energy Procedia*, vol. 156, no. September 2018, pp. 222–226, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.132.
- [247] M. Tahir, Q. Mamoon Ashraf, and M. Dabbagh, “Towards Enabling Autonomic Computing in IoT Ecosystem,” in *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech)*, Aug. 2019, pp. 646–651, doi: 10.1109/DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech.2019.00122.
- [248] J. Lukkien, “A systems of systems perspective on the internet of things,” *ACM SIGBED Rev.*, vol. 13, no. 3, pp. 56–62, 2016, doi: 10.1145/2983185.2983195.
- [249] G. Fortino, A. Guerrieri, G. M. P. O’Hare, and A. Ruzzelli, “A flexible building management framework based on wireless sensor and actuator networks,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 35, no. 6, pp. 1934–1952, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.jnca.2012.07.016.
- [250] P. Desai, A. Sheth, and P. Anantharam, “Semantic Gateway as a Service Architecture for IoT Interoperability,” in *2015 IEEE International Conference on Mobile Services*, Jun. 2015, pp. 313–319, doi: 10.1109/MobServ.2015.51.
- [251] A. Katasonov, O. Kaykova, O. Khriyenko, S. Nikitin, and V. Terziyan, “Smart semantic middleware for the internet of things,” *ICINCO 2008 - Proc. 5th Int. Conf. Informatics Control. Autom. Robot.*, vol. ICSO, no. May 2014, pp. 169–178, 2008.

- [252] G. Codeluppi, A. Cilfone, L. Davoli, and G. Ferrari, "VegIoT Garden: A modular IoT Management Platform for Urban Vegetable Gardens," *2019 IEEE Int. Work. Metrol. Agric. For. MetroAgriFor 2019 - Proc.*, pp. 121–126, 2019, doi: 10.1109/MetroAgriFor.2019.8909228.
- [253] G. Codeluppi, A. Cilfone, L. Davoli, and G. Ferrari, "LoRaFarM: A LoRaWAN-Based Smart Farming Modular IoT Architecture," *Sensors*, vol. 20, no. 7, p. 2028, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20072028.
- [254] K. Yelamarthi, M. S. Aman, and A. Abdelgawad, "An application-driven modular IoT architecture," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/1350929.
- [255] M. Benammar, A. Abdaoui, S. Ahmad, F. Touati, and A. Kadri, "A Modular IoT Platform for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring," *Sensors*, vol. 18, no. 2, p. 581, Feb. 2018, doi: 10.3390/s18020581.
- [256] K. Douzis, S. Sotiriadis, E. G. M. Petrakis, and C. Amza, "Modular and generic IoT management on the cloud," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 78, pp. 369–378, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.future.2016.05.041.
- [257] INTERACTION DESIGN FOUNDATION, "Useful, Usable, and Used: Why They Matter to Designers," 2021. <https://www.interaction-design.org/literature/article/useful-usable-and-used-why-they-matter-to-designers>.
- [258] J. M. Antonini, "Health Effects Associated with Welding," in *Comprehensive Materials Processing*, Elsevier, 2014, pp. 49–70.
- [259] D. McQuillen, "Taking Usability Offline," *Darwin Magazine*, 2003.
- [260] M. Blusi, K. Asplund, and M. Jong, "Older family carers in rural areas: experiences from using caregiver support services based on Information and Communication Technology (ICT)," *Eur. J. Ageing*, vol. 10, no. 3, pp. 191–199, Sep. 2013, doi: 10.1007/s10433-013-0260-1.
- [261] B. Momir, I. Petroman, E. C. Constantin, A. Mirea, and D. Marin, "The Importance of Cross-Cultural Knowledge," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 197, pp. 722–729, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.07.077.
- [262] A. N., "Where to Start and What to Consider?," in *Usability and Internationalization of Information Technology*, N. Aykin, Ed. CRC Press, 2005.
- [263] S. Vanka and D. Klein, "Colortool: An Information Tool for Cross Cultural Design," *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.*, vol. 39, no. 5, pp. 341–345, Oct. 1995, doi: 10.1177/154193129503900510.
- [264] M. W. Azeem, A. Tariq, F. J. Sheikh, M. A. Butt, I. Tariq, and H. M. Shahid, "Cultural effects on metaphor design," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes*

- Bioinformatics*), vol. 9186, no. August, pp. 113–121, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-20886-2_11.
- [265] G. S. Choi, R. Oehlmann, H. Dalke, and D. Cottingham, “Discovering Color Semantics as a Chance for Developing Cross-Cultural Design Frameworks,” in *Social Intelligence Design 2007 CTIT*, 2007, pp. 926–933.
- [266] S. Vanka and D. Klein, “Colortool: An Information Tool for Cross Cultural Design,” *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.*, vol. 39, no. 5, pp. 341–345, Oct. 1995, doi: 10.1177/154193129503900510.
- [267] J. Thornborrow and S. Wareing, *Patterns in language. An introduction to language and literary style*. Routledge, 2019.
- [268] P. Tiwari and K. Sorathia, “Visualising and systematizing a per-poor ICT intervention for Rural and Semi-urban Mothers in India,” in *Proceedings of the 7th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction - VINCI '14*, 2014, pp. 129–138, doi: 10.1145/2636240.2636856.
- [269] Yann, “UX Design for Agriculture in Africa: Case Study from Zambia,” *YUX*, 2019. <https://yux.design/ux-design-agriculture-africa-case-study-zambia>.
- [270] V. K. Kool and R. Agrawal, “Technology and Hedonism,” in *Psychology of Technology*, Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 253–304.
- [271] J. S. Martínez García, “El habitus. Una revisión analítica,” *Rev. Int. Sociol.*, vol. 75, no. 3, p. 067, Sep. 2017, doi: 10.3989/ris.2017.75.3.15.115.
- [272] B. R. Belland, “Using the theory of habitus to move beyond the study of barriers to technology integration,” *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 2, pp. 353–364, 2009, doi: 10.1016/j.compedu.2008.09.004.
- [273] L.-A. Sutherland and I. Darnhofer, “Of organic farmers and ‘good farmers’: Changing habitus in rural England,” *J. Rural Stud.*, vol. 28, no. 3, pp. 232–240, Jul. 2012, doi: 10.1016/j.jrurstud.2012.03.003.
- [274] O. Prokopenko, O. Kudrina, and V. Omelyanenko, “Analysis of ICT Application in Technology Transfer Management within Industry 4.0 Conditions (Education Based Approach),” *CEUR Workshop Proc.*, vol. 2105, pp. 258–273, 2018.
- [275] S. Heo, S. Song, J. Kim, and H. Kim, “RT-IFTTT: Real-Time IoT Framework with Trigger Condition-Aware Flexible Polling Intervals,” *Proc. - Real-Time Syst. Symp.*, vol. 2018-Janua, pp. 266–276, 2018, doi: 10.1109/RTSS.2017.00032.
- [276] C. Dodd, M. Adam, and C. Dodd, “Designing User Interfaces for the Elderly: A Systematic

- Literature Review,” pp. 1–12, 2017, [Online]. Available: <https://aisel.aisnet.org/acis2017/61>.
- [277] T. Walsh and P. Nurkka, “Approaches to cross-cultural design: Two case studies with UX web-surveys,” *Proc. 24th Aust. Comput. Interact. Conf. OzCHI 2012*, pp. 633–642, 2012, doi: 10.1145/2414536.2414632.
- [278] K. Finn and J. Johnson, “Designing for an aging population: Toward universal design,” *Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - Proc.*, vol. 07-12-May-, no. May, pp. 1011–1012, 2016, doi: 10.1145/2851581.2856669.
- [279] INTERACTION DESIGN FOUNDATION, “Accessibility.” <https://www.interaction-design.org/literature/topics/accessibility>.
- [280] P. Štrukelj, “Technology, Wealth and Modern Management of Technology,” *Manag. Glob. Transitions*, vol. 10, no. 1, pp. 29–49, 2012.
- [281] IEA, ITU, UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura), UNOOSA, and WIPO, “Science , technology and innovation and intellectual property rights : The vision for development Thematic Think Piece,” 2012.
- [282] D. M. Dueñas Quintero and L. A. Páez Guevara, “CONSTRUCCIÓN DE LA AGENDA INVESTIGACIÓN PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ: IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN,” *Rev. Tumbaga*, vol. 1, no. 11, 2016.
- [283] World Summit on the Information Society, “WSIS/SDGs Matrix WSIS Forum 2018: Outcomes Linking WSIS Action lines with the Sustainable Development Goals,” 2018. [Online]. Available: https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2018/Files/documents/outcomes/WSISForum2018_WSIS-SDGSMatrix.pdf.
- [284] D. A. Delgado, C. M. Cocha, J. E. García, and G. K. Gonzales, “Metodologías de diseño centrado en las personas: Experiencia vereda La Yunga y Río Hondo, Popayán, Colombia,” *Rev. Espac.*, vol. 41, no. 36, pp. 0–2, 2020.
- [285] S. Bhattacharya, J. Glazer, and D. E. . Sappington, “Licensing and the sharing of knowledge in research joint ventures,” *J. Econ. Theory*, vol. 56, no. 1, pp. 43–69, Feb. 1992, doi: 10.1016/0022-0531(92)90068-S.
- [286] J. P. Lane, “Understanding Technology Transfer,” *Assist. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 5–19, 1999, doi: 10.1080/10400435.1999.10131981.
- [287] E. G. García, “Análisis de buenas prácticas en transferencia de tecnología en el sector TIC,” 2013.
- [288] ITU (International Telecommunication Union), ANSI, and DIAL, *Construir aldeas inteligentes: un plan de trabajo Proyecto piloto en el Níger*. ITUPublicaciones, 2020.

- [289] Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva (Argentina), “Guía de buenas prácticas en gestión de la transferencia de tecnología y de la propiedad intelectual en instituciones y organismos del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación,” pp. 3–63, 2012.
- [290] S. Salazar and P. Henr, *Guía para la gestión de la propiedad en consorcios intelectual regionales de investigación agrícola*. San José, Costa Rica: <https://www.fontagro.org/es/publicaciones/publicaciones-fontagro/gui-para-la-gestion-de-la-propiedad-intelectual-en-consorcios-regionales-de-investigac/>, 2013.
- [291] A. Jaime, M. L. Lizarazo, and H. E. Martinez, “Buenas Prácticas en Transferencia de Tecnología en el Mundo,” 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/309728561_Buenas_Practicas_en_Transferencia_de_Tecnologia_en_el_Mundo.
- [292] NASA, “Plan for Accelerating Technology Transfer at NASA,” 2012.
- [293] D. A. Comstock and D. Lockney, “NASA’s legacy of technology transfer and prospects for future benefits,” *A Collect. Tech. Pap. - AIAA Sp. 2007 Conf.*, vol. 3, no. September, pp. 2969–2978, 2007, doi: 10.2514/6.2007-6283.
- [294] D. A. Maluf, T. Okimura, and M. Gurram, “NASA technology transfer system,” *Proc. - 4th IEEE Int. Conf. Sp. Mission Challenges Inf. Technol. SMC-IT 2011*, pp. 111–117, 2011, doi: 10.1109/SMC-IT.2011.27.
- [295] T. Gorschek, P. Garre, S. Larsson, and C. Wohlin, “A model for technology transfer in practice,” *IEEE Softw.*, vol. 23, no. 6, pp. 88–95, 2006, doi: 10.1109/MS.2006.147.
- [296] V. R. Basili, M. K. Daskalantonakis, and R. H. Yacobellis, “Technology transfer at Motorola,” *IEEE Softw.*, vol. 11, no. 2, pp. 70–76, Mar. 1994, doi: 10.1109/52.268959.
- [297] H. L. Pieterse and M. W. Pretorius, “A MODEL FOR TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY TRANSFER AND DIFFUSION INTO THE RURAL AREAS OF SOUTH AFRICA,” *South African J. Ind. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 119–129, Jan. 2012, doi: 10.7166/13-1-322.
- [298] A. Shiri, “Introduction to Modern Information Retrieval (2nd edition),” *Libr. Rev.*, vol. 53, no. 9, pp. 462–463, 2004, doi: 10.1108/00242530410565256.
- [299] J. A. Sheikh, H. S. Dar, and F. J. Sheikh, “Usability guidelines for designing knowledge base in rural areas towards women empowerment,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 8519 LNCS, no. PART 3, pp. 462–469, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-07635-5_45.
- [300] A. Lodhi, “Usability heuristics as an assessment parameter: For performing usability testing,” in *ICSTE*, 2010, pp. 256–259.

- [301] W. A. R. W. M. Isa *et al.*, “Engineering rural informatics using agile user centered design,” in *2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, May 2014, pp. 367–372, doi: 10.1109/ICoICT.2014.6914093.
- [302] S. Adhy, B. Noranita, R. Kusumaningrum, P. W. Wirawan, D. D. Prasetya, and F. Zaki, “Usability testing of weather monitoring on a web application,” in *2017 1st International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)*, Nov. 2017, pp. 131–136, doi: 10.1109/ICICOS.2017.8276350.
- [303] S. Wyche, T. R. Dillahunt, N. Simiyu, and S. Alaka, “‘if god gives me the chance i will design my own phone’: Exploring mobile phone repair and postcolonial approaches to design in rural Kenya,” *UbiComp 2015 - Proc. 2015 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput.*, no. September, pp. 463–473, 2015, doi: 10.1145/2750858.2804249.
- [304] A. A. Adesina and J. Baidu-Forson, “Farmer’s perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guiana, West Africa,” *Agric. Econ.*, no. 13, pp. 1–9, 1995, doi: 10.14358/PERS.81.6.451.
- [305] F. Ssozi-Mugarura, E. Blake, and U. Rivett, “Codesigning with communities to support rural water management in Uganda,” *CoDesign*, vol. 13, no. 2, pp. 110–126, Apr. 2017, doi: 10.1080/15710882.2017.1310904.
- [306] K. Mottaleb, “Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country,” *j*, vol. 55, 2018, doi: 10.1016/j.techsoc.2018.07.007.
- [307] B. Dhehibi, U. Rudiger, H. P. Moyo, and M. Z. Dhraief, “Agricultural technology transfer preferences of smallholder farmers in Tunisia’s arid regions,” *Sustain.*, vol. 12, no. 1, 2020, doi: 10.3390/SU12010421.
- [308] D. Teka, Y. Dittrich, and M. Kifle, “Usability challenges in an Ethiopian software development organization,” in *Proceedings of the 9th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, May 2016, pp. 114–120, doi: 10.1145/2897586.2897604.
- [309] P. S. Dey *et al.*, “Assessment of Sustainable Agriculture Practices in Uttarakhand, India,” *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. R10-HTC*, vol. 2020-Decem, 2020, doi: 10.1109/R10-HTC49770.2020.9357012.
- [310] R. Augusto Sales Dantas, M. Vasconcelos da Gama Neto, I. Dimitry Zyrianoff, and C. Alberto Kamienski, “The SWAMP Farmer App for IoT-based Smart Water Status Monitoring and Irrigation Control,” in *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*, Nov. 2020, pp. 109–113, doi: 10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277588.
- [311] Corporacion PBA, *Manual del facilitador rural Métodos y herramientas para ayudar a campesinos a conseguir sus metas*. 2011.

- [312] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), “Censo Nacional Agropecuario Bogotá,” 2014.
- [313] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), *Censo Nacional Agropecuario, Tomo 3 - Mapas*. 2015.
- [314] A. González-Cárdenas and L. A. Paipilla-Pardo, “Misión para la Transformación del Campo : Síntesis y algunas reflexiones,” *Revista Palmas*, Bogotá, Colombia, pp. 57–78, 2015.
- [315] P. A. Aremu, I. N. Kolo, A. K. Gana, and F. A. Adelere, “The Crucial Role of Extension Workers In Agricultural Technologies Transfer and Adoption,” *Glob. Adv. Res. J. Food Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 14–18, 2015.
- [316] K. Kuutti, T. Jokela, M. Nieminen, and P. Jokela, “Assessing Human-Centred Design Processes in Product Development by Using the INUSE Maturity Model,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 31, no. 26, pp. 89–94, Sep. 1998, doi: 10.1016/S1474-6670(17)40074-7.
- [317] S. B. Azumah, S. A. Donkoh, and J. A. Awuni, “The perceived effectiveness of agricultural technology transfer methods: Evidence from rice farmers in Northern Ghana,” *Cogent Food Agric.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1080/23311932.2018.1503798.
- [318] K. A. Mottaleb, “Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country,” *Technol. Soc.*, vol. 55, no. April, pp. 126–135, 2018, doi: 10.1016/j.techsoc.2018.07.007.
- [319] D. J. Mayhew, *The Usability Engineering Lifecycle: A Practitioner’s Handbook for User Interface Design (Interactive Technologies)*, Primera. London, United Kingdom: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [320] S. Merzouk, A. Cherkaoui, A. Marzak, and S. Nawal, “IoT methodologies: Comparative study,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 175, pp. 585–590, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.07.084.
- [321] V. Sachdeva and L. Chung, “Handling non-functional requirements for big data and IOT projects in Scrum,” in *2017 7th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering - Confluence*, Jan. 2017, pp. 216–221, doi: 10.1109/CONFLUENCE.2017.7943152.
- [322] B. Vogel, B. Peterson, and B. Emruli, “Prototyping for Internet of Things with Web Technologies: A Case on Project-Based Learning using Scrum,” in *2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, Jul. 2019, pp. 300–305, doi: 10.1109/COMPSAC.2019.10223.
- [323] K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin, “La internet de las Cosas — Una breve reseña,” 2015. <https://www.internetsociety.org/es/resources/doc/2015/iot-overview>.

- [324] O. Elijah, S. Member, T. Abdul Rahman, I. Orikumhi, C. Yen Leow, and M. Nour Hindia, "An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges," *IEEE INTERNET THINGS J.*, vol. 5, no. 5, 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2844296.
- [325] ITU (International Telecommunication Union), "Overview of the Internet of Things," 2015. <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>.
- [326] E. Oriwoh and M. Conrad, "Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)," *Int. J. Internet Things*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [327] U. S. Department of Labors, "National Census of Fatal Occupational Injuries Summary," 2021.
- [328] Minciencias, "Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1602: Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.," pp. 6–9, 2018.
- [329] J. N. Rodriguez and S. J. Camacho, "¿Quiénes son los campesinos colombianos hoy? Universidad, Ciencia y desarrollo. Universidad del Rosario," *Universidad, Ciencia y desarrollo. Universidad del Rosario*. p. 1,2, 2013, [Online]. Available: <http://www.urosario.edu.co/campesinos-colombianos/>.
- [330] A. C. Machado Silvia Botello M, "Serie de documentos de trabajo - La Agricultura Familiar en Colombia," 2013, [Online]. Available: www.rimisp.org.
- [331] M. Chiriboga, "Desafíos de la pequeña agricultura familiar frente a la globalización," *Perspect. Rural.*, pp. 9–24, 1997.
- [332] R. Chapman, T. Slaymaker, W. Paper, R. Chapman, and T. Slaymaker, "ICTs and Rural Development: Review of the Literature, Current Interventions and Opportunities for Action," 2002.
- [333] T. Havemann and V. Muccione, "Mechanisms for agricultural climate change mitigation incentives for smallholders. CCAFS Report no. 6.," 2011. [Online]. Available: www.ccafs.cgiar.org.
- [334] M. E. Londoño Escobar, A. M. Lozano Hurtado, O. Gómez Martínez, carlos A. Ramirez López, and J. Solano Castrillón, *Prácticas sociales campesinas. El caso Monterrey Buga, Valle del Cauca - Colombia*, Primera Ed. Bogotá, Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2019.
- [335] Centro de Innovación pública digital, "Tecnologías emergentes," 2021. <https://centrodeinnovacion.mintic.gov.co/es/blogs/tecnologias-emergentes>.
- [336] Vicepresidencia de Innovación y Transformación Digital and Grupo Bancolombia, "Internet de las Cosas: ¿cómo lo ha adoptado Colombia?," 2018. <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/tendencias/innovacion/iot-como-lo-ha-adoptado-colombia>.

- [337] M. Danquah, "Technology transfer, adoption of technology and the efficiency of nations: Empirical evidence from sub Saharan Africa," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 131, no. December 2016, pp. 175–182, 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2017.12.007.
- [338] D. J. Sánchez Preciado, B. Claes, and N. Theodorakopoulos, "Transferring intermediate technologies to rural enterprises in developing economies: A conceptual framework," in *Prometheus*, Informa UK Limited.
- [339] B. Biagini, L. Kuhl, K. S. Gallagher, and C. Ortiz, "Technology transfer for adaptation," *Nat. Clim. Chang.*, vol. 4, no. 9, pp. 828–834, 2014, doi: 10.1038/nclimate2305.
- [340] S. O. N. Somers and L. Stapleton, "A Human-Centred approach to e-Agricultural systems," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 24, pp. 213–218, 2015, doi: 10.1016/j.ifacol.2015.12.085.
- [341] J. A. Sheikh, H. S. Dar, and F. J. Sheikh, "Usability Guidelines for Designing Knowledge Base in Rural Areas," 2014, pp. 462–469.
- [342] A. . Valdés Cuervo, *Familia y Desarrollo. Intervenciones en terapia familiar*. México: Manual Moderno, 2007.
- [343] K. Prins, *Proceso y producto. Un balance*. Lima, Perú: Escuela para el desarrollo, 1996.
- [344] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), *Training of Farmers Programme South Asia*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 2011.
- [345] M. E. Nogueira and M. Urcola, "La agricultura familiar en el marco de los programas de desarrollo rural del FIDA en el norte argentino (1991-2014)," *Ager*, vol. 2015, no. 19, pp. 7–44, 2015, doi: 10.4422/ager.2015.01.
- [346] C. J. Romera, F. E. Forero Suárez, and J. A. Ruiz Hernández, "Technology and design for rural development: A methodological proposal and a pilot experience in two Colombian municipalities," *Ager*, vol. 2017, no. 23, pp. 27–57, 2017, doi: 10.4422/ager.2017.03.
- [347] RIMISP (Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural), "Misión para la transformación del campo. Estrategia de Implementación del Programa de Desarrollo Rural Integral con Enfoque Territorial," Bogotá, Colombia, 2014. [Online]. Available: <https://www.dnp.gov.co/programas/agricultura/Paginas/mision-para-la-transformacion-del-campo-colombiano.aspx>.
- [348] M. Docampo Rama, H. De Ridder, and H. Bouma, "Technology generation and age in using layered user interfaces," *Gerontechnology*, vol. 1, no. 1, 2001, doi: 10.4017/gt.2001.01.01.003.00.
- [349] R. Sackmann and O. Winkler, "Technology generations revisited: The internet generation," *Gerontechnology*, vol. 11, no. 4, pp. 493–503, 2013, doi: 10.4017/gt.2013.11.4.002.00.

- [350] M. Chesher and W. Skok, "Roadmap for successful information technology transfer for small businesses," *Proc. ACM SIGCPR Conf.*, pp. 16–22, 2000, doi: 10.1145/333334.333338.
- [351] P. R. Childs, *Mechanical Design Engineering Handbook*, Second Edi., vol. 1999, no. December. Oxford, United Kingdom: Elsevier Ltd., 2019.
- [352] Y. Bai and Q. Bai, "Subsea Pipelines," in *Subsea Engineering Handbook*, 2019, pp. 919–940.
- [353] M. F. Maradei García and F. M. Espinel Correal, *Ergonomía para el Diseño*, Primera. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander - Escuela de Diseño Industrial, 2009.
- [354] R. Gacula Pineda, *Technology in Culture: A Theoretical Discourse on Convergence in Human-Technology Interaction*, no. May. 2014.
- [355] K. Dorst and N. Cross, "Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution," *Des. Stud.*, vol. 22, no. 5, pp. 425–437, 2001, doi: 10.1016/S0142-694X(01)00009-6.
- [356] OMPI, "¿Qué es la Propiedad Intelectual ?," p. 23, 2005, [Online]. Available: https://cerlalc.org/wp-content/uploads/documentos-de-interes/odai/ODAI_DOCUMENTOS_DE_INTERES_Que_es_la_propiedad_intelectual_V1.pdf.
- [357] Universidad EAFIT, "Mecanismos de protección de la propiedad intelectual," *Propiedad Intelectual*. <https://www.eafit.edu.co/institucional/propiedad-intelectual/Paginas/mecanismos-de-proteccion.aspx>.
- [358] G. Oh, D. Kim, S. Kim, and S. Rhew, "A Quality Evaluation Technique of RFID Middleware in Ubiquitous Computing," in *2006 International Conference on Hybrid Information Technology*, Nov. 2006, pp. 730–735, doi: 10.1109/ICHIT.2006.253690.
- [359] V. Nassar, "Common criteria for usability review," *Work*, vol. 41, pp. 1053–1057, 2012, doi: 10.3233/WOR-2012-0282-1053.
- [360] N. Maalel, E. Natalizio, A. Bouabdallah, P. Roux, and M. Kellil, "Reliability for Emergency Applications in Internet of Things," in *2013 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems*, May 2013, pp. 361–366, doi: 10.1109/DCOSS.2013.40.
- [361] C. Prehofer, "From the Internet of Things to Trusted Apps for Things," in *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, Aug. 2013, pp. 2037–2042, doi: 10.1109/GreenCom-iThings-CPSCom.2013.381.
- [362] N. Nikmehr and M. Doroodchi, "New paradigm in evaluating usability of E-learning system," in *2008 International Conference on Innovations in Information Technology*, Dec. 2008, pp. 347–351, doi: 10.1109/INNOVATIONS.2008.4781683.

- [363] S. Jimenez-Fernandez, P. de Toledo, and F. del Pozo, "Usability and Interoperability in Wireless Sensor Networks for Patient Telemonitoring in Chronic Disease Management," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 60, no. 12, pp. 3331–3339, Dec. 2013, doi: 10.1109/TBME.2013.2280967.
- [364] N. Bevan, "Measuring usability as quality of use," *Softw. Qual. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 115–130, Jun. 1995, doi: 10.1007/BF00402715.
- [365] FAO, *Guía para la implementación de Centros Demostrativos de Capacitación CDC con enfoque agroecológico*. 2016.
- [366] M. M. Zinnah, J. L. Compton, and A. A. Adesina, "Research-Extension-Farmer Linkages within the Context of the Generation, Transfer and Adoption of Improved Mangrove Swamp Rice Technology in West Africa.," *Q. J. Int. Agric.*, vol. 32, no. 2, pp. 201–214, 1993.
- [367] J. W. Creswell and V. L. Plano Clark, *Designing and Conducting Mixed methods Research*, Tercera. USA: Sage Publishing, 2017.
- [368] C. Narrod, D. Roy, and I. Food, "The Role of Public-Private Partnerships and Collective Action in Ensuring Smallholder Participation in High Value Fruit and Vegetable Supply Chains," *Role Public-Private Partnerships Collect. Action Ensuring Smallhold. Particip. High Value Fruit Veg. Supply Chain.*, no. 70, 2007, doi: 10.2499/capriwp70.
- [369] L. Ermakova, F. Bordignon, N. Turenne, and M. Noel, "Is the Abstract a Mere Teaser? Evaluating Generosity of Article Abstracts in the Environmental Sciences," *Front. Res. Metrics Anal.*, vol. 3, May 2018, doi: 10.3389/frma.2018.00016.
- [370] CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, and IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018*. San José, Costa Rica, 2017.
- [371] H. Zhang, Y. Cai, and Z. Li, "Towards a typology of university technology transfer organizations in China: evidences from Tsinghua University," *Triple Helix*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s40604-018-0061-9.
- [372] A. Li, "Technology transfer in China–Africa relation: myth or reality." *Transnational corporations review*, pp. 183–195, 2016.
- [373] C. N. A. Iris, "TIERRAS, AGROPRODUCCIÓN Y CULTIVOS ILÍCITOS EN COLOMBIA," p. 35, 2019.
- [374] A. J. Paz Cardona, "Un millón de hogares campesinos en Colombia tienen menos tierra que una vaca," *Apr.* 18, 2018.
- [375] Ministerio de Agricultura de Chile, "Nuevo Modelo para un Sistema de Extensión y Transferencia

Tecnológica en el Sector Silvoagropecuario Chileno,” 2014.

- [376] CGIAR, “Transforming agriculture and food innovation systems to win the race to zero - 1391948,” Nov. 17, 2017. https://globalmeet.webcasts.com/starthere.jsp?ei=1391948&tp_key=b17757b8fa (accessed Mar. 07, 2021).
- [377] IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), “Elementos para una hoja de ruta conjunta. Evento 4... | Facebook,” *Evento 4 del Ciclo de foros virtuales: Reducción de #BrechaDigital en las Zonas Rurales de América Latina y El Caribe: Hacia una revolución agrícola digital*, Feb. 22, 2020. https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=262820852158961&id=436831050034 (accessed Mar. 07, 2021).
- [378] M. B. Hernández and J. M. Gómez, “Aplicaciones de Procesamiento de Lenguaje Natural,” *Rev. Politécnica*, vol. 32, no. 1, pp. 87–96, 2013.
- [379] D. H. Flórez Martínez, A. Morales Castañeda, and C. P. Uribe Galvis, *Megatendencias en investigación, desarrollo e innovación para el sector agropecuario colombiano: perspectivas, estrategias y visiones de futuro*, vol. I. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), 2018.
- [380] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) and OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), *OCDE/FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028 - Enfoque Especial: América Latina*. Roma: OECD Publishing, 2019.
- [381] L. Boer and J. Donovan, “Prototypes for participatory innovation,” in *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference on - DIS '12*, 2012, p. 388, doi: 10.1145/2317956.2318014.

ANEXOS

- ANEXO 1. [Tecnologías Identificadas en el contexto de soluciones IoT de riego agrícola a nivel mundial](#)
- ANEXO 2. [Benchmarking de aplicaciones móviles empleadas a nivel mundial para soluciones IoT de riego.](#)
- ANEXO 3. [Codificación temática alrededor de la transferencia tecnológica IoT.](#)
- ANEXO 4. [Caracterización de soluciones IoT en academia empleando análisis de tópicos](#)
- ANEXO 5. [Caracterización de empresas IoT de riego a nivel mundial](#)
- ANEXO 6. [Análisis de modelos de transferencia tecnológica agrícola](#)
- ANEXO 7. [Actores y tipos de actores identificados en la transferencia tecnológica agrícola](#)
- ANEXO 8. [Caracterización de la población de Santander y Simacota \(Archivo extraído de Terridata\).](#)
- ANEXO 9. [Preguntas y respuestas realizadas a los pequeños productores agricultores campesinos de Santander.](#)
- ANEXO 10. [Evaluación del modelo](#)
- ANEXO 11. [Evaluación modelos UTT en el mundo](#)