



**INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO E INNOVACIÓN**
EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN.



Formando **líderes** para la construcción
de un nuevo **país en paz**

ISBN: 978-958-53020-0-6

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN

EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN.

Libro: Investigación, desarrollo e innovación en ingeniería y administración.

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio, sin la autorización por escrito del titular de los derechos.

Revisión editorial: Heidy Lizarazo

Editores:

Lesley F. Bohórquez Chacón
Richard E. Mendoza Gáfaró
Aldo Pardo García

Universidad de Santander UDES

Avenida 4 10N-61 Urb. El Bosque, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5791008 Ext. 117, Fax: +57 (7) 5782977

Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta

Avenida Gran Colombia No 12E-96 Colsag, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5776655 Ext. 201-203, Fax: 57 (7) 5685303

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Sede el Algodonal Vía Acolsure, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5690088

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5685303 - 5685304

Universidad Libre Seccional Cúcuta

Avenida 4, N° 12N-81 barrio el bosque. Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5829810 Ext 210

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA

Calle 2N Av. 4 y 5 Barrio Pescadero, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
+57 (7) 5829990

Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria,

Calle 78B #72 A-220, Medellín, Antioquia, Colombia.
+57 (4) 4443700 Ext. 2191

AVISO LEGAL Derechos Reservados ©2020.

Editorial SELLO UNIPAMPLONA

ISBN: 978-958-53020-0-6

Fecha de publicación: Octubre 27 2020

Presentación

El objetivo del Libro es divulgar resultados de proyectos de Investigación, Innovación y desarrollo, ejecutados en las instituciones que hacen parte de la Red de Conocimiento en el sector de la Ingeniería - ReCSI, y que han sido presentados en el marco del Encuentro Internacional en Ciencias aplicadas e Ingenierías EISI, entre los años 2016 y 2020. Se comunica nuevo conocimiento obtenido en procesos de Ingenierías y en administración.

La obra consolida el trabajo de la red, en la generación y apropiación social del conocimiento en el departamento Norte de Santander. Se presenta en tres secciones; Gestión, desarrollo y competitividad, Ingenierías y administración, y Formación en ingenierías.

Se devela el fortalecimiento de la Gestión, desarrollo y competitividad regional, a través de investigaciones de corte experimental y aplicada para el desarrollo sostenible, develando la importancia de las tecnologías de la Información y la comunicación, el uso eficiente de la energía y el fortalecimiento de la capacidad local de productores, para aprovechar racionalmente la biodiversidad nativa, y la biomasa agrícola. Lo anterior permite a la región unificar esfuerzos y avanzar en el logro de metas en el marco de los objetivos del desarrollo sostenible.

En cuanto a ingenierías y administración, se aporta conocimiento en el uso de técnicas para la toma de decisiones, el uso de buenas prácticas en la administración y el logro de la estrategia en las organizaciones.

Finalmente se consolida la obra con los trabajos realizados en torno a la reflexión pedagógica y curricular en los procesos de formación, conducentes a egresos con habilidades para la innovación y el emprendimiento.

Se espera que la obra, logre un proceso de transferencia indirecta de conocimiento científico - tecnológico y de gestión de innovación, tanto a la comunidad académica como a los sectores productivos a nivel regional, nacional e internacional y la conexión con otras redes de conocimiento.

Lesley F. Bohorquez Chacón, Richard E. Mendoza Gáfaró, Aldo Pardo García

Índice



Sección 1.

Gestión, Desarrollo y Competitividad

CAPÍTULO 1. Asistencia integral en la salud escolar: Modelo para la promoción y prevención en la gestión educativa 12

1. INTRODUCCIÓN	14
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 La salud y acción de promoción intersectorial	16
2.2 Ambientes escolares saludables	16
2.3 Protocolos – Guías de atención en salud	17
2.4 Gestión y competitividad del sector educativo	18
2.5 Activos en salud y salud positiva	18
2.6 Servicios de salud escolar	19
2.7 Leyes, decretos, resoluciones, estrategias, acciones, lineamientos y planes	19
2.8 Producto tecnológico	20
3. METODOLOGÍA	20
3.1 Enfoques y alcances del desarrollo del producto en fases de desarrollo del concepto	22
3.2 Población y muestra	23
3.3 Técnicas de recolección y análisis de la información	23
3.3.1 Análisis documental	23
3.3.2 Historias de usuario	25
3.3.3 Mesas de trabajo	25
3.3.3.1 Instrumentos de recolección de Información en mesas de trabajo	26
4. RESULTADOS	27
4.1 Resultados del análisis documental	27
4.1.1 Matriz de referentes internacionales y nacionales	27
4.1.2 Matriz de actores	28
4.1.3 Matriz de estudios previos y protocolos	29
4.2 Resultados de las mesas de trabajo	30
4.2.1 Resultados del análisis de caso individual	30
4.2.2 Resultados del reporte grupal de caso (Ruta de Asistencia)	32
4.2.3 Resultado de servicios u oferta institucional	33
4.3 Desarrollo del concepto	36
4.3.1 Principios del modelo	37
4.3.2 Desarrollo del concepto de protocolo	37
4.3.3 Validación conceptual	37
4.4 Desarrollo del diseño a nivel sistema	38
4.5 Diseño a nivel detalle	39
4.6 Inicio de producción	41
4.7 Validación funcional	41
5. DISCUSIÓN	41
6. AGRADECIMIENTOS	42
6. CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS	43

CAPÍTULO 2. Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta	49
1. INTRODUCCIÓN	50
2. MARCO TEÓRICO	51
3. METODOLOGÍA	52
3.1. Esquema metodológico de las estrategias de eficiencia energética para la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta	52
4. RESULTADOS	53
4.1. Producción de productos cerámicos de construcción en Cúcuta y su área metropolitana	43
4.2. Diagnóstico energético de la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta	56
4.2.1. Consumo de energía eléctrica en la fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana	57
4.2.2. Consumo de energía térmica en la fabricación de productos cerámicos en Cúcuta y su área metropolitana	58
4.2.3. Consumo global de energía en el proceso de producción cerámica en Cúcuta y su área metropolitana	59
4.3. Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica de Cúcuta y su área metropolitana	60
5. DISCUSIÓN	61
6. CONCLUSIONES	63
7. AGRADECIMIENTOS	64
REFERENCIAS	64
CAPÍTULO 3. Evaluación del efecto de un concentrado alimenticio integral en la etapa de levante de la cachama blanca	66
1. INTRODUCCIÓN	67
2. MARCO TEÓRICO	68
2.1 Cultivo de cachama blanca	68
2.1.1 Huevo	69
2.1.2 Larva	69
2.1.3 Alevín	69
2.1.4 Juvenil	69
2.1.5 Adulto	69
2.2 Materias primas para concentrado alimenticio	70
2.2.1 Harina de lenteja	70
2.2.2 Hongo Orellana	70
2.2.3 Alga macrófita	71
3. METODOLOGÍA	71
3.1 Tipo de investigación	71
3.1.1 Nivel de investigación	71
3.1.2 Diseño de investigación	71
3.2 Población y muestra	72
3.3 Materiales y métodos	72
3.3.1 Obtención de la cepa del hongo	72
3.3.2 Resiembra de la cepa	72
3.3.3 Obtención del blanco del micelio o semilla	72

3.3.4 Preparación de los medios de soporte	72
3.3.5 Inoculación de los medios de soporte con el micelio aislado	72
3.3.6 Incubación	72
3.4 Cultivo de setas en sustrato de fibra de palma de aceite	72
3.4.1 Pretratamiento de la fibra de palma de aceite	73
3.4.2 Inoculación de micelio en sustrato	73
3.4.3 Incubación del hongo	73
3.4.4 Cosecha del hongo	73
3.4.5 Lavado y desinfección del hongo	73
3.4.6 Secado y molienda del hongo	73
3.5 Identificación y obtención de alga macrófita	74
3.5.1 Recolección de alga Chara spp	74
3.5.2 Secado y molienda de alga	74
3.6 Obtención de la harina de lenteja	74
3.7 Análisis bromatológico de las muestras	75
3.8 Formulación y elaboración del alimento	75
3.9 Evaluación de la dieta por inclusión suministrada	76
3.9.1 Aclimatación y siembra de los alevines	76
3.9.2 Suministro del alimento y determinación de la ración diaria	76
3.9.3 Determinación de los indicadores de productividad del cultivo	77
4. RESULTADOS	78
4.1 Análisis bromatológico de las materias primas	78
4.2 Efecto de las dietas evaluadas sobre el peso de los animales en estudio	79
4.3 Efecto de las dietas evaluadas sobre la talla de los animales en estudio	79
4.4 Determinación de los indicadores de productividad del cultivo de cachama blanca	79
4.4.1 Análisis de la ganancia de peso en los animales de estudio.	79
4.4.2 Tasa de mortalidad	81
4.4.3 Tasa de conversión alimenticia	81
5. DISCUSIÓN	82
6. CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS	85



Sección 2.

Ingenierías y Administración

CAPÍTULO 4. La programación lineal en los sectores económicos de Norte de Santander: estado actual y potencialidades de uso	89
1. INTRODUCCIÓN	90
2. MARCO TEÓRICO	91
2.1. La investigación de operaciones y la programación lineal	91
2.2 El Norte de Santander y su economía	91
2.3 Las instituciones académicas de educación superior del Norte de Santander	92
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	92
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	94
4.1. La programación lineal en las empresas de la región	94
4.2. Uso de la programación lineal por parte de los profesionales en ingeniería industrial	97
4.3. Conocimiento generado desde las instituciones académicas en relación a la programación lineal	100

4.4. Algunos sectores económicos regionales con potencial para implementar la programación lineal	102
4.4.1 Producción de coque en la región	102
4.4.2 La industria cerámica tradicional	103
4.4.3 El sector de construcción de viviendas	104
4.4.4 Otros sectores	104
5. DISCUSIÓN	104
6. AGRADECIMIENTOS	106
7. CONCLUSIONES	106
REFERENCIAS	107
CAPÍTULO 5. Enfoques y estándares en la dirección de proyectos	109
1. INTRODUCCIÓN	110
2. MARCO TEÓRICO	110
2.1 Definiciones	110
2.1.1 Gestión de proyectos	110
2.1.2 Estándares de gestión de proyectos	110
2.1.3 Proyectos	111
2.1.4 Equipos de trabajo	111
2.1.5 Entregable	111
2.1.6 Ciclo de vida	111
2.2 Definición de cada estándar seleccionado	111
2.2.1 Enfoque en proyectos	111
2.2.2 Enfoque en organizaciones	112
2.2.3 Enfoque en personas	112
3. METODOLOGÍA	112
3.1 Método de estudio de similitud entre modelos y estándares (MSSS)	113
3.2 Adaptación del modelo MSSS	113
4. RESULTADOS	114
4.1 Estándares por enfoque de aplicación	116
4.1.1 Enfoque por proyectos	116
4.1.2 Enfoque por organizaciones	121
4.1.3 Enfoque por personas	122
5. DISCUSIÓN	125
6. CONCLUSIONES	126
REFERENCIAS	127
CAPÍTULO 6. Diseño de Project Management Game Vr (Pmg-Vr) como apoyo al aprendizaje de la guía PMBOK para gerentes de proyectos	129
1. INTRODUCCIÓN	130
2. MARCO TEÓRICO	132
2.1. Evolución de la gestión de proyectos	132
2.1. Evolución histórica del desarrollo de videojuegos	134
2.3. Novedades sobre la guía del PMBOK® séptima edición	137
2.4. Estándares y guías para la gestión de proyectos	138
2.5. Metodologías viables de desarrollo de videojuegos	139
3. METODOLOGÍA	141
4. RESULTADOS	142

4.1. Diseño de Project Management Game Vr (Pmg-Vr)	142
4.2. Desarrollo de Project Management Game Vr (Pmg-Vr)	143
5. DISCUSIÓN	144
6. AGRADECIMIENTOS	145
7. CONCLUSIONES	145
REFERENCIAS	146



Sección 3.

Formación en ingenierías

CAPÍTULO 7. Estrategia curricular en los programas de Ingeniería articulados con la formación para la innovación y emprendimiento	150
--	------------

1. INTRODUCCIÓN	151
2. MARCO TEÓRICO	151
2.1. Diseño curricular	152
2.2. El concepto de competencia	153
2.3 Concepto de innovación	153
2.4 Formación profesional y orientación práctica	154
2.5 Modelos de formación por competencias	155
2.5.1 Modelo Ingles	155
2.5.2 Modelo estadounidense	156
2.5.3 Modelos de desarrollo competencias genéricas	156
2.5.4 Modelo propuesto por Bonnet, Dunne y Carre -1999	156
3. METODOLOGÍA	157
3.1 Tipo de investigación	157
3.2 Diseño de investigación	157
3.3 Población y muestra	158
3.4 Materiales y métodos	158
3.5 Desarrollo de trabajo de campo	158
3.5.1 Diseño del instrumento	158
3.5.2 Análisis e interpretación de datos	159
4. RESULTADOS	161
4.1 Concepciones del diseño curricular desde el perfil profesional	161
4.2 Planificación diseño curricular	162
4.3 Identificación del objeto de estudio	162
4.4 Identificación de requerimientos de egreso a la universidad	164
4.5 Organización del curriculum	164
4.6 Gestión curricular	165
4.6.1 Definición de perfiles profesionales en ingeniería	166
5. DISCUSIÓN	166
6. CONCLUSIONES	167
REFERENCIAS	168

CAPÍTULO 8. Escenarios pedagógicos que aportan al desarrollo e innovación en currículos de ingeniería.	170
---	------------

1. INTRODUCCIÓN	171
2. MARCO TEÓRICO	172
2.1. Antecedentes investigativos	172

2.2. Plano epistemológico	173
2.2.1. Estrategias pedagógicas	173
2.2.2. Currículo educativo (currículo oficial).	174
2.2.3. Programas de ingeniería	174
2.3. Proceso de enseñanza y aprendizaje	174
2.4. Plano gnoseológico	175
2.5 Plano ontológico	176
3. METODOLOGIA	176
4. RESULTADOS	178
4.1. Programas de Ingeniería en las instituciones de educación superior del Norte de Santander	178
4.2. Modelos pedagógicos de las universidades	180
5. DISCUSIÓN	185
6. CONCLUSIONES	187
REFERENCIAS	189

Índice de figuras

Figura 1.1	Pirámide normativa
Figura 1.2	Desarrollo genérico de producto
Figura 1.3	Desarrollo productos de rápida elaboración
Figura 1.4	Fases del producto
Figura 1.5	Planificación del producto. Fase de alistamiento
Figura 1.6	Muestra Intencional grupos del SNCE
Figura 1.7	Instrumento de análisis individual y grupal de Casos
Figura 1.8	Cuestionario de servicios u oferta Institucional
Figura 1.9	Estructura de contenido de protocolos
Figura 1.10	Participaciones por municipio
Figura 1.11	Casos Individuales resueltos
Figura 1.12	Sistematización de caso individual
Figura 1.13	Casos grupales resueltos
Figura 1.14	Sistematización de un caso grupal
Figura 1.15	Sistematización servicios u oferta institucional – Promoción y prevención
Figura 1.16	Sistematización servicios u oferta institucional – Intervención
Figura 1.17	Sistematización servicios u oferta institucional – Control y seguimiento
Figura 1.18	Prestación
Figura 1.19	Interfaz 1 AINSE
Figura 1.20	Interfaz 2 AINSE
Figura 2.1	Fases de planeación energética
Figura 2.2	Esquema de intervención de las industrias cerámicas seleccionadas como objeto de estudio
Figura 2.3	Diagrama esquemático del proceso de fabricación de productos cerámicos utilizado por las empresas de Cúcuta y su área metropolitana
Figura 2.4	Distribución del consumo de energía eléctrica (KWh/mes) del proceso de fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta
Figura 2.5	Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica del proceso de fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana

Figura 2.6	Distribución porcentual del consumo de energía térmica en el proceso de producción cerámica en Cúcuta y su área metropolitana
Figura 3.1	Cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>
Figura 3.2	Muestras de algas flotante (izq.), sumergida (der.)
Figura 3.3	Efecto de las dietas evaluadas sobre el peso de los alevinos
Figura 3.4	Efecto de las dietas evaluadas sobre la talla de los alevinos
Figura 3.5	Parámetros de eficiencia de las dietas evaluadas
Figura 4.1	Principales técnicas de la investigación de operaciones
Figura 4.2	Ha oído hablar de la programación lineal y de sus ventajas para la toma de decisiones
Figura 4.3	Utiliza la Programación Lineal para la toma de decisiones en su empresa
Figura 4.4	Que aspecto considera que es responsable de la baja utilización de la programación lineal en las empresas regionales.
Figura 4.5	Estaría dispuesto a usar la programación lineal una vez conocidas las ventajas que esta puede traer para su empresa
Figura 4.6	Principales campos de aplicación donde los empresarios mostraron más interés
Figura 4.7	Usted ha aplicado la programación lineal en algún momento de su vida profesional (diferente de la academia)
Figura 4.8	Con que frecuencia aplica la programación lineal en su profesión
Figura 4.9	Que aspecto limita el uso de la programación lineal en las instituciones regionales
Figura 4.10	Cuáles son las aplicaciones de la programación lineal que más ha trabajado en su vida profesional
Figura 4.11	Publicaciones asociadas a la programación lineal procedentes de instituciones colombianas
Figura 5.1	Adaptación del modelo MSSS
Figura 5.2	Estándares por enfoque de aplicación
Figura 5.3	Ciclo de vida de Scrum
Figura 6.1	Línea de tiempo de la gestión de proyectos y videojuegos
Figura 6.2	Cambios entre el PMBOK® Guide – 6 y 7 Edición
Figura 6.3	Modelo para la gestión del alcance del prototipo del videojuego educativo
Figura 6.4	Diseño pantalla menú principal y controles del videojuego
Figura 6.5	Casos de uso del videojuego
Figura 6.6	Diagrama de clases y modelado de personajes en Blender
Figura 6.7	Diagrama de GANTT y escenario ProjectGame
Figura 7.1	Actividades en el diseño curricular
Figura 7.2	Innovación y gestión del cambio
Figura 7.3	Innovación y gestión del cambio
Figura 7.4	Competencias
Figura 7.5	Elementos a integrar en el proceso del diseño curricular en ingeniería
Figura 8.1	Visión ontológica de la enseñanza dentro de la carrera de ingeniería.
Figura 8.2	Oferta Académica de las facultades de Ingeniería
Figura 8.3	Deserción académica de los programas de Ingeniería 2010-2015
Figura 8.4	Deserción académica de los programas de Ingeniería 2016-2019
Figura 8.5	Deserción de los programas de la facultad de Ingeniería
Figura 8.6	Red semántica encontrada en la información recolectada.
Figura 8.7	Estructura de transferencia adoptado

Índice de tablas

Tabla 2.1	Distribución geográfica de las industrias objeto de estudio en Cúcuta y su área metropolitana
Tabla 2.2	Tipología de empresas del sector cerámico de Cúcuta y su área metropolitana con base a las etapas de fabricación
Tabla 2.3	Proceso de fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta
Tabla 2.4	Consumo de energía eléctrica en el proceso de fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana
Tabla 2.5	Consumo de energía eléctrica en el proceso de producción cerámica de Cúcuta y su área metropolitana
Tabla 2.6	Demanda global de energía en la producción cerámica en el área metropolitana de Cúcuta
Tabla 2.7	Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta
Tabla 3.1	Formulación de concentrado nutricional
Tabla 3.2	Aporte nutricional de la dieta 3
Tabla 3.3	Análisis proximal de las dietas expresado en base seca
Tabla 3.4	Alimento semanal para Cachama blanca con referencia al peso esperado
Tabla 3.5	Indicadores de productividad del cultivo
Tabla 3.6	Análisis proximal de las materias primas para la formulación de las dietas
Tabla 3.7	Análisis fisicoquímicos de Chara spp
Tabla 3.8	Parámetros de crecimiento y supervivencia de la cachama blanca
Tabla 4.1	Representatividad de cada uno de los sectores económicos utilizados en este trabajo
Tabla 4.2	Representatividad de cada una de las instituciones académicas de la región utilizados en este trabajo
Tabla 4.3	Artículos de investigación realizados por investigadores de instituciones académicas regionales asociados con la programación lineal con información disponible en internet
Tabla 4.4	Trabajos de grado realizados por las instituciones académicas regionales asociados a programación lineal con información disponible en internet
Tabla 5.1	Características de los estándares evaluados
Tabla 5.2	Estándar ISO 21500: Grupo inicio, planificación, implementación
Tabla 5.3	Estándar ISO 21500: Grupo control y cierre
Tabla 5.4	Interesados y áreas de conocimiento del Estándar Guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.5	Grupo de inicio guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.6	Grupo de planificación guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.7	Grupo de ejecución de la guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.8	Grupo de seguimiento y control guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.9	Grupo de cierre guía del PMBOK® del PMI®
Tabla 5.10	Gobernanza del proyecto
Tabla 5.11	Grupo de proceso de planificación
Tabla 5.12	Estándar PRINCE2: Fases pre-proyecto e inicio
Tabla 5.13	Estándar PRINCE2: Fases de entrega subsiguiente y final de entrega
Tabla 5.14	Estándar P2M

Tabla 5.15	Estándar SCRUM
Tabla 5.16	Estándar IPMA-ICB
Tabla 6.1	Cuadro comparativo ISO 21500, PMI, PRINCE 2 y IPMA
Tabla 6.2	Metodologías viables de desarrollo de videojuegos
Tabla 7.1	Áreas de formación vs competencias
Tabla 8.1	Teorías de aplicabilidad para la enseñanza en las carreras de ingeniería
Tabla 8.2	Acoplamiento metodológico



Sección 1.

Gestión, Desarrollo y Competitividad

Capítulo 1. Asistencia Integral en la salud escolar: Modelo para la promoción y prevención en la gestión educativa.

Capítulo 2. Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta.

Capítulo 3. Evaluación del efecto de un concentrado alimenticio integral en la etapa de levante de la cachama blanca.

INTEGRAL ASSISTANCE IN SCHOOL HEALTH: MODEL FOR THE PROMOTION AND PREVENTION IN EDUCATIONAL MANAGEMENT

ASISTENCIA INTEGRAL EN LA SALUD ESCOLAR: MODELO PARA LA PROMOCIÓN Y PREVENCIÓN EN LA GESTIÓN EDUCATIVA

Mag. LF Bohorquez Chacón*, Mag(c). MA Avendaño*,
AE Villamizar**, Mag. MP Rojas Puentes***, Mag. Richard Eliseo Mendoza Gáfar****

***Universidad de Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en desarrollo de Software GISOFT, EUREKA de ingeniería industrial UDES, Cúcuta. Norte de Santander, Colombia.

{le.bohorquez, ma.avendano}@mail.udes.edu.co

** **Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación GIISTA, Medellín, Antioquia, Colombia.

aixa.villamizar@tdea.edu.co.

*****Universidad Francisco de Paula Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación GIDIS, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

pilarrojas@ufps.edu.co

******Universidad de Pamplona**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en Inteligencia de Datos y Computación, Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia

remendozag@unipamplona.edu.co

Abstract: Results are presented in the development of technological product - AINSE - Integral assistance in school health. The integral assistance in school health is conceived as the intersectorial attention, the family and community in the prevention of psychosocial problems and the promotion of healthy life styles in the context of the educational institutions. The project is executed in 4 phases adapting Xp, Spiral methodologies. As a result of the study, a model of integral assistance is obtained, supported by the use of a collaborative web portal focused on the attention to cases of children and adolescents, the design and deployment of multimedia resources with material and attention guides, among other services that become active in health issues for the promotion of communities, which are executed based on the intersectoriality and the strengthening of the regional digital ecosystem, promoters of quality and relevance in education and in the competitive management of the sector.

Keywords: Integral assistance, social networks, school health, integral attention guides, educational management, assistance model, Agile methodology, collaborative work.

Resumen: Se presentan resultados en el desarrollo de producto tecnológico - AINSE -Asistencia integral en salud escolar. La asistencia integral en salud escolar se concibe como la atención intersectorial, la familia y comunidad en la prevención de problemáticas psicosociales y la promoción de estilos de vida sana en el contexto de las instituciones Educativas. El proyecto se ejecuta en 4 fases adaptando metodologías Xp, Espiral. Se obtienen como resultados del estudio, un modelo de Asistencia integral apoyado en el uso de un portal Web Colaborativo centrado en la atención a casos de niños, niñas, y adolescentes, el diseño y despliegue de recursos multimedia con material y guías de atención, entre otros servicios que se tornan en activos en temas de salud para el fomento de las comunidades, los cuales se ejecutan con fundamento en la intersectorialidad y el fortalecimiento del ecosistema digital regional, promotores de calidad y pertinencia en la educación y en la gestión competitiva del sector.

Palabras clave: Asistencia integral, Redes sociales, salud escolar, guías de atención integral, gestión educativa, Modelo de asistencia, Metodología Ágil, Trabajo colaborativo.

1. INTRODUCCIÓN

Se exponen como pilar de las mejoras en calidad y pertinencia del sector educativo, la apropiación de las TIC y el fortalecimiento del ecosistema digital regional, a partir de las acciones ejercidas en el marco del Plan de desarrollo del Departamento Norte de Santander- PDD período 2012- 2015, (Gobernación de Norte de Santander, 2012). Las bases del plan indicaban algunas causas o factores incidentes en calidad y pertinencia de la educación asociados a competencias ciudadanas, resolución de conflictos, y salud escolar (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2016) tales como: (i) Bajo nivel de formación docente, pertinente a las exigencias de política educativa y a la formación y evaluación por competencias y prácticas de aula innovadoras, (ii) Bajo porcentaje (5%) de establecimientos Educativos - EE que evidenciaban el desarrollo de experiencias en la formación de competencias ciudadanas y resolución de conflictos, (iii) La desarticulación del sector educativo y el sector salud. En consecuencia se ejercieron acciones para mejorar la desarticulación entre docentes, padres de familias e institución buscando fortalecer competencias, y habilidades en elecciones de vida sana (Torres, et al., 2019), control de la propia salud y ambientes escolares saludables (Quintero Corzo, et al., 2015).

La atención poco oportuna y apropiada a problemas psicosociales y ambientales (Gomez Cano, 2017) en el ámbito escolar, se podría asociar a la insuficiencia en la capacidad de las comunidades educativas para participar en la planificación, organización, funcionamiento y control de la promoción y prevención como pilares de la estrategia de atención primaria en salud, expuesta en la Ley 1438/2011, de 19 de enero, (Congreso de Colombia, 2011) así como, limitantes de acceso a la comunicación, información y educación, mediante el uso y apropiación de las TIC. Estos factores de incidencia se convierten en motivo de acciones para impulsar el programa de educación “vehículo para el desarrollo” (Gobernación de Norte de Santander, 2012) y el programa de tecnologías de información y comunicación. Al respecto se plantea el desarrollo de aplicaciones innovadoras para el sector educación, con el fin de fomentar capacitaciones y apropiación de las TIC, que permitiera reducir la brecha digital regional.

El portal web colaborativo -AINSE, se desarrolla en el marco del Plan de Tecnología Vive Digital Colombia para el período 2010-2014, como productos del convenio 049 del proyecto Norte de Santander Vive digital Fase II, cuyo propósito es articular la comunidad educativa, el sector salud y personal profesional especializado en diferentes disciplinas en el área de la salud con el fin de brindar una asistencia integral para la promoción de la salud y prevención de la enfermedad en el contexto escolar que brinde información, apoyo técnico y terapéutico dando respuesta a problemáticas ambientales y psicosociales a los miembros de comunidades educativas.

Se espera que el diseño de un modelo de asistencia integral e intersectorial, permita a las comunidades educativas y a los trabajadores del conocimiento unir esfuerzos para acompañar a las instituciones educativas, sistematizar experiencias transferibles a otras comunidades de la región o del país, fortalecer los factores protectores de la salud, la prevención de los factores de riesgo y la vigilancia del estado de los escolares, docentes y comunidad en general; así como proporcionar contenidos digitales, que puedan ser integrados al currículo escolar. El proyecto se desarrolló en cuatro fases que contemplaron las fases del diseño del modelo, el diseño de protocolos y rutas de atención, la construcción del Portal Web soporte al modelo, y la validación del modelo mediante las capacitaciones y atención a casos en instituciones de 5 municipios del Departamento.

Se adopta el concepto de modelo de atención integral de acuerdo al modelo país (Ministerio de salud y Protección Social, 2016) y la Ley 1751/2015, 16 de febrero, (Congreso de Colombia, 2015), bajo la premisa que, en el ambiente escolar, se fortalecen actitudes para el autocuidado, el cuidado de la salud, la

atención preventiva, la promoción en salud y prevención sanitaria del entorno. El fortalecimiento de estas actitudes es una responsabilidad compartida por todos los miembros de una comunidad educativa, así como de otras instituciones de la nación y la tecnología informática se constituye en un activo que puede potenciar los procesos de interacción y aprendizaje deseables, por tanto, es factible crear comunidad virtual para estos fines.

La característica principal de una comunidad virtual es el uso de sistemas computacionales y comunicacionales que soportan y sirven como mediadores de la interacción entre los participantes, y hacen uso de herramientas que median la interacción y uso de bancos de recursos (Bosch, et al., 2018). En este caso, una comunidad virtual que, debe incluir aspectos técnicos específicos del sector salud, educación y organismos de control y vigilancia de la nación, implican varios cuestionamientos tales como: cuál es el propósito de la comunidad, cuáles son los servicios que se desean prestar a la comunidad, cómo se puede prestar el servicio, quienes pueden prestar el servicio, cuando se debe prestar y donde es pertinente el servicio. Estos cuestionamientos se convierten en los objetivos de investigación y desarrollo de AINSE.

Se fundamenta el desarrollo del modelo en el concepto de promoción en salud. La carta de Ottawa de 1986 expresa que la promoción de la salud “consiste en proporcionar a la gente los medios necesarios para mejorar la salud y ejercer un mayor control sobre la misma” (Organización Mundial de la Salud, 1986). Las áreas de acción que propone la Carta de Ottawa son: (i) construcción de políticas públicas saludables, (ii) reorientación de los servicios de salud, (iii) creación de ambientes que favorezcan la salud, (iv) desarrollo de habilidades personales, (v) refuerzo de la acción comunitaria. El diseño del modelo se propone para actuar en función de estas tres últimas acciones; generación de ambientes propicios, fortalecimiento de capacidades individuales para el autocuidado, y fortalecimiento comunitario y trabajo colaborativo. Así mismo se integran tres conceptos: (i) calidad en salud, (ii) red social, e integralidad en salud.

La calidad en salud, asumida desde lo planteado por el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad en las instituciones de salud de Colombia (SOGC), Decreto 1011/2006, 3 de abril. De este documento se adoptan los atributos de seguridad, efectividad, oportunidad y equidad para la conceptualización del modelo. En segundo lugar, el concepto de red social (Ayala P, 2014), desde su concepción de construcción de grupo, red temática y comunidad virtual. De éste se incorpora la necesidad de potenciar la interacción intersectorial para compartir información y aprendizaje en temas específicos; para el caso, se trata de las comunidades de educación, salud y protección a la infancia y adolescencia. Asimismo, tres condiciones indispensables para el funcionamiento del modelo, enmarcadas en la filosofía web 2.0 (Boude Figueredo & Sarmiento, 2016): (i) La interactividad entre personas, (ii) El usuario como protagonista: consumidor y generador de contenidos y (iii) La multidireccionalidad de mensajes: de muchos a muchos.

En cuanto al tercer concepto; Integralidad en Salud; los referentes principales son; la Ley 100/1993, 23 de diciembre y la ley 1122/2007, 09 de enero, donde se plantea una atención que contemple educación, información y fomento de la salud y la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y rehabilitación, en cantidad, oportunidad, calidad y eficiencia. Este enfoque representa para diseño del modelo la inclusión de procesos y actores que coadyuven en los procesos educacionales, informacionales y de diagnóstico, desde el ambiente escolar, como medidas preventivas de atención y promoción.

El capítulo describe el desarrollo del producto tecnológico Modelo de Asistencia, la ruta metodológica en su construcción, los resultados del trabajo de campo y del trabajo colaborativo con actores de la comunidad educativa, expertos y comunidades de atención a la infancia y la adolescencia en 5 municipios de Departamento Norte de Santander, con el fin de comunicar experiencias exitosas en los procesos de Innovación y Desarrollo Tecnológico para la gestión y la competitividad del sector educativo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La salud y acción de promoción intersectorial

La salud se define como el “bienestar físico mental y social del individuo y no sólo la ausencia de afecciones o enfermedad” (Organización Mundial de la Salud, 2014); por lo cual la intervención en salud hace referencia a todo esfuerzo que tiene como objeto promover buenos comportamientos relacionados con la salud y prevenir malos comportamientos que faciliten la presencia de la enfermedad. Desde 1978, la declaración de Alma Alta (Tejada de Rivero, 2018), resalta la importancia de la acción intersectorial, la promoción y protección de la salud de la población, su participación individual y colectiva en la proyección e implementación de su atención sanitaria. La atención primaria en salud – APS, es atención sanitaria esencial, fundada en la práctica, la evidencia científica, métodos y tecnologías socialmente reconocidas, viables y sostenibles, para lograr espíritu de autodependencia y autodeterminación. Finalmente se plantea que, aproximar esta atención; lo máximo posible, al lugar donde las personas viven y trabajan, es el primer elemento del proceso de una atención sanitaria continuada.

En el informe sobre salud en el mundo emanado por la (Organización Mundial de la Salud, 2008), la comunidad internacional confirma su compromiso con la salud planteando como características rectoras de un liderazgo integrador, incluyente, participante y con procesos de comunicación modernos y efectivos; los cambios en pro de la cobertura universal, la prestación de los servicios en base a la APS, cambios en las políticas públicas y un liderazgo político (Organización Mundial de la Salud, 2008). Bajo este marco orientador, El Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014, (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2011) incorpora las directrices internacionales y sienta las bases para comprender la relación entre crecimiento económico sostenible y desarrollo social integral, entre igualdad de oportunidades y prosperidad social; “Una población sana, educada, trabajando y en paz es una población más productiva y con mayor bienestar”. En consecuencia, establece que todos los esfuerzos realizados en las regiones aportan al país procesos de mejoramiento continuo en las dimensiones poblacional, sectorial y territorial.

Cobijados en este marco internacional y nacional, el Plan de Desarrollo Departamental 2012 - 2015, plantea un desarrollo sostenible de la región, fundamentado en la integralidad y transversalidad, por tanto, establece el componente de Ciencia, Tecnología e Innovación, transversal en planes, políticas, estrategias, programas, proyectos y presupuestos en todos los sectores, como insumo básico para la competitividad y la productividad del Departamento, mediante la articulación de capacidades para la generación y uso del conocimiento en la academia, la empresa, el gobierno y el sector social y solidario. (Gobernación de Norte de Santander, 2012). Así mismo, plantea los programas de salud, hacia la oportunidad, participación y cultura saludable, y los de educación, hacia la eficiencia, calidad y pertinencia.

2.2 Ambientes escolares saludables

Lo anterior conlleva a comprender y vincular en el estudio, las características de los ambientes escolares y su relación con el aprendizaje, el bienestar, la salud de los estudiantes y la disminución de índices de absentismo. (Quintero Corzo, et al., 2015, p. 2) afirma que estilos investigativos como la etnografía, la ecología del aula, la etnografía virtual, el interaccionismo simbólico cimentados en el paradigma cualitativo comprensivo de las ciencias sociales, amplían el abordaje del campo pedagógico hacia la comprensión de las realidades que circundan el aula escolar, produciendo conocimiento útil, con pertinencia social y educativa. Por tanto el ambiente implica la dinámica generada de la población humana, el entorno

geográfico, las interacciones entre ambos, y las formas como éstos afectan y condiciona la calidad de vida de la sociedad; personas y sus diferentes maneras de organización, cultura, ciencia, tecnología. En consecuencia, el ambiente escolar saludable, implica a la comunidad educativa, la búsqueda de la formación integral hacia una interacción sana y miradas interdisciplinarias. Aunque las intervenciones en salud corresponden a los profesionales especializados; médicos, enfermeras, psicólogos, terapeutas, entre otros, el docente tiene una contribución importante en la construcción de ambientes escolares saludables.

En relación a la salud escolar y la disminución de índices de absentismo, la aplicación de estrategias de interacción se plantea con agentes del sector educativo, develan el involucramiento de centros de salud, servicios sociales, policía, fiscalía y Juzgados de Menores, entre otras instituciones (Rio Ruiz, 2011) . Aunque existen protocolos normatizados, se propone ordenación y multiplicación de los canales y ámbitos de coordinación entre instituciones y los establecimientos educativos, con el fin de concientizarse en la corresponsabilidad, no solo de las tareas de prevención, registro, detección, solución, vigilancia, diagnóstico y denuncia de los casos de abstención, sino también en los procesos de negociación que conlleva el manejo de un ambiente tan dinámico, y sobre todo de las circunstancias que rodean los problemas de absentismo.

El enfoque de escuelas promotoras de la salud liderado por la Organización Panamericana de la Salud en 1995, (Organización Panamericana de la Salud, 2003) es referente fundamental de una estrategia que facilita la promoción y la educación para la salud con enfoque integral en el ámbito escolar. La iniciativa promueve la articulación y movilización multisectorial de recursos regionales, subregionales y nacionales para crear condiciones de aprendizaje y desarrollo humano integral, mejorar la calidad de vida y el bienestar colectivo las comunidades educativas. La estrategia se adoptó en Colombia, con el nombre de “Escuela Saludable”, la Alegría de Vivir en Paz” (Ministerio de Salud, 1999). En consecuencia, el Ministerio de la Protección Social (actual Ministerio de Salud y Protección Social), hacia el 2006, “aunó esfuerzos con otros ministerios y creó los Lineamientos Nacionales para la aplicación y desarrollo de la estrategia de entornos saludables: Escuela saludable y vivienda saludable, originándose un segundo momento para la política pública de entornos saludables y teniendo como horizonte el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Campos, et al., 2012).

2.3 Protocolos – Guías de atención en salud

Tras las iniciativas de convivencia y salud escolar que tanto la OMS y la OPS plantean para ser aplicadas en los diferentes países, se evidencia la necesidad de documentos que apoyen dichas iniciativas. Los protocolos o guías se establecen como elementos esenciales que permiten instrumentos que se ajusten de manera crítica y reflexiva, a los diferentes contextos en los cuales se diseñan y aplican (Aponte Rivera, et al., 2015). Estos son susceptibles a ser elaborados de acuerdo al contexto y a la necesidad de cada institución educativa, es por ello que, para Colombia se enmarcan en los parámetros y procedimientos contenidos en la ley 1620/2013, lo que facilita a las instituciones educativas tanto privadas como públicas el desarrollo de competencias orientadas al mejoramiento del clima escolar, partiendo de la convivencia y el ser ciudadano. En este sentido, la acción de los protocolos, debe estar acompañada de la externalización de responsabilidades a todos los agentes del proceso educativo y por ende a la forma como estos comprenden la norma y sus alcances (Rio Ruiz, 2011, p. 62), esta debe ser aplicada más allá de la eficacia; en términos del logro del objetivo por el cual fue planteada y normalizada y el cumplimiento de las normativas vigentes, como una herramienta que puede adaptarse frente a las interdependencias sociales, dadas los condicionantes o variables que surjan de las reacciones de los actores que intervienen.

2.4 Gestión y competitividad del sector educativo

Lo anterior implica que las instituciones educativas de todo nivel, se planteen procesos constantes de mejoramiento, contemplados por el Ministerio de Educación respecto a la calidad educativa. Esto exige de cada institución comprender la competitividad como la utilización eficiente de estrategias no solo académicas, sino tecnológicas, de gestión de información y gestión de comunicación, (Santos Virgen, et al., 2010) lo que implica cambios direccionados hacia la reorganización de la tarea social de la academia, esto permite la diversificación en la educación con una interacción diferente, en el aprendizaje es decir, que los aspectos sociales y educativos, tengan acciones conjuntas, las cuales no siempre están articuladas con los actores que permiten que la competitividad sea manifiesta.

En este sentido, (Cuellar Medina & Fajardo, 2016), plantean que las instituciones deben mantener un ámbito de comunicación ágil y constante con los entes que permiten la regulación de los procesos educativos y de salud dadas los constantes hallazgos de problemáticas que incluyen a todos los actores del proceso educativo; familia, estudiantes, docentes, administrativos y entes gubernamentales de control y seguimiento a nivel de salud mental y física de niños y adolescentes. Estas demandas emergentes del entorno requieren una gestión a nivel educacional y administrativa que generen un desarrollo organizacional, (Garbanzo Vargas & Guiselle M, 2020) enfocándose inicialmente en el capital humano, el cual, permite la coordinación de acciones y el diseño de tácticas que se ejecutan encaminando a las instituciones educativas, convirtiéndolas en organizaciones inteligentes con capacidades reactivas o anticipatorias y continuas en su hacer.

2.5 Activos en salud y salud positiva

“El enfoque de activos en las políticas de salud pública, investigación y práctica, pretende apoyar a los individuos, las comunidades y las organizaciones para la adquisición de habilidades y competencias que maximicen las oportunidades de salud y bienestar” (Morgan & Ziglio, 2007). El modelo de activos se fundamenta en el enfoque de salud positiva (Antonovsky, 1996). En este modelo priman las siguientes orientaciones: Priorizar las bases teóricas del enfoque positivista del bienestar, Involucrar a las personas y las comunidades locales de manera efectiva y apropiada para el beneficio de la salud, Conectar al individuo con la comunidad y la sociedad en general, Trabajo multiprofesional y multidisciplinario centrado en la toma de decisiones((Morgan, 2014)).

Asumiendo este enfoque, se han hecho estudio para comprender y descomponer en sus elementos el Modelo de Activos en Salud (MAS) de algunos miembros de una comunidad educativa, identificando entre los recursos de salud positiva: Recursos Individuales, Recursos Comunitarios, y Recursos Organizativos. Entre estos se plantean: La información accesible, resiliencia, redes de apoyo, entorno saludable, iniciativas proactivas de salud, mecanismos de participación, políticas de promoción de salud, redes intersectoriales, programas y estrategias institucionales. (Sáenz Mendía, et al., 2016). A nivel de desarrollo del modelo en intervenciones locales se identifican la incorporación de proyectos de corte comunitario en los cuales se sistematizan las experiencias de la comunidad educativa y los diferentes actores que participan en ello. Estas acciones generan procesos de evaluación y seguimiento a través de alianzas de diferentes instituciones gubernamentales y privadas para el trabajo de intervención social con perspectiva de salud positiva (Cofiño Rafael, et al., 2016). En este sentido, las instituciones educativas tienen el reto de plantear modelos o programas que fortalezcan la salud escolar, en especial, aquellos orientados a unir esfuerzos con la disposición de atender las necesidades de niños y adolescentes e involucrar directamente a las familias como factor de apoyo a la función docente.

2.6 Servicios de salud escolar

Los servicios de salud escolar, son una estrategia base para la atención primaria en salud de Europa, “se enfoca en la prestación de un servicio a niños, niñas y adolescentes, mediante acuerdos formales entre la institución educativa y un proveedor de servicio. se enfoca en promover y proteger la salud y el bienestar, el diagnóstico temprano, la prevención y el control de enfermedades de los alumnos” (Jansen, et al., 2019) . Implementar un modelo de atención para promover la salud escolar, requiere que las instituciones ofrezcan infraestructura para la gestión de la calidad en la atención, esto se logra a través de la interacción colaborativa, de la salud, ámbitos regionales los cuales generan conjuntos de normas buscando el principio de eficacia; entendiendo esto como el diseño de estrategias que garanticen el cumplimiento de objetivos, fines y metas, bajo procesos de planeación, evaluación y seguimiento.

El análisis teórico en la promoción de la salud, y efectividad de proyectos de promoción y educación para la salud realizados en centros educativos con respaldo político e Institucional (Rodríguez Torres, et al., 2017) identifican cambios de cultura y comportamientos organizacionales que se generan a partir de líneas de intervención diversas. Se identifican las siguientes líneas de intervención: (i) Prevención de hábitos tóxicos; consumo de bebidas alcohólicas y sustancias tóxicas. (ii) Estilos de vida saludable; promoción de alimentación saludable y la actividad física. (iii) Autocuidado y Accidentalidad; higiene corporal, salud bucodental, higiene del sueño, higiene postural, foto- protección, educación vial y seguridad en el hogar. (iv) Educar emociones. manejo de depresión, baja autoestima, ira y otras que a su vez influyen negativamente en el rendimiento escolar o relaciones personales y sociales mejora la autoconciencia y la confianza en uno mismo, ayuda a dominar las emociones y conductas impulsivas, y aumenta la empatía y colaboración entre los alumnos. (v) uso de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC); tecnología interactiva para la promoción de la salud y fortalecimiento de la capacidad para utilizar herramientas y fuentes digitales en el reconocimiento, acceso, gestión y evaluación de material en la construcción de conocimiento autónomo den salud.

2.7 Leyes, decretos, resoluciones, estrategias, acciones, lineamientos y planes

El Modelo de Atención Integral, se sustenta en la constitución política, el marco de constitucional, Leyes, decretos y resoluciones de acuerdo a la jerarquía normativa de la Figura 1.1. Pirámide normativa del modelo.



Figura 1.1 Pirámide normativa
Fuente: Elaboración propia

No obstante también se soporta en políticas, estrategias, acciones, lineamientos y planes ministeriales, que constituyen la base de la Pirámide; Plan Nacional de Desarrollo 2012 – 2021, Lineamientos de relación entre APS y SP, lineamientos nacionales para la aplicación y el desarrollo de las estrategias en estilos de vida saludables, escuela saludable y vivienda saludable (2006), Niños, niñas y adolescentes nortesantandereanos en ambientes sanos y en paz (2007), Estrategias de atención integral a la primera infancia, fundamentos políticos, técnicos y de gestión (2013).

2.8 Producto tecnológico

Un Producto tecnológico es un resultado derivado de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico el cual de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 5800 (NTC 5800): “Gestión de la Innovación. Terminología y definiciones de las actividades de Innovación” y según la adaptación de (COLCIENCIAS, 2018), se entiende como la aplicación de los resultados de la investigación para la fabricación de nuevos materiales, productos, diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o prestación de servicios.

Los productos tecnológicos dan cuenta de la generación de ideas, métodos y herramientas que impactan el desarrollo económico y generan transformaciones en la sociedad, los cuales están enfocados en la solución de problemas sociales, técnicos y económicos (COLCIENCIAS, 2018).

3. METODOLOGÍA

El desarrollo del producto tecnológico – PT, se realiza en correspondencia a las fases genéricas de producción planteadas por (Ulrich & Eppinger, 2013). Por lo tanto, contempla las fases de planeación, desarrollo del concepto, diseño en el nivel del sistema, diseño de detalle, pruebas y refinamiento e inicio de producción, cada una de ellas seguida de un control y verificación, que determinan las condiciones en las que debe continuar el proyecto. Ver Figura 1.2. Desarrollo genérico de producto. En el caso del desarrollo del Modelo de asistencia - AINSE, este corresponde a productos de rápida elaboración, requieren desarrollo ágil y centrados en el usuario; por lo tanto, el ciclo de diseño/construcción/prueba se debe repetir o iterar varias veces, eso hace que tras cada iteración el proceso sea más ágil, sensible y flexible, lo que permite un proceso de desarrollo del producto en espiral, ver Figura 1.3. Desarrollo de productos de rápida elaboración. Por tanto, se adopta la Metodología XP “Programación Extrema” y modelo de ciclo de vida espiral.



Figura 1.2 Desarrollo genérico de producto

Fuente: Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*

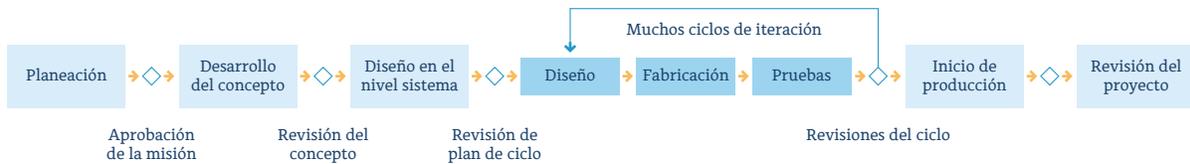


Figura 1.3 Desarrollo productos de rápida elaboración
Fuente: Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*

El Modelo AINSE, Se desarrolla en cuatro fases: Diseño del modelo, Construcción, Construcción de protocolos y capacitación, ver figura 1.3. Ciclo de Vida del Producto. Ver figura 1.4. Fases del Producto. Las tres primeras corresponden a la metodología XP, en dos iteraciones, con dos ciclos de realimentación, generando el documento diseño del modelo, protocolos de atención, y desarrollo Web. La cuarta Fase obedece a pruebas y refinamientos e inicio de producción.

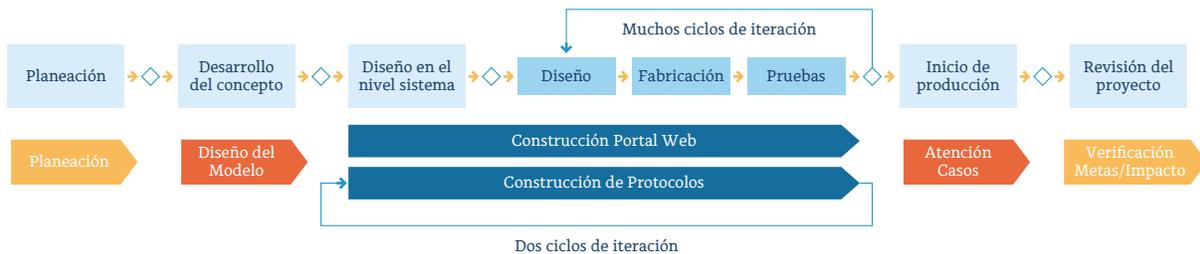
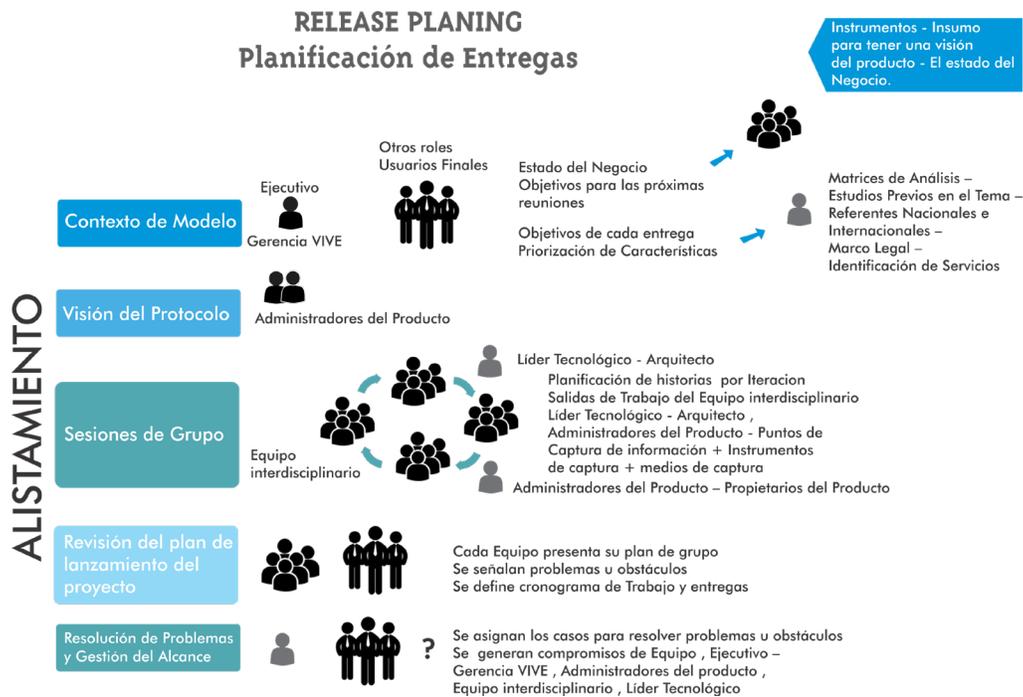


Figura 1.4 Fases del Producto
Fuente: Elaboración propia

La Programación Extrema – XP, se considera una disciplina, fundamentada por valores y principios característicos de las metodologías ágiles, teniendo sus pilares basados en: comunicación, simplicidad, retroalimentación, coraje. Lo anterior debido a la necesidad de lograr resultados óptimos y rápidos, establecidos por los tiempos de desarrollo planteados por un contrato, lo que obliga al equipo de desarrollo a encontrar herramientas y metodologías que permitan optimizar el proceso de creación del producto “Software”. Asimismo, el trabajo en equipo, apoyo y colaboración, auto-organización alrededor de un problema para resolverlo lo más eficientemente posible. Basado en los valores de la metodología, se plantean las prácticas de desarrollo para los programadores: Desarrollo dirigido por pruebas, La planificación, Cliente en sitio, Programación en parejas. Entregas pequeñas, refactorización e integración continua del código, diseño simple, uso de metáforas del sistema, propiedad colectiva del código, convenciones de código.

La Fase de planificación, permiten a los investigadores y desarrolladores, establecer una ruta de trabajo. Ver Figura 1.5. Planificación del Producto. Fase de alistamiento.



3.2 Población y muestra

Fundamentada en el concepto de población de (Hernandez Sampieri, et al., 2014), La población está constituida por 57 instituciones educativas de carácter público de la ciudad de Cúcuta, dos centros educativos y tres megacolegios, con 230 subsedes donde se presta educación pública. A nivel departamental la población la conforman 34 instituciones de educación media y básica distribuidas en 5 Municipios; Chinácota, Pamplona, Los Patios, El Zulia, Villa del Rosario. La población incluye a toda la comunidad educativa y todos los actores que según la ley 1620, hacen parte de entidades del sistema nacional de convivencia escolar y formación para los derechos humanos - SNCE. La muestra es no probabilística e intencional. Al tener una población tan amplia, la muestra es intencional de acuerdo a los siguientes criterios de inclusión establecidos: Instituciones Educativas Públicas priorizadas por la Secretaria de Educación Departamental, Secretaria de Educación Municipal y Secretaria de TIC, personal profesional y especializado en atención de problemáticas psicosociales, ambientales y biológicas, y representantes de instituciones del SNCE, que deseen participar voluntariamente en el desarrollo del concepto. Ver Figura 1.6. Muestra intencional grupos del SNCE.



Descripción del Participante	Cantidad
Instituciones Educativas Públicas priorizados	30
Miembros de la Comunidad Educativa	100
Estudiantes de los colegios	30
Personal profesional y especializado en atención de problemáticas psicosociales, ambientales y biológicas	12
Representantes de instituciones del SNCE	30

Figura 1.6 Muestra Intencional grupos del SNCE

Fuente: Elaboración propia

3.3 Técnicas de recolección y análisis de la información

3.3.1 Análisis documental

La finalidad es establecer las bases teóricas y prácticas del modelo de asistencia. Incluye la revisión de más de 30 documentos normativos, referentes nacionales e internacionales, protocolos y guías de atención en problemáticas de atención psicosocial, cuyos criterios de inclusión son estudios diagnósticos, estudios descriptivos, explicativos, revisiones teóricas, modelos del uso y efectividad de atención en el

ámbito escolar. No se define un rango o periodo de vigencia dada la complejidad del tema y la necesidad de identificar buenas prácticas de todas las experiencias documentadas. La revisión se da en tres niveles, a nivel exploratorio, analítico y crítico. Finalmente se utilizan matrices de análisis documental como instrumento para la organización y síntesis de la revisión. Se establecen para el análisis horizontal de los campos de la matriz; (i) El tipo de fuente, (ii) La utilidad para el desarrollo del modelo, servicio potencial para el modelo, actores, aliados potenciales, protocolos, así como, el manejo de problemáticas psicosociales y los fundamentos legales. A continuación, se detallan la utilidad de cada una de las matrices con las variables de interés en ellas.

Matriz de Análisis de Fundamentos Legales, MAFL. Compilación y análisis de los requisitos normativos legales vigentes; normas, leyes y decretos, cuyas disposiciones y acciones son relevante para el modelo de atención, así como la identificación de destinatarios de la ley.

Matriz de Análisis de Referentes Nacionales e Internacionales, MARI – MARN. Identificación de diferentes fuentes; potenciales servicios para el modelo, aliados en el proceso de asistencia, protocolos, estructura y actores de los protocolos asociados a los modelos de existentes. En línea con lo anterior, esta herramienta analítica, contempla como referentes entidades de salud y educación de diferentes países. Son variables de interés la descripción del documento, el tipo de la referencia; especificando si es un diagnóstico, si es un estudio descriptivo, explicativo, una revisión teórica, un modelo u otro tipo de documento, los potenciales servicios para el modelo de salud. Se identifica que el contenido del documento que se asume como referente aporta o devela algunos servicios potenciales que contribuya al modelo, su descripción y los actores que puedan establecerse como aliados estratégicos, siendo de interés el tipo de actor: operador - administrador del Sistema/ Consultor/de apoyo terapéutico - intervención /usuario - beneficiario / otro. Finalmente, otra variable de interés es la existencia de protocolos, su estructura y población objeto, los cuales aportan lineamientos técnicos detallados y secuenciales para la orientación de la comunidad académica en la prevención, atención y resolución de problemáticas específicas.

Matriz de Actores. Identificación de los diversos actores asociados a la atención de problemáticas psicosociales, ambientales y biológicos, para establecer el potencial de oferta de servicios para el modelo de atención, uso de protocolos y su vinculación en rutas de atención escolar.

Matriz de estudios previos. Matriz en donde se condensan los estudios previos de las diferentes problemáticas que van a ser tratadas en el contexto del Modelo de Atención Integral, se estudian las siguientes temáticas: trastornos del comportamiento, disfunción familiar, desempeño escolar, bullying, infección respiratoria aguda, manipulación de alimentos y parasitosis. Son variables de interés para la matriz, las mismas variables contempladas para la matriz MARI - MARN. Adicionalmente se analizan los ejes temáticos y la situación puntualmente tratada, dado que muchos de los estudios previos corresponden investigaciones realizadas en ámbitos del área de salud, comportamiento y saneamiento.

Matriz de análisis de protocolos. Los protocolos y guías de atención son instrumentos que contienen lineamientos técnicos detallados y secuenciales para la orientación de la comunidad académica en la prevención, atención y resolución de problemáticas específicas, dadas por factores internos y externos que influyen en el comportamiento de los escolares y por ende en su salud. Las guías de atención integral en salud escolar o protocolos, son lineamientos técnicos, planes escritos y detallados acordados entre profesionales expertos en un determinado tema, en el cual se han clarificado las actividades a realizar para la intervención de diferentes problemáticas que se puedan presentar en una comunidad escolar, en el marco de situaciones a nivel psicosocial o ambiental, orientan en la toma de decisiones para que en la resolución de dicha problemática se actúe de forma similar.

Son variables de interés de la matriz de protocolos; autor, país, relevancia o utilidad práctica para el modelo, situación problemática atendida por el modelo; desempeño escolar, bullying, parasitosis intestinal, seguridad alimentaria, manipulación de alimentos, calidad de agua, disfunción familiar e infección respiratoria aguda. Adicionalmente, estado/nivel de validez del protocolo, actores o usuarios del protocolo, tipos de usuario y actores, componentes del protocolo, tipos del protocolo; de diagnóstico, seguimiento, reporte, atención o apoyo terapéutico, intervención y cierre.

3.3.2 Historias de usuario

Son descripciones cortas de los requerimientos de un usuario o cliente. Es un elemento que hace parte de los entornos de desarrollo ágil, permite documentar la elicitación de requisitos. Las historias de usuario, permiten la recolección de información de participantes en varias iteraciones, mediante la redacción en frases cortas con terminología no técnica necesariamente, del conocimiento directo de situaciones por parte del usuario o cliente. Por otro lado, se expresan de forma no gráfica, y se puede orientar a una metodología específica (Serna M & Hernán Suaza., 2016). En el desarrollo del concepto del modelo permiten recolectar las historias asociadas al comportamiento de los participantes de instituciones educativas y actores del SNCE frente a la atención de casos que comprometan la salud escolar, el conocimiento de expertos en diferentes problemáticas y las formas como operan las ofertas institucionales de diferentes actores regionales. En el estudio son el insumo para establecer la funcionalidad del modelo. Se asumen las historias de usuario como el instrumento para documentar la forma en que los Actores del SNCE abordan la atención de casos tanto a nivel individual como en Red. Las historias se recolectan a partir de la interacción directa con un equipo interdisciplinario compuesto por 12 profesionales, y el desarrollo de 4 mesas de trabajo con 88 actores.

3.3.3 Mesas de trabajo

Las mesas de trabajo permiten que cada actor pueda de manera participativa, coordinada y eficiente, compartir y aportar sus ideas a través de su propia experiencia y visión del tema que se está tratando. Las mesas de trabajo son importantes para el desarrollo del modelo, en la medida que son el insumo de las historias de usuario colectivas en la atención a casos, la percepción del usuario frente a los servicios del modelo en la plataforma Web, y la oferta institucional. Se convierten en un espacio de interacción de los diferentes actores que actúan en el proceso de desarrollo del Modelo de Asistencia.

Es por ello que se requieren técnicas que permitan a los involucrados en el proceso generen ideas y conocimiento desde la experiencia o desde la construcción colectiva. En el caso del desarrollo del modelo de asistencia, se utiliza el pensamiento de diseño como técnica de manejo de involucrados, ya que estimula los procesos cognitivos, prácticos y la reflexión a partir de los diferentes contextos en los cuales se desarrollará el modelo de asistencia. Lo primero que establece la metodología de pensamiento de diseño, es la empatía, la misma que permite que los diferentes actores y participantes de las mesas de trabajo se coloquen en el lugar de los usuarios individuales, grupales, así como la oferta institucional.

Al entrar en la fase de ideación, se utiliza una estrategia visual y lúdica que permite la explicación de procesos complejos de manera ágil y sencilla, esta estrategia es la infografía, elemento de recolección de información en espacios colectivos de creación. En el caso de las infografías utilizadas en el desarrollo del modelo, se diseñan conforme al marco de la ley 1620 de 2013, la cual, permite la creación del Sistema Nacional de convivencia escolar y formación para el ejercicio de los derechos humanos, sexuales y reproductivos y la prevención y mitigación de la violencia escolar.

3.3.3.1 Instrumentos de recolección de información en mesas de trabajo

Infografía de análisis de caso individual. Este instrumento cuenta con una estructura que permite al actor analizar diferentes casos referentes a las problemáticas de estudio en el desarrollo del modelo de asistencia, a través de los siguientes interrogantes, ¿qué puedo hacer?, ¿cómo lo puedo hacer? y ¿con quién lo puedo hacer?. Es por ello que representa el punto de entrada para la actividad grupal en mesas de trabajo.

Infografía de reporte grupal de caso. En este instrumento, llamado Ruta de Asistencia, los grupos de actores describieron la ruta a seguir según la problemática que fue seleccionada en el análisis de caso individual, a partir de las problemáticas de estudio, Bullying, Infección respiratoria aguda - IRA, disfunción familiar y parasitosis intestinal. La Figura 1.7 muestra los instrumentos del análisis individual y grupal de casos.

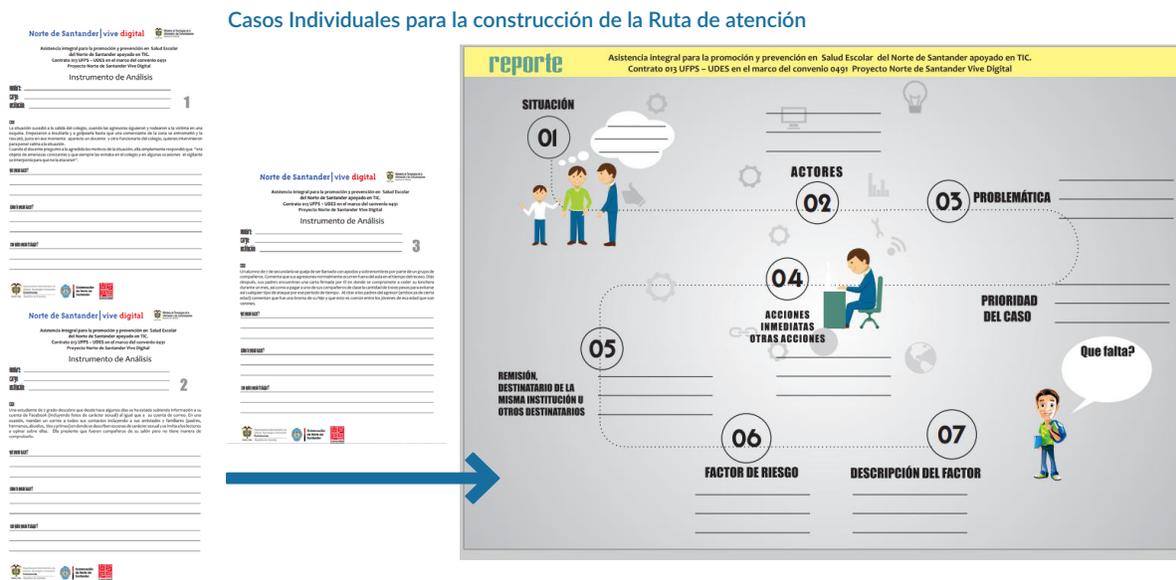


Figura 1.7 Instrumento de análisis individual y grupal de casos
Fuente: Elaboración propia

La Ruta de análisis grupal de la atención del caso, inicia con la definición de los actores que participarán. En el trabajo colectivo se define la problemática de acuerdo a la situación seleccionada y la prioridad del caso, se establecen las acciones inmediatas, se toman decisiones en cuanto la necesidad de hacer remisiones o transferencias de la atención del caso a otra institución, se define el destinatario dentro de la misma institución u otros destinatarios si es el caso. Se establecen los factores de riesgo, describiéndolo como parte del proceso, finalmente, el equipo se debe cuestionar respecto a ¿qué hace falta? y plasmarlo en la infografía.

Cuestionario de servicios u oferta institucional. El instrumento recolecta la oferta institucional de las entidades o instituciones de las cuales provienen los diferentes actores participantes en el proceso. Se requiere identificar los elementos, la acción y tema que permiten la intervención de las entidades en el modelo, así como, la definición del rol de cada actor en la gestión específica del modelo: administrador, operador, consultor, apoyo terapéutico o beneficiario. Es por ello que se deben tener claras las acciones de promoción y prevención, intervención y todo lo que tiene que ver con el control y seguimiento. La Figura 1.8 muestra el instrumento utilizado para recolectar la oferta Institucional.

redes, hábitos de vida y entorno familiar saludable, Consulta para enfermedades agudas y transmisibles y enfermedades crónicas, Clasificación de la agudeza, Gestión de Casos, Ambiente escolar saludable, acciones de información, acciones de educación, acciones de comunicación en salud, construcción de políticas saludables, participación social y comunitaria, articulación con seguridad social, nutrición saludable, estado físico saludable y desarrollo de habilidades para manejo de emociones, articulación con atención médica preventiva, cuidado en el hogar, resolución de conflictos, diálogo y negociación, factores Preventivos de violencia, instrumentos de convivencia armónica, articulación de recursos institucionales, Salud comunitaria, Formación de habilidades para la vida, Programas Transversales escolares, Salud sexual y reproductiva, fortalecimiento de conciencia, lenguaje y visión de mundo

Categorías de protocolos o guías de atención. Guías de actividad física, hábitos alimentarios, guías de atención y seguimiento de comedor escolar, guías de manejo sobre obesidad infantil, guías de actividad física, guía para la elaboración de menús, guía de actividades gastronómicas, protocolos de enfermedad y protocolos de suministro de medicamentos, protocolos diagnósticos, Estándares de práctica, salud estándar mínimos, orientaciones pedagógicas para promoción de estilos de vida saludable, guías de intervención estrategia AIEPI, rutas de atención escolar ley 1620/2013, guías de atención en violencia.

Categoría aliados estratégicos. Secretarías de salud. Programa Perseo - promoción de la alimentación y la actividad física saludables en el ámbito escolar, Ministerios de Salud, Recreación Cultura y Deporte, Agencias de educación, Ministerio de Educación, Fundación Fe y Alegría, Instituto PROINAPSA – UIS, OMS/OPS Colombia, UNICEF Colombia, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF, Comités y juntas estatales.

Categoría actores en protocolos. Estudiantes, comunidad educativa. padres, docentes, enfermeras escolares, familia, profesionales sanitarios de atención primaria.

Se identifican en Rusia, Puerto Rico, Chile, Argentina, España, México y El Salvador, Holanda, el mayor número de referentes en cuanto a programas, y estrategias de salud escolar.

4.1.2 Matriz de Actores

Categorías de actores regionales asociados a la atención de problemáticas psicosociales, ambientales y biológicas. Secretarías de salud, redes de escuela sin violencia, Instituto departamental de salud, juzgados de familia, Curia Diocesana, Pastoral Social de la Diócesis de Cúcuta – COSPAS, Programa de Alimentación Escolar PAE, Laboratorio de ensayos de Aguas Kpital - Cúcuta, Centro Especializado Protección al Adolescente – CESPAS, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, Centros de Atención e Investigación Integral a Víctimas de Delitos Sexuales – CAIVAS, Área de Prevención y Educación Ciudadana. Frentes de Seguridad Local – Policía Nacional

Categorías en la oferta de servicio de los aliados. Vigilancia de la calidad del agua potable, veeduría de programas de promoción, asesoría psicológica, vigilancia nutricional, manejo de violencia intrafamiliar, Intervención en protección de niños, niñas y adolescentes, protocolos de atención y prevención salud, atención infancia y adolescencia, manejo de problemáticas a nivel de restaurante de alimentación escolar,

Categorías en cuanto el uso de protocolos. Se encuentran protocolos de vigilancia nutricional para el uso de atención de personal de salud, protocolos de diagnóstico, atención y seguimiento dirigido a personal de salud y personal comunitario, protocolo de seguimiento para vigilancia de la calidad del agua orientado a los coordinadores de área.

4.1.3 Matriz de estudios previos y protocolos

La matriz de estudios previos en problemáticas de interés para el estudio, develan las temáticas puntuales de la atención, el contexto donde se aplican, y los ámbitos de intervención; salud, comportamiento y saneamiento, validez del protocolo y estructura.

El análisis devela la atención de varios tipos de violencia; sexual, maltrato infantil, contra la mujer, conflictos escolares; de convivencia, acoso escolar, disrupción, matonismo, acoso escolar, anti bullying, bullying. En tal sentido se utilizan guías para el mejoramiento de la calidad del servicio que prestan a los estudiantes, la guía pedagógica para la convivencia escolar guía 49 (República de Colombia, Ministerio de Educación Nacional, 2013), Estrategias de manejo conductual en el aula (Barrera Poblete & Valencia Flores, 2008), Inteligencia Emocional (Alcaldía de Medellín, s.f.), Habilidades sociales en niños y niñas con discapacidad intelectual (Ramos, 2011), Propuesta de modelo estructural de influencia de las variables que conforman la convivencia escolar (Ortega Ruiz, et al., 2013), Plan PREVI, Fomento de la convivencia escolar (Félix Mateo, et al., 2008).

En el tema de infección respiratoria aguda y las acciones referentes a la prevención y atención en el contexto comunitario, son de gran importancia las guías de la Estrategia de Atención Integrada a las Enfermedades Prevalentes de la Infancia (AIEPI) del componente comunitario, especialmente la guía para maestros en su escuela (Ministerio de Protección Social, 2010), el protocolo cómo lavarse las manos (Fisterra, 2010), El esquema nacional de vacunación (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013), Esquema de atención “los primeros mil días de vida” (Comisión Intersectorial De Cero a Siempre, 2012), Ruta integral de atenciones (Comisión Intersectorial De Cero a Siempre, 2012), protocolo de atención bucodental para los escolares.

En el tema de parasitosis intestinal, el protocolo de vigilancia en salud pública: enfermedades transmitidas por alimentos (Instituto Nacional de Salud, 2010), Mortalidad por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años (Instituto Nacional de Salud, 2014), Identificación parasitaria (Rodríguez Sáenz, et al., 2017), parasitosis más frecuentes (Rodríguez, et al., 2017), Desparasitación (Red mundial de enfermedades tropicales desatendidas, Organización panamericana de la salud, Banco interamericano de desarrollo, 2011).

En seguridad alimentaria y manipulación de alimentos, FOOD SAFETY- Seguridad alimentaria (Organización mundial de la salud, 2014), Guía para el establecimiento de sistemas de vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos (VETA) y la investigación de brotes detoxi-infecciones alimentarias (Organización Panamericana de la Salud, s.f.), Reglas de oro para la preparación higiénica de los alimentos (Sacyl, Junta Castilla León, s.f.), Guía para la compra de alimentos por parte de los consumidores (Ministerio de salud y Protección social, 2012). En cuanto a calidad del agua, Protocolo sobre agua y salud (Organización mundial de la salud, s.f.), Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para consumo humano (Instituto nacional de salud, 2011).

En reuniones del equipo de expertos se adopta un modelo para AINSE. Se analizan tres tipos de mensaje de contenido en el protocolo, uno orientado al abordaje de la problemática en sus diferentes fases y momentos, otro acciones diagnósticas, de prevención, atención y seguimiento por parte de los diferentes actores. El tercero pretende contextualizar al usuario y darle a conocer términos técnicos y normativa. Se concreta la siguiente estructura de contenido para cualquiera de las problemáticas que se contemplan dentro de la atención integral escolar. Ver Figura 1.9. Estructura de contenido de Protocolos.



Figura 1.9 Estructura de contenido de Protocolos

Fuente: Elaboración propia

4.2 Resultados de las mesas de trabajo

Las Mesas de Trabajo se constituyeron en el insumo de las Historias de Usuario. El total de asistentes a las mesas fue de 107 actores de diferentes grupos de acuerdo a la muestra. De un total de 20 Mesas de trabajo, el municipio con mayor participación es Pamplona con 10 mesas en total. Ver figura 1.10. Participaciones por municipio.

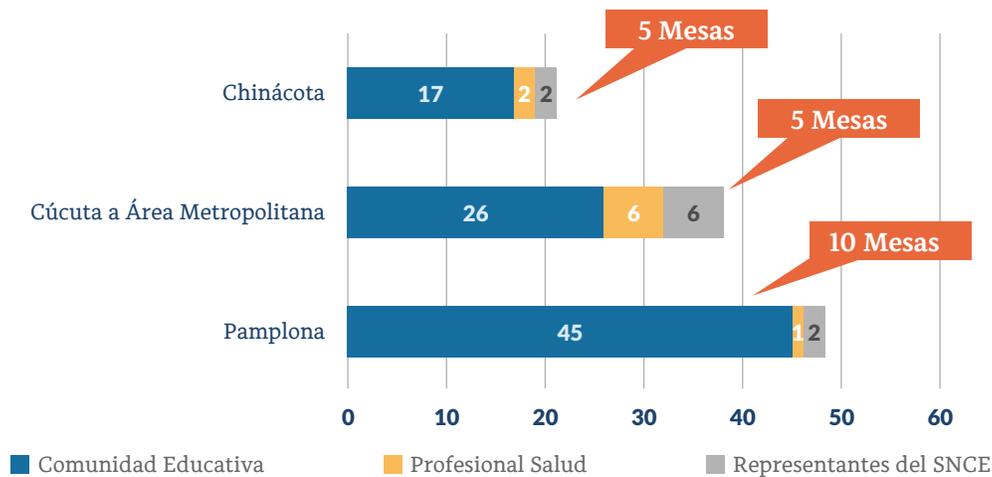


Figura 1.10 Participaciones por municipio

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Resultados del análisis de caso individual

Para el análisis de casos individuales se redactan 6 casos asociados a las problemáticas que fueron consideradas de mayor interés en el análisis documental. La narrativa del caso se construye usando en lenguaje sencillo, coloquial, de acuerdo a las expresiones utilizadas en la cotidianidad del ambiente. Estas narrativas fueron planteadas por docentes que no participaron en el estudio, y se plantearon acorde a la vivencia de situaciones en las diferentes instituciones educativas.

Los participantes de la mesa seleccionaron la solución de casos de manera libre y espontánea de acuerdo a sus vivencias en el ambiente escolar. Se resolvieron 70 casos individuales. En la figura 1.11. Casos Individuales resueltos, se observan los casos resueltos en las mesas de trabajo.

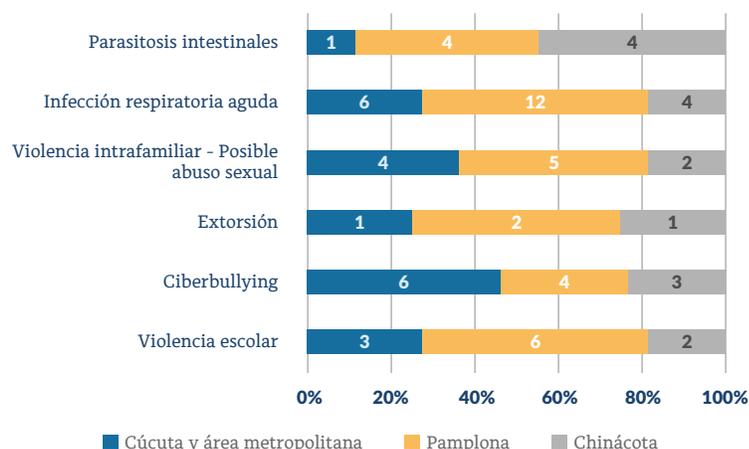


Figura 1.11 Casos Individuales resueltos
Fuente: Elaboración propia

Se utiliza para la Sistematización de caso una matriz donde se consignan los memos o respuestas dadas por los actores informantes en las mesas técnicas. El análisis de la solución del caso, genera los insumos para la construcción de las rutas de asistencia en cada protocolo, y permite identificar para cada uno de sus componentes, el contenido propicio, las inquietudes. Lo anterior se interpreta de las preguntas, qué puedo hacer, cómo, y con quiénes. De igual forma se obtienen los insumos para comprender las ofertas institucionales, sus alcances, la intervención de padres de familia.

Se utiliza para la sistematización de caso una matriz donde se consignan los memos o respuestas dadas por los actores informantes en las mesas técnicas. Ver Figura 1.12. Sistematización de Caso Individual.

Caso 1. “La situación sucedió a la salida del colegio, cuando las agresoras siguieron y rodearon a la víctima en una esquina. Empezaron a insultarla y a golpearla hasta que una comerciante de la zona se entrometió y la rescató, justo en ese momento apareció un docente y otro funcionario del colegio, quienes intervinieron para poner calma a la situación. Cuando el docente pregunto a la agredida los motivos de la situación, ella simplemente respondió que “era objeto de amenazas constantes y que siempre las evitaba en el colegio y en algunas ocasiones el vigilante se interponía para que no la atacaran”.

PREGUNTAS	MEMOS 1	MEMOS 2	MEMOS 3	MEMOS 4	MEMOS 5	MEMOS 6
¿QUÉ PUEDO HACER?	Llamar a las partes afectadas, oír las versiones de manera oral y escrita, establecer una reflexión de las consecuencias que trae estos ciclos tanto para el agresor como el agredido.	Informar inmediatamente A las autoridades de infancia y adolescencia y por ende a la orientadora de la institución, padres de flia, entre otros.	Llamar a la acudiente de la víctima, informar al receptor y coordinadora de la institución y sede donde estudian las personas implicadas.	Informar a las autoridades de las instituciones. Avisar a los padres de familia. Notificar a: ICBF, comisoria de familia, policía de infancia y adolescencia.	Informar al coordinador y citaría a los padres de familia de los padres de familia y estudiantes el caso	Poner en conocimiento el caso a través de la dependencia competente defensoría de la familia y líder del proyecto "haz paz" a determinar los aspectos subyacentes que motivan la agresión tanto de la víctima como del victimario.
¿CÓMO LO PUEDO HACER?	Por medio de la función que cumple los mediadores dentro del aula de la clase, y el papel que tiene el centro de transformación de conflictos.	Via telefónica, ya después un informe escrito de lo visto	Por medio telefónico. Comunicación oral, (y) e informe escrito	Teniendo en cuenta el manual de convivencia. Notificación por escrito a los diferentes entes y personas. Aplicando las normativas de los menores.	Utilizando un medio de comunicación e informar lo sucedido.	A través de la oficina de atención al usuario donde se recepciona el caso y se da la remisión a la dependencia competente.
¿CON QUIÉN PUEDO TRABAJAR?	Con el CTC (Centro de transformación de conflicto) junto con la orientadora escolar y mediadores.	Docentes y orientadores, para informar a los padres de familia y buscar una solución con las autoridades pertinentes.	Con rector, coordinador, con servicio de psicología (orientación) con padres de familia.	Con todas las instituciones y personas que tienen que ver con la educación y solución de conflictos. En el colegio el comité de convivencia y conflictos.	Con el coordinador, psicorientador y los estudiantes implicados.	Sector educativo (institución educativa). Sector de salud red prestadora de servicios para remisión a atención terapéutica.

Figura 1.12 Sistematización de Caso Individual.
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Resultados del reporte grupal de caso (ruta de asistencia)

En este instrumento los grupos de actores describen la ruta a seguir según el caso individual seleccionado, y el alcance de su atención teniendo en cuenta el Rol en cada entidad participantes y el alcance de intervención permitido de acuerdo al marco regulatorio vigente. La suma de varios casos genera una ruta concertada en una dinámica de construcción colaborativa. Cada participante articula sus funciones de intervención a los demás participantes, dándole a la ruta una secuencia lógica acorde a la normatividad vigente, pero al mismo tiempo le impregnan aspectos de la realidad del contexto, de la capacidad instalada de la institución, el capital intelectual disponible y la infraestructura. Se resuelven a partir del análisis de casos individuales, 20 casos grupales. Ver Figura 1.13. Casos grupales resueltos.

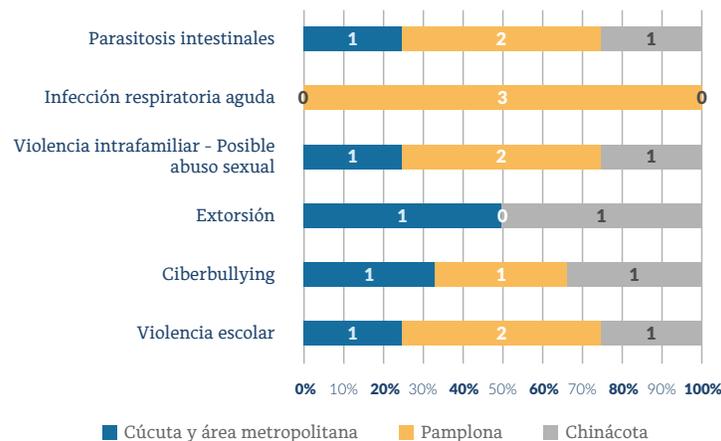


Figura 1.13 Casos grupales resueltos
Fuente: Elaboración propia

Se utiliza para la sistematización de caso una matriz donde se consignan los memos o respuestas dadas por los actores informantes en las Mesas Técnicas. Ver Figura 1.14. Sistematización de un Caso Grupal. Caso 5. “Un niño asiste dos días consecutivos con gripe al colegio, afebrado, presenta estornudo frecuente secreciones nasales, no participa en clase, ni juega en el recreo y se torna aislado, apático. Manifiesta que se siente mal.”

GRUPO	SITUACIÓN	ACTORES	PROBLEMÁTICA	PRIORIDAD DEL CASO	ACCIONES INMEDIATAS, OTRAS ACCIONES	REMISIÓN, DESTINATARIO DE LA MISMA INSTITUCIÓN U OTROS	FACTOR DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR DE RIESGO	¿QUÉ FALTA?
1	Niño con gripe, fiebre, poco activo.	Niño, docente, Padre de familia.	Infección respiratoria aguda.	Alta.	Dialogo: * niño * mama /acudiente Llamada Entrevista Sugerencia: Medico	Médico Psicólogo.	1. Contagio 2. Crónico 3. Lisiado	1. Al grupo de compañeros 2. Evolución y complicación 3. Repetición frecuente	Servicios de enfermería orientación.
2	Un niño enfermo de la gripe en el colegio	Policía, Mama, Profesora, Enfermera, Médico.	Presencia agente viral que puede repercutir en comunidad educativa.	Proveer atención inmediata por parte de las instituciones y EPS para recuperar la salud del estudiante.	Poner en conocimiento a la familia e institución. Remitir EPS correspondiente seguimiento actividades académicas de refuerzo.	Coordinación Enfermería Familia EPS.	Propagación del agente viral Incidencia Rendimiento académico Depresión	Agente viral de fácil propagación	Que las instituciones consulten con una persona y enfermería que contribuya a la atención de estos casos.

Figura 1.14 Sistematización de un Caso Grupal
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de análisis de casos individuales y grupales permiten establecer una mayor presencia de atención a casos suscitados por Infecciones respiratorias agudas, parasitosis intestinales, violencia intrafamiliar asociado a posible abuso sexual y violencia escolar. Reconocen en las rutas, al padre de familia, como el primer actor que se vincula a la resolución de los casos, al Coordinador de convivencia de la Institución y como entidad externa al instituto Colombiano de Bienestar familiar – ICBF. En general todos los grupos de los municipios participantes, tiene las rutas de atención apropiadas en cuanto a la comprensión de la situación, actores, problemática, prioridad del caso, acciones institucionales inmediatas, otras acciones que contemplen la remisión a entidades del SNCE, destinatarios en la misma institución y destinatarios externos. Sin embargo, se evidencian aspectos a fortalecer en la identificación y descripción de los factores riesgos, y las atenciones externas las describen como poco inmediatas y continuas. Consideran que hace falta “Identificar ofertas institucionales”, “Mayor prevención y promoción frente al uso redes sociales”, “Trabajo en equipo y más interés”, “Profesionales de apoyo”. Reconocen en las conclusiones de las mesas que la atención integral en salud escolar, demanda tiempo, exigen mayores esfuerzos institucionales, con muy poca capacidad instalada para atención, y existen temores en la ejecución de acciones que impliquen recurrir a Policía de infancia y adolescencia e Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, por cuanto manifiestan constante encubrimiento de casos. Se plantean también “Rediseño del modo de formar competencias lingüísticas”. “Rediseñar procesos”, “Identificar ofertas institucionales”, “Cambio de cultura”. En todos los casos el diálogo es la acción inmediata.

4.2.3 Resultado de Servicios u oferta Institucional

El instrumento obedece a la oferta institucional de las entidades o instituciones de las cuales provienen los diferentes actores de los municipios de Cúcuta, Chinácota y Pamplona, participantes en el proceso. Se presentan tres ámbitos: promoción y prevención, intervención, así como control y seguimiento. La oferta se establece a partir de las mesas de trabajo y trabajo de campo de los expertos. Logrando 27 entrevistas con representantes de instituciones del Sistema Nacional de Convivencia escolar, profesionales de las instituciones educativas, y aliados identificados en la atención a la infancia y adolescencia, Instituto Municipal de Salud - IMS e Instituto Municipal de Recreación y Deporte - IMRD.

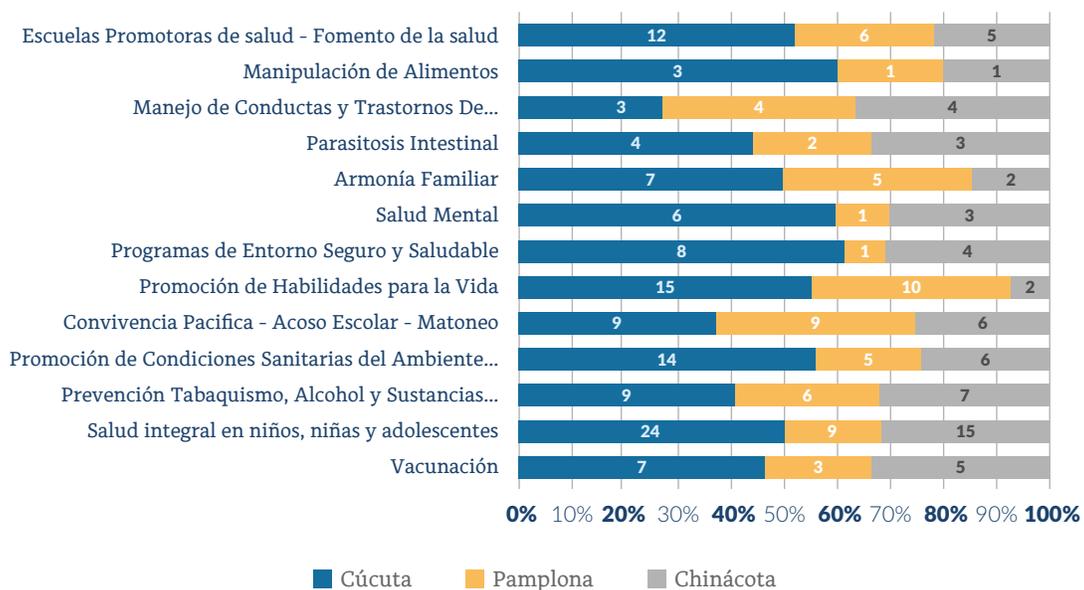


Figura 1.15 Sistematización servicios u oferta institucional – Promoción y prevención
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1.15. Sistematización de servicios y oferta institucional – promoción y prevención, la mayor oferta de los actores participantes se establece en el acompañamiento *de la salud integral para niños, niñas y adolescentes*, incluido el acompañamiento de los embarazos tempranos y el desarrollo de adultos jóvenes, mediante los lineamientos y la gestión de las políticas públicas con un enfoque diferencial, así como la socialización de rutas para la atención integral en este grupo poblacional. De igual manera, la promoción de *condiciones sanitarias del ambiente intrainstitucional o intradomiciliario*, en esta oferta se incluye el apoyo en la prevención de la *infección respiratoria aguda (IRA)* no solo en la escuela como lugar de mayor concentración de personas, sino también en la familia, dadas sus condiciones sanitarias y factores de riesgo del entorno. Así mismo, se cuenta con una oferta suficiente de entidades e instituciones que hacen promoción *de habilidades para la vida*, se llevan a cabo actividades a nivel pedagógico y lúdico, que permiten la estimulación del pensamiento creativo para la toma de decisiones en cuanto al fomento de la participación de estudiantes y docentes en instancias de desarrollo personal y pedagógico. En cuanto a *programas de entornos saludables y seguros*, se diseñan e implementan proyectos sociales que se enfocan en el área de la salud, en igual forma, de socializan protocolos de desarrollo y ejecución de programas de promoción y prevención mediante la capacitación de la comunidad educativa y el entorno. Es importante para el aporte de entornos saludables, el proceso de seguimiento a casos, específicamente en cuanto a la atención integral y a la exigibilidad de derechos a primera infancia.

En cuanto a la *convivencia pacífica*, se unifican los indicadores de atención a las remisiones a los entes territoriales, articulado con *salud mental*, en donde se identifica una oferta significativa, socializando las instituciones que apoyan estos temas. Por último, en cuanto a *la vacunación* a la población infantil, se realizan capacitaciones a nivel pedagógico para la comunidad no solo académica sino familiar, con ello se busca que las acciones en este ámbito se articulen a las establecidas en las de seguimiento y control nutricional en educación inicial.

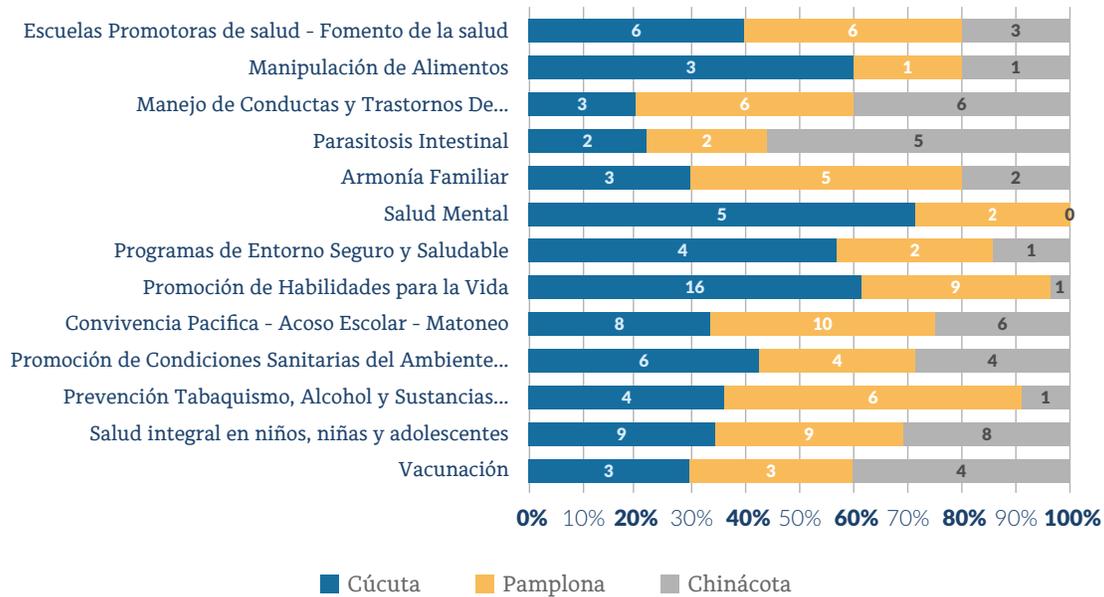


Figura 1.16 Sistematización servicios u oferta institucional – Intervención
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1.16. Sistematización de servicios y oferta institucional – intervención, la mayores acciones se presenta en *habilidades para la vida*, mediante apoyos para el fortalecimiento de las habilidades cognitivas, sociales y emocionales, ya que estas están incluidas en las acciones que se planean para brindar a los estudiantes procesos integrales, de igual manera, y como estrategias de intervención que se complementan con las habilidades, se encuentra la *salud integral para niños, niñas y adolescentes*, se presenta el desarrollo del programa de educación teniendo en cuenta la acción puntual de trabajo sectorial del departamento, esto coincide con las acciones que se llevan a cabo a nivel de programas de vacunación. Las temáticas de *promoción de condiciones sanitarias del ambiente intrainstitucional o intradomiciliario* y Escuelas Promotoras de salud, fomentan la salud, incluyendo el entorno familiar, esto implica que se organizan profesionales dentro de la institución que lleven a cabo los procesos de intervención con el fin de dar apoyo y suministro de bienestar integral a estudiantes y docentes. En cuanto a *armonía familiar* se llevan a cabo intervenciones con apoyo de redes de expertos, dados los niveles de violencia y la incidencia en el entorno escolar de los niños, niñas y adolescentes.

Existen otros tipos de intervención que están contemplados a nivel de la intervención de los actores que participaron en la conformación del modelo; controles de desarrollo, crecimiento, consulta externa y consulta de promoción y prevención, seguimiento a remisiones a los entes territoriales, seguimiento y control nutricional, así como, programas de intervención psicológica que permita fortalecer ambientes saludables en el aula de clase y en las instituciones educativas.

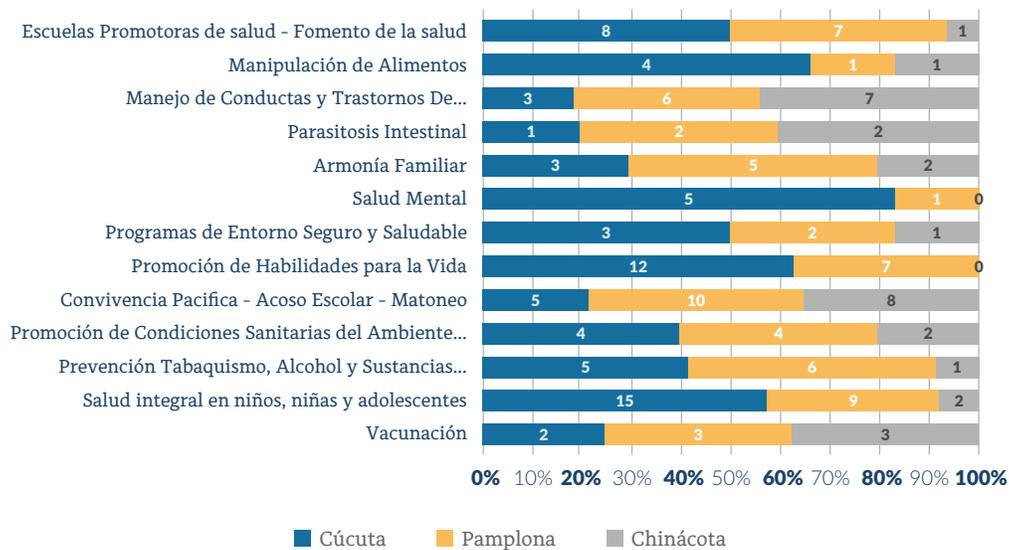


Figura 1.17 Sistematización servicios u oferta institucional – Control y Seguimiento
Fuente: Elaboración propia

En la sistematización de servicios y oferta institucional – control y seguimiento, la Figura 1.17. Sistematización de servicios y oferta institucional – control y seguimiento, muestra que, la mayor tendencia en la oferta, se presenta en la salud integral en niños, niñas y adolescentes, promoción de habilidades para la vida y escuelas promotoras de salud. Esto implica que tras la aplicación de estrategias donde toda la comunidad académica participe; la salud integral en ámbitos de promoción y prevención, direccionan los procesos en los cuales, docentes, padres de familia y comunidad aúnan esfuerzos por el mejoramiento de calidad de vida de los niños, niñas y adolescentes. Se establece en el análisis, que la utilidad de las estrategias, se logra mediante el seguimiento a las actividades que se han planteado, de igual manera, al hacer actividades de control, surgen las posibles mejoras para su aplicación.

4.3 Desarrollo del concepto

Se construye un modelo de atención integral con foco en el sector educativo, vinculando al modelo las principales acciones de actores clave en la institución; directivos, administrativos, docentes; estudiantes y padres de familia, así como actores para la integralidad de la atención según el potencial de ofertas institucionales a través de una plataforma Web. Sin embargo, se concibe el modelo como un agente de integración de cualquier otro actor que, justificado su rol y pertinencia de intervención escolar, pueda vincularse al modelo. Por lo anterior se conciben para el manejo de la plataforma, la gestión de roles, permisos, alcances de gestión en los diferentes módulos del sistema.

Se asumen como fundamentos en su diseño; tres conceptos; calidad en salud, red social, integralidad en salud. Calidad; bajo el decreto 1011 de 2006, adoptando los atributos de seguridad, efectividad, oportunidad y equidad. El de red social; asumido desde la filosofía de la gestión de permisos, roles, interacción de comunidades. En este componente se hace alusión a conceptos básicos para la realización de los procesos virtuales, por esta razón es importante que las características inherentes a una comunidad virtual permitan potenciar la interacción para proveer de información y aprendizaje en temas específicos; en el caso del presente modelo, a las comunidades de educación y salud ubicados en los municipios elegidos en la prueba piloto del modelo. En consecuencia se conceptualiza la incorporación de tres condiciones, bajo la filosofía web 2.0 : (i) La interactividad entre personas: mediante el establecimiento de canales de comunicación asíncrona en la atención y seguimiento del caso (ii) El usuario como protagonista: actividades de gestión entorno a casos específicos individuales o colectivos de estudiantes y la red de atención frente al caso, siendo el estudiante el primer conocedor del proceso y por tanto del seguimiento de su caso y de las informaciones, evidencias o recursos probatorios de su caso (iii) La multidireccionalidad de mensajes: comunicación bidireccional entre actores de la red, acuerdo al nivel de atención o apoyo requerido.

En cuanto al tercer concepto; integralidad en salud, la divulgación y la comunicación de recursos, permite el desarrollo de habilidades cognitivas y habilidad emocionales, así como la oportunidad de accesos categorizados por varios conceptos y roles, lo cual permite la seguridad, asociada a la funcionalidad del diseño según estándares. El reporte de casos asociados a un escenario específico, accediendo a los protocolos pertinentes y siguiendo una ruta adecuada, otorga seguridad en la atención. El reporte de la gestión que se hace desde los diferentes administradores, así como la posibilidad de administrar los recursos y conceptos informáticos de la aplicación y la generación de informes por varios conceptos, permite garantizar el uso eficiente del recurso de atención, que para el caso de AINSE, es la tecnología. Ver Figura 1.18. Desarrollo del Concepto-prestación.

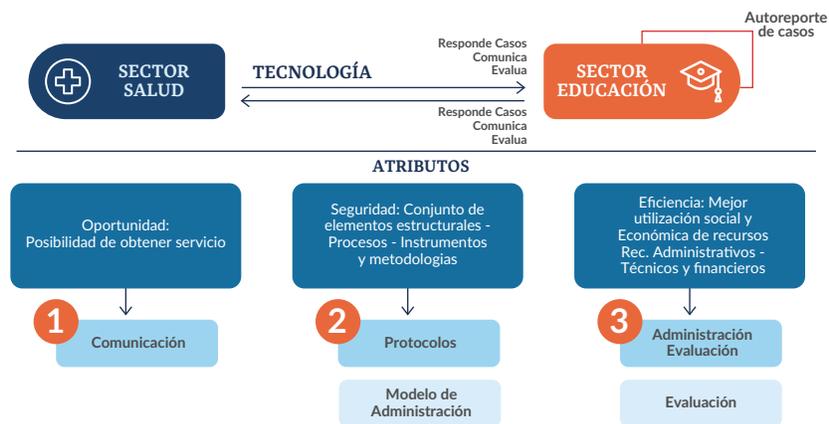


Figura 1.18 Prestación
Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Principios del Modelo

Se concluyen como principios del modelo, a partir del marco regulatorio estudiado y el trabajo con actores los siguientes: (i) La integralidad. El modelo propenderá en todo momento por la articulación intersectorial mediada por tecnología, la promoción de cambios culturales profundos en cuanto a las formas en que se interrelacionan los sectores para lograr un complemento de acciones y procesos que converjan y propicien la relación sana del individuo con su entorno, teniendo en cuenta la dimensiones biológica, psicológica y social-cultural. (ii) La calidad. Serán pilares de la gestión y administración, la mejora continua en las acciones del trabajo colaborativo, estas propendan por la participación activa de todas las partes interesadas en los procesos. (iii) La efectividad. La esencia del modelo es el beneficio de la acción oportuna y habitual en los estudiantes y su entorno, mediante herramientas que permitan lograr un efecto eficiente con la utilización adecuada de recursos humanos, técnicos y sociales. (iv) La autonomía. El modelo promoverá siempre por la autogestión y sentido de responsabilidad de los establecimientos educativos hacia el ejercicio de acciones que impulsen el bienestar de la comunidad que la conforma. Esto, a través de espacios que permitan la interacción con el entorno virtual y global. (v) Trabajo colaborativo. La interacción de los diferentes actores implica una construcción social colectiva, donde se participa en el desarrollo de estrategias interdisciplinarias que generan actitudes de compromiso con los individuos y el ambiente que los rodea.

4.3.2 Desarrollo del concepto de Protocolo

La experiencia de los profesionales, la revisión del marco normativo, el análisis documental, y el resultado de las mesas de trabajo, permiten la construcción de protocolos guía de asistencia en la atención de infección respiratoria aguda, bullying o matoneo, parasitosis intestinales por condiciones higiénico-sanitarias no adecuadas, manipulación higiénica de alimentos y calidad del agua potable, trastornos de comportamiento y disfunción familiar, atención al desempeño escolar. Se estructuran guías documentales con lineamientos técnicos detallados y secuenciales para la orientación de la comunidad académica. Se concibió el protocolo o guía como un texto con un diseño sencillo, enriquecido con imágenes descriptivas de la problemática, y enlazado a recursos audiovisuales. La estructura de contenido corresponde a la figura 9, previamente ilustrada, y en la plataforma se conciben como rutas de atención con los mismos componentes a gestionar. Los casos de atención se asocian a las problemáticas y estos a los protocolos que se diseñen en la plataforma. Las acciones del protocolo dependen del nivel de prioridad del caso y en consecuencia se asocian los actores de la red, pertinentes para la atención del mismo.

4.3.3 Validación conceptual

Habitualmente la validación conceptual es en gran medida cualitativa y la mejor manera de comprobar una, es cotejarla con la opinión de expertos con conocimientos científicos diferentes. En el caso de las pruebas de concepto, se validan los referentes legales, y teóricos que respaldan, de una parte, los conceptos de calidad en salud, red social, e integralidad en salud y de otra parte los que respaldan, las 4 problemáticas objetos de estudio; Matoneo o acoso escolar, infección respiratoria aguda, parasitosis intestinales, disfunción familiar y trastornos de comportamiento; fundamentando teóricamente sus componentes. Esto con el fin de demostrar la coherencia entre la sistematización de los conceptos teóricos, protocolos y referentes con la construcción final del modelo, la relevancia y criterios de científicidad. Lo anterior se hace en mesas de trabajo con 10 expertos, con la intervención de 2 médicos, 3 terapeutas ocupacionales, 1 fisioterapeuta experto en rehabilitación respiratoria y primera infancia, 1 gestor social, 1 psicopedagogo, 1 psicólogo, 1 enfermero. El proceso de validación es liderado por los ingenieros de sistemas y diseñadores gráficos del equipo de desarrollo.

4.4 Desarrollo del diseño a nivel sistema

En la etapa de desarrollo se seleccionan 27 historias de usuario clasificadas en dos iteraciones, dando una mayor claridad al desarrollo de la aplicación y los módulos que componen la estructura final para el modelo de atención. Se seleccionan 25 para el diseño a nivel de sistema, las cuales son: 5 historias asociadas a la atención de un caso, es decir, reporte, apertura, seguimiento, cierre y control de casos. Seguridad del reporte de casos, 9 historias asociadas al diseño, gestión y visualización de protocolos, así como su funcionamiento como parte del sistema, Ejes de modelo; desarrollo de competencias, entorno seguro y saludable, acceso a servicios de salud (detección – atención - referencias), Consulta sobre una situación determinada, remisiones a instituciones y especialistas, consultas por áreas temáticas, consultas sobre una situación determinada, servicios, atención a problemáticas institucionales, atención integral, expresarse sin miedo y resolver inquietudes. Como resultado de escalar las historias a tareas y soluciones puntuales, se establecen los siguientes Módulos.

Recursos. Recursos como repositorio de archivos en formato imagen, animaciones, video y pdf's.

Registro de actores roles. Formularios para registro de actores, tipos de actores; instituciones educativas y otras instituciones de atención aliadas en la atención del caso, así como sus roles; asesores, docentes, estudiantes, responsable del caso, entre otros.

Casos. Módulo para el registro de los casos individuales o grupales. Se define la ruta de atención y soportes del caso, estado del caso: Abierto, en proceso o cerrado. Se estima la generación de formularios para reportar casos de forma directa a un directorio de apoyo o como buzón de solicitudes. El directorio conformado por instituciones y profesionales expertos en el contexto definido en la problemática del caso. Se incluye la generación de alertas de seguimiento por caso, de acuerdo con su prioridad, registrados por plataforma o por buzón de solicitudes.

Seguimiento. Bitácora de seguimiento seguro a los casos por cada uno de los actores participante. Terminado el seguimiento se cierra un caso.

Control alarmas reportes. Manejan por cada uno de los seguimientos al caso, los tiempos de alarma para el seguimiento y control del caso. Los tiempos se establecen como lapso de respuesta a una solicitud planteada, de acuerdo al nivel del caso 1, 2, 3.

Protocolos. Módulo para la gestión de las Guías de Atención baja estructura definida en desarrollo del concepto.

Búsqueda interfaces. Buscador interno a partir del texto ingresado por el usuario. Enlaces públicos a los protocolos manejados por cada una de las problemáticas del modelo.

Glosario. Registro de todos los términos que se han definido en el glosario de un protocolo, como también de términos independientes pero importantes para el modelo del proyecto.

Banco de preguntas frecuentes como base de conocimiento, sobre el protocolo.

Galería de imágenes como complemento al protocolo.

Directorio de apoyo. Módulo para el registro de información principal de las entidades vinculadas al modelo. Se incluye la trazabilidad de los actores para evidenciar acciones satisfactorias de atención.

Calendario compartido de instituciones. Herramientas de comunicación como agendas compartidas a partir de calendario de eventos, intercambio de información a través de los bancos de pdf, imágenes o videos. Información general y detallada de problemáticas. Calendario de eventos de actividades por cada uno de los actores del sistema. Registro de información de actividades por parte de los actores a las instituciones de educación, por medio de noticias y eventos.

Dejar área para texto que complementa o pdf. completo. Complementar con galería de imágenes muy descriptivas.

Usuarios permisos. Creación de usuario con su información personal general y definición de permisos para el manejo de la plataforma.

Solicitudes. Módulo para el registro de información básica acerca de alguna problemática que se está presentando en una institución. “parecido a un buzón de sugerencias” Registrar de forma anónima una problemática o vivencia que está sucediendo en una entidad educativa. Posibilidad de anexar documento o imágenes de ser necesario.

Leyes. Módulo para la carga de todas las normas, leyes y marco normativo regulatorio en salud escolar.

Noticias eventos. Módulo para compartir información común entre la organización, la institución educativa y los demás actores del sistema.

Problemáticas. Contextos en que se desarrolla la plataforma AINSE como medio tecnológico, de apoyo y respaldo institucional a los problemas definidos en el sector educativo, como: parasitosis intestinal, infección respiratoria aguda, entre otras.

4.5 Diseño a nivel detalle

Se evalúa entre todo el equipo interdisciplinario plantillas de diseño a nivel mundiales que permitan establecer una estructura que funcione de forma responsiva, cambiando su visualización de forma automática a las dimensiones del tamaño en el dispositivo que carga la aplicación web. Se definió como diagrama general de bloques para la estructura dos tipos de plantillas. Ver Figuras 1.19. y 1.20. Interfaz 1 y 2 AINSE.



Figura 1.19 Interfaz 1 AINSE
Fuente: Diseño propio – composición Corel Draw X5

Norte de Santander | **vive digital**



Norte de Santander | **vive digital**



Cabecera
En la cabecera se disponen elementos corporativos tales como la marca de Vive Digital, de acuerdo al manual corporativo, respetando las proporciones dispuestas en el mismo.

Contenido
En este contenedor es donde se dispone el grueso del contenido de cada sección.

Pie de Pagina
En la parte inferior de la página se colocan los logos de Gobernación y el gestor, tal cual como lo dispone el manual corporativo.



Norte de Santander | **vive digital**



Noticias

En la página principal se mostrarán cuatro noticias que nos permitan generar y conocer muchas más. Esta sección está compuesta por:

- Imagen
- Texto
- Introducción
- Leer más...



Norte de Santander | **vive digital**



Norte de Santander | **vive digital**



Figura 1.20 Interfaz 2 AINSE
Fuente: Diseño propio – composición Corel Draw X5

4.6 Inicio de producción

Se capacitan 327 personas las instituciones participantes, se atienden 20 casos en Instituciones educativas a nivel de prueba piloto del Sistema.

4.7 Validación funcional:

Es la verificación del modelo frente a observaciones funcionales obtenidas de manera gradual por los usuarios del modelo. Teniendo en cuenta que el modelo se soporta en el portal web, las pruebas funcionales se desarrollan en cada iteración, dejando para el final el módulo de atención a casos, cuya validación se realiza en paralelo. Este método de implantación consiste en llevar los casos de forma manual conforme se atienden en las instituciones educativas, y al mismo tiempo realizar la ruta de atención a través de la interacción que posibilita el software. Los resultados demuestran eficiencia en la relación reporte-respuesta lograda a partir de la plataforma y acorde a los protocolos del modelo.

El procedimiento de validación del Modelo de Atención Integral inicia a partir de la validación de la oferta de servicios y la firma de acuerdos de intención para la conformación del directorio de apoyo en el modelo.

5. DISCUSIÓN

De acuerdo con (Aponte Rivera, et al., 2015), en relación a la demanda para las instituciones de protocolos o guías de asistencia, estos se orientan únicamente hacia los conflictos y como darles solución, aunque para el modelo de asistencia se confirma su uso en esa temática, se amplía el espectro de acción a problemáticas de salud y no solo de comportamiento. En correspondencia, (Rio Ruiz, 2011) y (Tejada de Rivero, 2018) plantean la necesidad de crear redes de apoyo a la administración en la aplicación de los protocolo o guías, esta debe ser intersectorial y con implicación directa de las familias y la comunidad, esto confirma para el modelo de atención la creación de redes de apoyo y colectividad. La evidencia en los referentes del modelo demuestra atención en red, pero no interconectados digitalmente, lo que implica para el modelo de asistencia dar un trato ágil a la solución de casos que se presenten, la participación de expertos, el seguimiento y control inmediato, de acuerdo con las características rectoras de un liderazgo integrador compartido entre entes reguladores del proceso, establecimientos educativos y la gobernación del departamento Norte de Santander. (Organización Mundial de la Salud, 2008)

En la Política de salud integral (Ministerio de salud y Protección Social, 2016), se hace la identificación de la necesidad de aliados y de la responsabilidad compartida, generadas a partir del reconocimiento de casos en sus niveles de complejidad y posibles requerimientos para su atención y seguimiento. Este planteamiento también se lleva a cabo a partir de las leyes (Congreso de Colombia, 2013) y (Congreso de Colombia, 2015), la cual indica los participantes de entes nacionales, territoriales y locales que apoyan las acciones que se llevan a cabo en las instituciones educativas y que mitigan las situaciones que se presentan al interior de estos ámbitos de la salud y la educación, priorizando la atención de acuerdo al nivel y la situación que se presente. En este sentido en el modelo de atención se viabiliza el trabajo con actores que, aunque es de carácter interdependiente, también es compartida, lo que implica que según el caso que se presenta, se generan acciones de manera secuencial, esto con el fin de agotar todas las instancias asimiladas a cada nivel de atención, siendo esta almacenada en orden de priorización para seguimiento y control de los casos presentados, asegurando el debido cierre del mismo.

La utilización de activos para la salud según (Cofiño Rafael, et al., 2016), (Antonovsky, 1996) y (Mendia, et al., 2016) implica el uso de un factor o recurso, para facilitar a las comunidades, según su contexto, mantener el bienestar y la salud, así como el trato equitativo en acciones que vayan orientadas a la promoción en aspectos de la salud, al identificar de manera oportuna riesgos y problemas que existen y que los genera, esto implica que las comunidades recurran a organizaciones que provean recursos de toda índole para el apoyo en su gestión. Para el modelo de atención, los factores y recursos utilizados son variados y están vinculados a las acciones y fases de ejecución del producto tecnológico y su aplicación, así mismo al seguimiento, control y cierre de los casos que se atienden.

En el caso de factores; generadores de bienestar integral, se incorpora el trabajo en red de actores de la academia y profesionales de salud que se encargan de la identificación, la estructuración de las formas de la prestación del servicio a través del modelo y el material informativo que se oferta para el fortalecimiento de estilos de vida sana de fácil comprensión e interacción. Así mismo, los componentes de las guías de atención, con las cuales se garantiza el bienestar integral; impresión diagnóstica, signos y síntomas, bases conceptuales de las guías, las rutas de atención, evaluación de la atención y los actores participantes en el protocolo. Es por ello que la vinculación de la familia, las instituciones de salud, las de protección a la infancia, adolescencia y familia, permite tener una visión real del alcance y oferta del servicio para poder facilitar la observación de la familia y los contextos en los cuales se aplica el modelo.

6. AGRADECIMIENTOS

Los investigadores de la Universidad de Santander agradecen a las instituciones Educativas de los municipio participantes; Municipio de Cúcuta, Los Patios, Villa del Rosario, El Zulia, Chinácota, y Pamplona. A las instituciones; Instituto Colombiano de Bienestar Familiar - ICBF, Policía Nacional, Instituto Municipal de Salud, Instituto Departamental de Salud, Centro de atención e investigación a las víctimas de delitos sexuales y Centro de atención e investigación integral contra la violencia familiar del Departamento Norte de Santander. Finalmente al proyecto Vive Digital Norte de Santander, a través del convenio 0491 Secretaría de TIC, Gobernación del Norte de Santander, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia - MinTic, Universidad Francisco de Paula Santander, por estas iniciativas de desarrollo regional, que permite a las Instituciones de educación superior, colocar a disposición de la región el conocimiento generado a través de la docencia y la investigación.

7. CONCLUSIONES

AINSE, en términos de Ciencia, Tecnología e Innovación, tiene alcances en lo científico-tecnológico (dec. 591/91) en el eje de Servicios. El producto tecnológico apuesta a la prestación de servicios de asesoría y asistencia técnica, apoyo, acompañamiento y orientación a beneficiarios en la aplicación de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos y de gestión de modelos de asistencia integral, indirecta a través de TIC'S para el diagnóstico y detección de factores de riesgo de la salud del escolar, su familia y la comunidad, y los protocolos de intervención para su tratamiento. La propuesta pretende impactar de forma directa: El vínculo entre el sector educativo y el sector salud; la promoción de programas de salud escolar integral a través del suministro de conocimiento profesional necesario; la implementación de un modelo de asistencia interdisciplinaria apoyado en la virtualidad; el trabajo en red y colaborativo de comunidades educativas, unidades de investigación regional en el área de la salud, actores regionales,

nacionales e internacionales, institutos de salud municipal y departamental; Asistencia oportuna e integral a problemáticas biopsicosociales como el matoneo, trastornos de comportamiento y disfunción familiar; suministro de contenidos transversales de salud, que puedan ser integrados al currículo escolar; desarrollo de mecanismo para la capacitación a docentes y comunidad en general en condiciones saludables de vida, difusión de resultados de proyectos en salud, mediante noticias y agendas compartidas.

En relación a los aportes socioculturales y ambientales, tiene alcances en el cambio cultural, cambio en prácticas profesionales, cambio en relaciones de la comunidad y convivencia. Un modelo de asistencia técnica integral basado en TIC, y adaptado al contexto; se convierte en un medio permanente de comunicación e información, que permite el empoderamiento de los actores en el manejo de problemáticas. En el mismo sentido, permite que fluya la comunicación y promueve el desarrollo comunitario escolar. Suministrar información para posibilitar la mitigación de problemas de las cuando la atención profesional no puede ser inmediata; promueve la participación conjunta de los profesionales y la población; la colaboración intersectorial dando mayor importancia al papel que juegan los individuos y las comunidades en el desarrollo de la salud. El modelo implementado a través de las TIC se constituye en una herramienta estratégica para apoyar el desarrollo individual y comunitario mediante el suministro de información, educación para la salud y desarrollo de las habilidades necesarias para hacer elecciones de vida sana. Lo anterior permite conseguir que la población ejerza un mayor control sobre su propia salud y sobre el medio ambiente. La implementación del modelo y con el, los protocolos de intervención permitirán a mediano plazo, establecer prácticas basadas en la evidencia, las cuales permiten contextualizar la aplicación de teorías y modelos propios del área de la salud.

Finalmente, este modelo responde a la implementación de la estrategia nacional - Vive Digital. Este plan de tecnología periódico en Colombia; orientado a la masificación de internet y el desarrollo del ecosistema digital colombiano, busca prosperidad democrática, apropiación y uso de tecnologías, sobre la base de la correlación directa existente entre la penetración de Internet, la apropiación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), la generación de empleo y la reducción de la pobreza. En este sentido el plan Vive Digital conlleva importantes beneficios sociales y económicos; entre los cuales se encuentra el suministro de herramientas tecnológicas para las comunidades educativas. Estas herramientas permiten fortalecer procesos de aprendizaje, entre los cuales se encuentran, los procesos de autocuidado, cuidado de la salud, ambientes sanos, elecciones de vida, salud sexual y reproductiva, convivencia ciudadana, entre otros, que propenden por el desarrollo de habilidades para la vida, y a la promoción de la salud y prevención de enfermedades, en las comunidades educativas. Además, significan para el sector educativo un medio de gestión que permite la competitividad del sector en materia de su abordaje integral en la formación del ser humano.

REFERENCIAS

- 1 Morgan, A. & Ziglio, E., 2007. Revitalising the evidence base for public health: an assets model. *Global Health Promotion*, 14(2), pp. 17-22.
- 2 Alcaldía de Medellín, s.f. [En línea] Available at: http://www.joseacevedoygomez.edu.co/talentos/INTELIGENCIA_EMOCIONAL.pdf
- 3 Alma-Ata, 2018. La historia de la Conferencia de Alma-Ata. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 64(3), pp. 361-366.

- 4 Antonovsky, A., 1996. The salutogenic model as a theory to guide health. *Health Promotion International*, 11(1), pp. 11-17.
- 5 Aponte Rivera, A., Carrillo Fonseca, J. & Forero Barbosa, J., 2015. Diseño de un protocolo de atención para la convivencia. *Revista evaluación e intervención psicológica*, 31 Julio, 1(1), pp. 14-25.
- 6 Ayala P, T., 2014. Redes Sociales, poder y participación ciudadana. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, pp. 23-48.
- 7 Barrantes Echevarría, R., 2002. *Investigación: Un camino al Conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. 6 reimpr. de la 1 ed. San José de Costa Rica: EUNED.
- 8 Barrera Poblete, M. & Valencia Flores, P., 2008. [En línea] Available at: <https://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2015/09/RECOPIACION-DE-ESTRATEGIAS-DE-MODIFICACION-DE-CONDUCTA-EN-EL-AULA.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 9 Bosch, M. D., Lluís Micó-Sanz, J. & Gauxachs, A. S., 2018. Construcción de comunidades online a partir de comunidades presenciales consolidadas. El caso de la Iglesia Católica en internet. *El profesional de la información*, pp. 1168-1376.
- 10 Boude Figueredo, O. & Sarmiento, J. A., 2016. Herramientas web 2.0: efecto en los aprendizajes de los jóvenes colombianos. *Opcion*, pp. 143-163.
- 11 Campos, A. C., Robledo Martínez, R., Arango Soler, J. M. & Agudelo Calderon, C. A., 2012. Evaluación de la política pública de escuela saludable en Colombia: fase de formulación (1999-2006). *Revista de Salud Pública*, Septiembre - Octubre, 14(5), pp. 744-754.
- 12 Cofiño Rafael, y otros, 2016. Promoción de la salud basada en activos: ¿cómo trabajar con esta perspectiva en intervenciones locales?. *Gaceta Sanitaria*, 30(1), pp. 93-98.
- 13 Comisión Intersectorial De Cero a Siempre, 2012. [En línea] Available at: <http://www.deceroasiempre.gov.co/QuienesSomos/Documents/Esquema-1000-dias-CIPI.pdf>
- 14 Comisión Intersectorial De Cero a Siempre, 2012. [En línea] Available at: <http://www.deceroasiempre.gov.co/QuienesSomos/Documents/Esquema-1000-dias-CIPI.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 15 Conferencia internacional de atención primaria de salud, 1978. *Declaración de Alma-Ata*, s.l.: s.n.
- 16 Congreso de Colombia, 2011. *Ley 1438*. s.l.:s.n.
- 17 Congreso de Colombia, 2013. *Ley 1620/2013, 15 de marzo*. Bogotá: Congreso de Colombia.
- 18 Congreso de Colombia, 2015. *Ley Estatutaria No. 1751*. Bogotá: s.n.
- 19 Congreso de la República de Colombia, 1993. *Ley 100*. Bogotá: s.n.

- 20 Cuellar Medina, Y. & Fajardo, M. Y., 2016. Las estrategias en la educación como factor importante para mejorar la competitividad: Caso Municipio de Florencia-Caquetá-Colombia. En: R. i. d. i. e. competitividad, ed. *La competitividad y nuevos escenarios*. s.l.:Red internacional de investigadores en competitividad, pp. 1059-1572.
- 21 Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2011. *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014*, Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- 22 Félix Mateo , V., Soriano Ferrer, M., Godoy Mesas, C. & Martínez Ruiz, I., 2008. Prevención de la violencia y promoción de la convivencia escolar en la Comunitat Valenciana. *Aula abierta*, 36(1), pp. 97 - 110.
- 23 Fisterra, 2010. Fisterra. [En línea] Available at: <https://www.fisterra.com/salud/1infoconse/higienemanos.asp> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 24 Garbanzo Vargas & Guiselle M, 2020. Desarrollo organizacional y los procesos de cambio en las instituciones educativas, un reto de la gestión de la educación. *Revista Educación*, 40(1), pp. 67-87.
- 25 García Salinero, J., 2004. Estudios descriptivos. *Nure Investigación*, 7(1), pp. 1-3.
- 26 Gobernacion de Norte de Santander, 2012. *Plan de Desarrollo 2012- 2015 "Un norte pa' lante"*. Cucuta(Norte de Santander): s.n.
- 27 Gomez Cano, R., 2017. Prevención de los Problemas Psicosociales de Niños y Adolescentes en el Aula. *Anuario de investigaciones de la facultad de psicología*, 3(2), pp. 52-58.
- 28 Hernán Suaza, J. J. & Serna M, E., 2014. La importancia de documentar la Elicitación de Requisitos. En: *Memorias del 7mo.Congreso Internacional en Ciencias Computacionales*. s.l.:s.n., pp. 491-494.
- 29 Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. & Baptista Lucio, P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta ed. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- 30 Instituto Nacional de Salud, 2010. [En línea] Available at: <https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/ETA.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 31 Instituto nacional de salud, 2011. [En línea] Available at: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 32 Instituto Nacional de Salud, 2014. [En línea] Available at: http://www.saludpereira.gov.co/medios/Protocolo_EDA2014.pdf [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 33 Jansen, D. y otros, 2019. School Health Services.
- 34 Mendia, S. R., Gabari Gambarte, M. I. & García García, J. M., 2016. Recursos de salud positiva: estudio exploratorio con grupos del ámbito escolar de Pamplona. *Atención Primaria*, 48(2), pp. 140 -141.

- 35 Ministerio de la Protección Social, 2006. *Decreto número 1011 de 2006*. Bogotá: s.n.
- 36 Ministerio de Protección Social, 2010. [En línea] Available at: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/Guia_maestros_maestras.pdf [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 37 Ministerio de salud y Protección social, 2012. Recomendaciones para la compra y consumo de alimentos. [En línea] Available at: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Recomendaciones-para-la-compra-y-consumo-de-alimentos.aspx> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 38 Ministerio de Salud y Protección Social, 2013. [En línea] Available at: <http://www.imsalud.gov.co/descargas/Esquema%20de%20vacunaci%C3%B3n%20nacional.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 39 Ministerio de salud y Protección Social, 2016. *POLÍTICA DE ATENCIÓN INTEGRAL EN SALUD*, Bogotá: Ministerio de salud y Protección Social.
- 40 Ministerio de Salud, 1999. *Escuela saludable, la alegría de vivir en paz*. Bogotá: Ministerio de Salud.
- 41 Morgan, A., 2014. Revisiting the Asset Model: a clarification of ideas and terms. *Global Health Promotion*, 5 June , 21(2), pp. 3-6.
- 42 Organización Mundial de la Salud, 1986. *Carta de Ottawa para la promoción de la salud*, Ottawa (Ontario): OMS.
- 43 Organización Mundial de la Salud, 2008. *Informe sobre la salud en el mundo*, s.l.: OMS.
- 44 Organización Mundial de la Salud, 2014. *Documentos Básicos*. 48 ed. s.l.: Organización Mundial de la Salud.
- 45 Organización mundial de la salud, 2014. *Seguridad Alimentaria*. [En línea] Available at: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/food-safety> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 46 Organización mundial de la salud, s.f. *Protocolo sobre agua y salud*. [En línea] Available at: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/brochure/Protocol_Final_Es.pdf [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 47 Organización Panamericana de la Salud, 2003. *Escuelas Promotoras de la Salud, Fortalecimiento de la iniciativa regional, Estrategias y Lineas de Accion 2003-2012*. s.l.:OPS.
- 48 Organización Panamericana de la Salud, s.f. *Guía para el establecimiento de sistemas de vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos veta y la investigación de brotes detoxi-infecciones alimentarias*. [En línea] Available at: <http://www.assa.gov.ar/assa/userfiles/file/guia%20veta.pdf> [Último acceso: 29 julio 2020].
- 49 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2016. *Education in Colombia*. Paris: s.n.

- 50 Ortega Ruiz, R., Del Rey, R. & Casas, J., 2013. La Convivencia Escolar: clave en la predicción del Bullying. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 6(2), pp. 91 - 102.
- 51 Quintero Corzo, J., 2015. Ambientes escolares saludables. *Bdigital*.
- 52 Quintero Corzo, J., Munevar Molina, R. & Munevar Quintero, F., 2015. Ambientes Escolares Saludables. *Revista de Salud Publica*, 17(2), pp. 229-241.
- 53 Ramos, M., 2011. [En línea] Available at: <http://www.eduinnova.es/monografias2011/ene2011/habilidades.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 54 Red mundial de enfermedades tropicales desatendidas, Organización panamericana de la salud, Banco interamericano de desarrollo, 2011. *Informe para el desarrollo de planes de acción para la desparasitación*. [En línea] Available at: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2011/lac-report-esp-final-3-2011.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 55 República de Colombia, Ministerio de Educación Nacional, 2013. *Colombia aprende*. [En línea] Available at: <http://redes.colombiaprende.edu.co/ntg/men/pdf/Guia%20No.%2049.pdf> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 56 Rio Ruiz, M. A., 2011. Más allá del protocolo: Estrategias contra el absentismo en centros andaluces de atención educativa preferente. *Revista de Historia y Sociología de la educación*, pp. 39-63.
- 57 Rodríguez , A., Mozo, S. & Mejía, L., 2017. Parasitosis intestinal y factores de riesgo en escolares de una institución educativa rural de Tunja Colombia en el año 2015. *Medicina y Laboratorio*, 23(4), pp. 159-170.
- 58 Rodríguez Sáenz, A. Y., Mozo Pacheco, S. A. & Mejía Peñuela, L. E., 2017. Parasitosis intestinales y factores de riesgo de una institución educativa rural de Tunja Colombia en el año 2015. *Medicina y Laboratorio*, 23(3), pp. 159-170.
- 59 Rodríguez Torres, Á. F. y otros, 2017. Nuevas perspectivas educativas orientadas a la promoción de la salud. *Educación Médica Superior*, 31(4), pp. 1-11.
- 60 Sacyl, Junta Castilla León, s.f. *Reglas de oro para la preparación higiénica de los alimentos*. [En línea] Available at: <https://www.saludcastillayleon.es/es/salud-estilos-vida/alimentacion-saludable/reglas-oro-oms-preparacion-higienica-alimentos> [Último acceso: 29 Julio 2020].
- 61 Sáenz Mendía, R., Gabari Gambarte, M. I. & García García, J. . M., 2016. Recursos de salud positiva: estudio exploratorio con grupos del ámbito escolar de Pamplona. *Atención Primaria*, 48(2), pp. 140-141.
- 62 Santos Virgen, J. M., Mares Bañuelos, O. & Arcega Ponce, A., 2010. Competitividad en el uso de las TIC en la educación, en el municipio de Tecomán, Colima. En: *La competitividad como factor de éxito*. s.l.:s.n., pp. 1735-1751.
- 63 Serna M, E. & Hernán Suaza, J., 2016. Documentar la elicitación de requisitos. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 24(4), pp. 703-714.



- 64 Torres, J. y otros, 2019. Hábitos de vida saludable como indicador de desarrollo personal y social: discursos y prácticas en escuelas. *Revista Calidad en la Educación*, pp. 357-392.
- 65 Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D., 2013. *Diseño y Desarrollo de producto*. Quinta Edición ed. México: McGraw-Hill Companies.

ENERGY EFFICIENCY STRATEGIES IN THE CERAMIC INDUSTRY OF THE CÚCUTA METROPOLITAN AREA

ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA CERÁMICA DEL ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA

PhD. John Freddy Gelves, MSc. Richard Monroy Sepúlveda, MSc. Ana Cecilia Verjel Alvarez, MSc.
Yebrail Alexis Romero Arcos, MSc. Sandra Milena Roza Rincón.

Universidad Libre Cúcuta, Grupo de investigación en competitividad y sostenibilidad para el desarrollo.
{johnf, richard.monroys, ana.verjel, yebrail.romeroa, sandram.rozor}@unilibre.edu.co

Abstract: The purpose of the research was to design energy efficiency strategies for the ceramic industry in the Cúcuta metropolitan area. Six industries that used extrusion forming technology, artificial drying and inverted flame oven cooking and with a production capacity of approximately 300 tons of material per month were selected for the study. The methodology used for the development of the research consisted of making an energy diagnosis in industrial facilities based on: the technical standard for Energy Management Systems ISO 50001; and the UPME guide for the implementation of the Integrated Energy Management System, where the inventory of equipment that consumes electrical and thermal energy was made, quantifying the average energy consumption. At the same time, actions were established to reduce energy use, through cogeneration systems, control of process variables and installation of energy systems, automation and control capacitor banks in the stages of the ceramic products manufacturing process.

Keywords: Energy, energy efficiency, cogeneration, ceramic industry, ISO 50001.

Resumen: El propósito de la investigación fue diseñar las estrategias de eficiencia energética para la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta. Se seleccionaron para el estudio seis industrias que utilizan tecnología de conformado por extrusión, secado artificial y cocción en horno de llama invertida y con una capacidad de producción aproximada de 600 toneladas de material mensual. La metodología utilizada para el desarrollo de la investigación consistió en hacer un diagnóstico energético en las instalaciones industriales con base a: la norma técnica de Sistemas de Gestión de Energía ISO 50001; y la guía de la UPME para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía, donde se hizo el inventario de equipos que consumen energía eléctrica y térmica cuantificando el consumo energético promedio. Al mismo tiempo, se establecieron las acciones para la reducción del uso de energía, mediante sistemas de cogeneración, control de variables de proceso e instalación de sistemas energéticos, bancos de condensadores automatización y control en las etapas del proceso de fabricación de productos cerámicos.

Palabras clave: Energía, eficiencia energética, cogeneración, industria cerámica, ISO 50001.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una manifestación del aumento de la producción de gases invernadero producto principalmente del uso de energía fósil, los cuales han alcanzado un record de 415,4 ppm de dióxido de carbono CO₂, con efectos en el incremento del calentamiento de la tierra en 1,1°C (ONU, 2019); y que aumentan la atención para un mejor uso de la energía.

La gestión energética es un factor determinante de la productividad del sector industrial. Esta depende del avance de la tecnología y del factor cultura; donde en esta última, existen diversas medidas para lograr el uso racional de los recursos. En este contexto, los retos para la industria se encuentran en: desarrollar nuevas tecnologías para generar energías verdes y optimización de proceso; aplicar sistemas automatizados de control operacional de los sistemas de producción para bajar el nivel de la demanda de recursos del ambiente y el uso de materiales emergentes para la disminución de CO₂ (Vásquez et al., 2017).

La eficiencia energética se entiende como la relación entre la energía de salida y la de entrada en un proceso específico, donde se busca el aprovechamiento adecuado de la energía, no empleándola en actividades innecesarias y utilizando el mínimo consumo de energía posible (Martín, 2011).

Una herramienta o metodología para que las empresas coordinen sus acciones dirigidas a cumplir con el objetivo de ahorro de energía; es la Norma ISO 50001 (Dörr et al., 2013), (Hang, 2015) donde su meta es disponer de sistemas requeridos para la productividad energética dentro de las organizaciones, incluyendo dos aspectos fundamentales que tienen relación: consumo, utilización y productividad de la energía (Johnson et al., 2013).

Por otra parte, Colombia dispone de un documento denominado “Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía”, el cual sugiere un patrón de gestión Integral de la Energía (MGIE), para las organizaciones empresariales colombianas. Este modelo puede estar articulado con la gestión de la organización con el objetivo de reducir el consumo de energía por medio de una cultura energética ambiental, y produzca el aumento de la productividad y un bajo efecto negativo en el ambiente (Campos, 2008).

Las exigencias y tendencias del mercado de la construcción, requieren que las industrias tengan el desafío de optimizar los sistemas de fabricación a través de nuevas tecnologías, uso racional de los recursos y generación de valor agregado, concentrando sus esfuerzos en la productividad y la sostenibilidad medio ambiental.

Es así que a nivel global la industria cerámica es conocida por el alto gasto de energía y producto terminado con poco valor agregado (Monroy et al., 2018). Este debate de la sostenibilidad de la industria fabricante de productos cerámicos para la construcción, se fundamenta en la conservación del ambiente y la productividad; de tal modo se debe emplear el uso eficaz de los recursos, la reducción de despilfarros y contaminación ambiental, exigiendo analizar y reevaluar las prácticas de fabricación y los impactos generados, en particular los relativos al uso racional de la energía (Monfort et al., 2014).

La producción cerámica en Colombia se ha incrementado en una tercera parte en los últimos diez años, y regiones como el área metropolitana de Cúcuta sobresalen por su aporte a ese aumento. En la última década el área metropolitana de Cúcuta ha estado entre los principales productores de materiales de construcción a base de arcilla; siendo la segunda región en la producción nacional de este tipo de productos, debido a la concentración de empresas fabricantes (Monroy et al., 2018).

Los productos de construcción cerámicos fabricados en la región, se clasifican en unidades de mampostería, baldosas cerámicas para revestimientos, pisos y enchapes y tejas cerámicas; donde los sistemas de manufactura más utilizados son: molienda en seco, moldeo o conformado por extrusión y cocción en hornos de llama invertida, con una particularidad, que el 30% de las instalaciones industriales tienen una capacidad de producción de 300 toneladas/mes.

La expansión del sector industrial cerámico en la región en la última década ha ocasionado el incremento en la demanda de carbón que es un combustible fósil utilizado como fuente de generación de energía térmica para hornos y secaderos, al igual que el aumento del uso de la red de energía eléctrica, utilizada para poner en marcha la maquinaria y equipos complementarios que hacen parte del proceso productivo. Este uso de recurso energético se ve reflejado en el impacto negativo al medio ambiente, principalmente en los factores de emisión de CO₂, que es uno de los principales gases invernadero responsables de la variación del clima y el calentamiento en el mundo (Monfort et al., 2010).

Otro aspecto relevante es el consumo de energía y la repercusión en los costos de producción, siendo este rubro uno de los principales costos en la producción de materiales cerámicos. Evaluar la energía térmica y eléctrica utilizada en el proceso se convierte en un elemento para establecer mejores prácticas y la sostenibilidad empresarial; tomando como eje central la reducción de costos y la conservación del medio ambiente (Monfort et al., 2012).

Por lo tanto, la presente investigación ha permitido en primera instancia conocer el consumo energético para la producción de materiales cerámicos de construcción en Cúcuta y su área metropolitana de, aplicando la Norma ISO 50001 y la Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía de la UPME. Además, en segunda instancia se establecieron las estrategias de eficiencia energética que ayuden a disminuir los gases invernaderos generados y al uso racional de la energía por este tipo de industria.

2. MARCO TEÓRICO

La metodología de la investigación utilizó la norma ISO 50001 Sistemas de Gestión Energética y la Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía de la UPME (Campos, 2008). El modelo conceptual adaptado de ISO Sistemas de Gestión de Energía junto con la guía describe las fases de planeación energética; el cual se puede apreciar en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Fases de planeación energética (Carretero, 2012).

Fuente: Elaboración propia

3. METODOLOGÍA

La población objeto de estudio fueron las pymes del sector cerámico de Cúcuta y su área metropolitana, que según Induarcilla (2018) son 20 empresas clasificadas en esta categoría, con procesos de producción por extrusión y uso de hornos de llama invertida para el proceso de cocción. No obstante, se aplicó un proceso de inclusión para la muestra en el estudio, que fue la capacidad de producción; que para el caso en concreto fue seleccionar empresas con capacidad instalada aproximada de 600 toneladas/mes; con el fin de homogenizar las características principales de los sistemas de manufactura y consumos energéticos

De acuerdo a los criterios de inclusión, se tomaron seis industrias fabricantes de productos cerámicos; las cuales se encuentran distribuidas geográficamente en los municipios de: El Zulia, Los Patios y Villa del Rosario, que son entes territoriales que hacen parte del área metropolitana de Cúcuta, Colombia.

La investigación corresponde al nivel de tipo descriptivo, debido a que, a partir del inventario de los equipos que consumen energía eléctrica y térmica de las 20 empresas del sector cerámico, se realizó un diagnóstico energético de las instalaciones industriales para posteriormente plantear acciones para la reducción del uso de energía. El enfoque de la investigación es de naturaleza cuantitativa, por lo que se calculó el consumo energético promedio de los equipos de las empresas que hacen parte de la muestra.

En la Tabla 2.1, se presenta información sobre la distribución geográfica que se seleccionaron como muestra para el estudio.

Tabla 2.1 Distribución geográfica de las industrias objeto de estudio en Cúcuta y su área metropolitana

Industria Cerámica del área metropolitana de Cúcuta		
Muestra	Municipios	Participación (%)
6	El Zulia	57
	Villa del Rosario	29
	Los Patios	14

3.1. Esquema metodológico de las estrategias de eficiencia energética para la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta

Dentro de las fases de intervención para el desarrollo de la investigación, se puede mencionar que inicialmente se describieron las etapas de fabricación convencionales de un producto cerámico para la construcción, teniendo en cuenta las particularidades de producción y tecnología utilizada. Para ello, se hizo un análisis descriptivo desde la etapa de molienda y preparación de pastas cerámicas, pasando por las etapas de moldeo, secado y cocción, hasta el empaque y embalaje del producto final.

Posteriormente, se realizó preliminarmente un inventario de maquinaria y equipos característicos de la industria fabricante de materiales de construcción cerámico en la región; teniendo en cuenta el análisis de la información existente soportados en mediciones de las diferentes fuentes de energía identificadas, agregando que las fuentes energéticas primarias (fuentes de energía útiles) halladas fueron energía eléctrica y carbón. Para este caso, se tomó como referente los medidores de energía eléctrica en producción, facturas del servicio de energía eléctrica; conjuntamente con las facturas de compra de carbón a los proveedores y reportes de consumo energético en hornos.

Por último, se diseñaron de estrategias alineando el modelo de gestión integral de la energía estudiado en la guía de la UPME y la norma ISO 50001, tomando como punto de partida la definición clara de metas, impactos esperados e indicadores de eficiencia. Para ello, se aplicó una serie de estrategias emanadas de los análisis y diagnósticos realizados en las instalaciones industriales estudiadas. En la Figura 2.2, se presenta el esquema de intervención a la muestra seleccionada para el estudio.

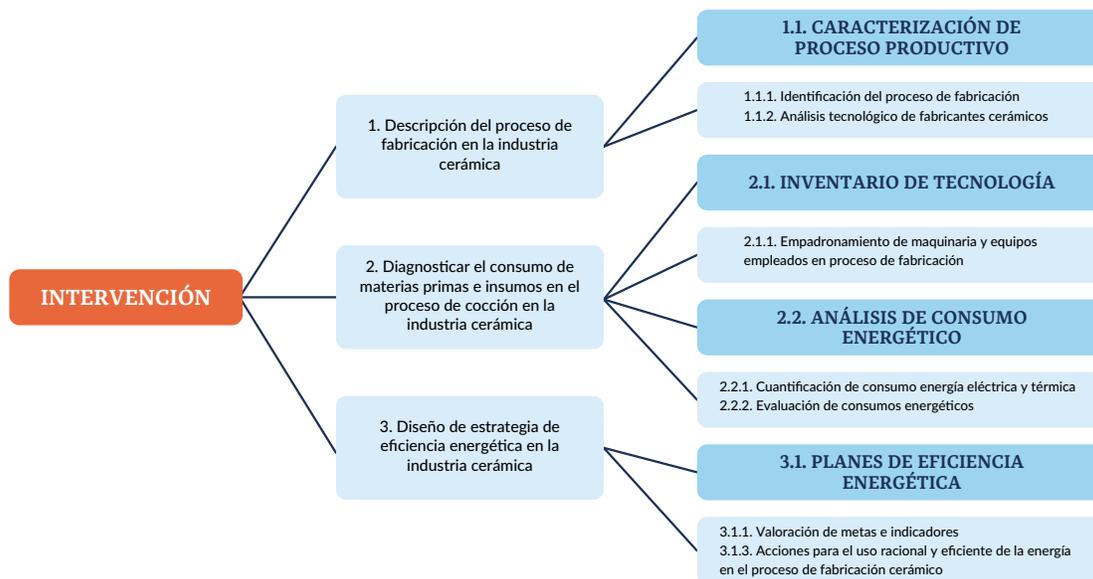


Figura 2.2 Esquema de intervención de las industrias cerámicas seleccionadas como objeto de estudio

Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

4.1. Producción de productos cerámicos de construcción en Cúcuta y su área metropolitana

Según Sánchez (2010) con base al estudio realizado por el SENA, amplía la descripción de los tipos de empresas de acuerdo con las etapas de proceso de fabricación del sector cerámico de Cúcuta y su Área Metropolitana se encuentra clasificadas de la siguiente manera (ver Tabla 2.2):

Tabla 2.2 Tipología de empresas del sector cerámico de Cúcuta y su área metropolitana con base a las etapas de fabricación

Tipo de empresa	Explotación y explotación de arcilla	Envejecimiento de la arcilla	Moldeo y corte	Secado	Cocción
Chircal artesanal	Explotación a cielo abierto Arranque de forma manual	No se realiza este proceso	Moldeo manual, se utilizan moldes llamados gabereras	Natural	Hornos Fuego Tirado < 2 hornos
Chircal mecanizado	Explotación a cielo abierto Arranque de forma manual	No se realiza este proceso	Cortadora manual Moldeo por extrusión sin vacío (hechizas)	Natural	Hornos Tipo Pampa < de 2 hornos
Ladrilleras pequeñas	Explotación a cielo abierto Arranque de forma manual Arranque de forma directa con ayuda de maquinaria pesada	El proceso se realiza por un período no mayor a dos semanas	Cortadora manual Moldeo por extrusión al vacío Cortadora mecánica	Natural y/o artificial	Hornos Colmena y Hoffman. Entre 3 y 5 hornos
Ladrilleras medianas	Explotación a cielo abierto Arranque de forma directa con ayuda de maquinaria pesada	Este proceso puede durar períodos entre 6 y 12 meses	Moldeo por extrusión al vacío Cortadoras automáticas y mecánica	Natural y artificial	Colmena y Hoffman > a 6 hornos

Fuente: Sánchez, 2010.

Los fabricantes de productos cerámicos tomadas como objeto de estudio, presentan características homogéneas en su capacidad de producción y en la tecnología utilizada para los procesos de fabricación. Estos se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Proceso de fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta

Etapa de proceso	Descripción	Tecnología utilizada
Explotación	Extraer materia prima (arcilla)	Cuenta con maquinaria pesada para la operación minera mecanizada (Bulldozer)
Homogenización	Mezclar materias primas en patio y almacenamiento	La arcilla extraída se transporta en volquetas hasta la planta donde se deposita en los patios de maduración mediante maquinaria pesada (Bulldozer).
Molienda y Tamizado	Moler la pasta cerámica por vía seca, y obtener una distribución granulométrica controlada	Se emplean molinos de martillos oscilantes
Amasado o Mezclado	Adicionar el 25% agua a la pasta para elaborar una masa plástica	Cuentan las empresas con amasadoras y laminadores, controlando el flujo de arcilla y de agua que entra al proceso, a través de un amperímetro
Moldeo y corte	Realizar la conformación de la pieza y ajuste de dimensiones en húmedo	La tecnología empleada es moldeo por extrusión al vacío y corte a través de cortadora eléctricas y neumáticas
Secado	Secar las piezas conformadas	La tecnología empleada es secado natural y artificial por secaderos intermitentes
Cocción	Realiza el proceso de sinterización de las piezas cerámicas	El proceso se realiza en horno intermitente de llama invertida o colmena
Selección y almacenamiento de producto	Seleccionar y clasificar el producto terminado para disponerlo en el almacén	El proceso se realiza por inspección visual. Las unidades de mampostería se almacenan a granel, mientras que las baldosas se embalan en plástico termo encogible y junto con las tejas cerámicas se estiban, utilizando para sujetarlo zunchos y flejes

Una vez realizada la descripción de los procesos de fabricación se puede inferir que los principales sistemas de fabricación son mecanizados, con uso intensivo en mano de obra y manipulación de forma manual o mecánica de los productos intermedios y finales elaborados.

Además, se puede afirmar que las pymes del sector cerámico regional presentan deficiencias que afectan la productividad y competitividad tales como: tecnología obsoleta, deficiente automatización industrial, baja medición y control de parámetros técnicos de los procesos y productos fabricados (unidades de mampostería y baldosas cerámicas no esmaltadas en su gran mayoría) y falta de estandarización de procesos que repercuten directamente en: elevados costos de producción, baja excelencia operacional, uso irracional de materias primas y energía y alto impacto ambiental; a diferencia de las pymes de industria cerámica en España y Brasil que utilizan tecnología automatizada para el desarrollo y control de la fabricación de productos cerámicos, y su producción está concentrada en la elaboración de baldosas esmaltadas, azulejo y gres porcelánico (Alves et al, 2011; Celades et al., 2012).

4.2. Diagnóstico energético de la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta

La caracterización de consumo de energía se tuvo teniendo en cuenta el análisis de uso y consumo de energía para la fabricación de productos cerámicos de construcción, identificando el consumo significativo en cada etapa de proceso, tomando como referente la norma técnica ISO 50001 “Sistemas de Gestión Energética” y la Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía de la UPME.

Para tal fin se realizó un diagrama esquemático para valorar los consumos y aspectos ambientales que interviene en cada etapa de operación. En la Figura 2.3, se presenta el diagrama por etapas y fabricación de productos cerámicos y sus impactos ambientales.

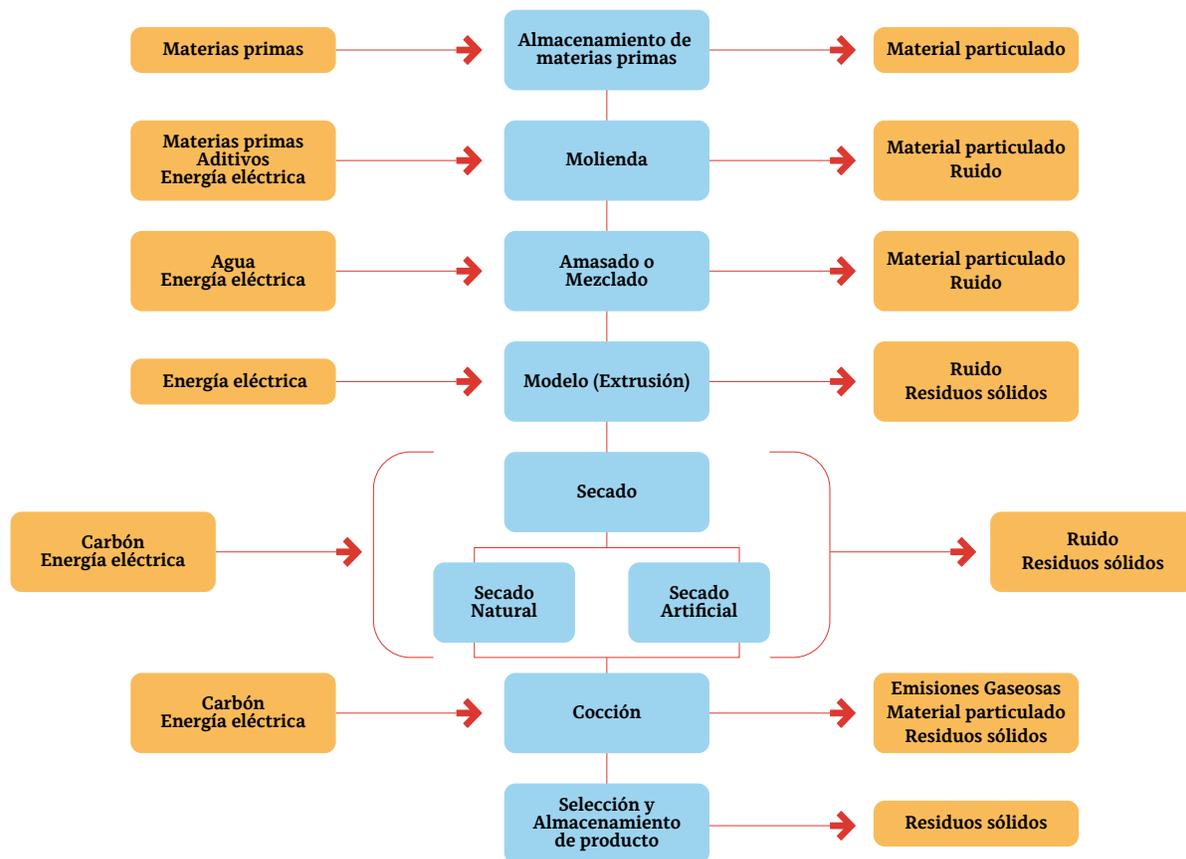


Figura 2.3 Diagrama esquemático del proceso de fabricación de productos cerámicos utilizado por las empresas de Cúcuta y su área metropolitana.

Fuente: Elaboración propia

Uno de los sectores industriales con mayor demanda de energía en la región es la industria cerámica, el cual implica tener un alto volumen de equipos en las etapas de fabricación, teniendo en cuenta que en este factor interviene el grado de mecanización que tienen las instalaciones industriales, y las cuales se pueden constatar con las empresas analizadas. A su vez, existen subprocesos que requieren de sistemas de transporte u operaciones manuales. Todo esto, hace que se destaque la gran influencia de los costos energéticos y de mano de obra entre el 25 y el 40% del valor del producto de construcción a base de arcilla elaborado (Universidad del Atlántico et al., 2006).

4.2.1. Consumo de energía eléctrica en la fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana

En la Tabla 2.4, se presenta el inventario de equipos y sus consumos energéticos para una capacidad instalada de producción promedio de 600 toneladas/mes.

Tabla 2.4 Proceso de fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta

Etapa	Maquinaria y equipos	Consumo de energía eléctrica (Kwh/mes)	Total, consumo de energía eléctrica (Kwh/mes)
Molienda	Cajón Alimentador	53	1.908
	Sistema de Bandas Transportadoras	159	
	Molino de martillos	1.290	
	Elevador de cangilones	406	
Mezclado	Sistema de Bandas transportadoras	103	822
	Mezcladora	719	
Extrusión	Sistema de Bandas transportadoras	245	3.225
	Extrusora con bomba de vacío	2.812	
	Cortadora eléctrica	168	
Secado	Sistema de ventiladores	533	772
	Sistema de extractores	239	
Cocción	Ventilador tiro	342	342
Total, energía eléctrica consumida		7.069	7.069

De acuerdo a los datos reportados en los medidores de energía en el área de producción y la revisión simultánea de la facturación de energía eléctrica realizada; se estimó la demanda eléctrica de los equipos que componen las instalaciones industriales cerámicas en el área metropolitana de Cúcuta con capacidad instalada de 600 toneladas de producto; cuyo consumo promedio de energía eléctrica es de: 7.069 kW-h/mes.

En las Fig. 2.4. y 2.5 se puede observar la distribución de consumo de energía por etapa de proceso para la fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana.

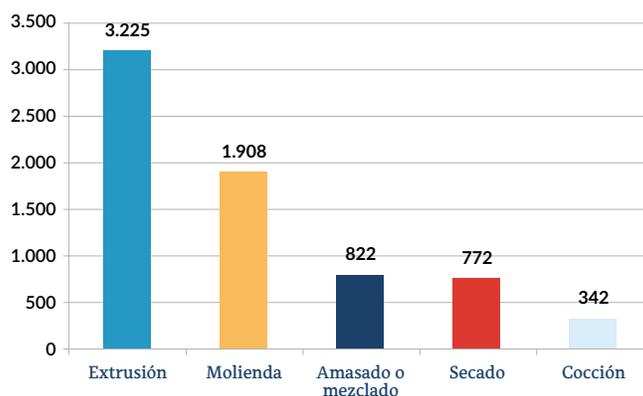


Figura 2.4 Distribución del consumo de energía eléctrica (KWh/mes) del proceso de fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta

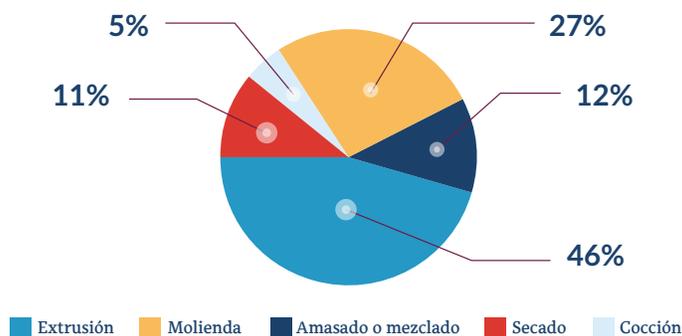


Figura 2.5 Distribución porcentual del consumo de energía eléctrica del proceso de fabricación de productos cerámicos de Cúcuta y su área metropolitana

Se puede apreciar el significativo consumo de energía eléctrica que se concentra en las etapas de proceso de: moldeo por extrusión, molienda y amasado con un 84% equivalente a 5.955 Kwh/mes; mientras que el restante 16% del consumo de energía eléctrica, es decir, 1.114 KWh/mes; está en las etapas de secado y cocción.

4.2.2. Consumo de energía térmica en la fabricación de productos cerámicos en Cúcuta y su área metropolitana

La demanda de combustible mensual necesaria para el ciclo de secado artificial y cocción en el horno de llama invertida corresponde a 139.000 kg de carbón, distribuido el consumo en 18% en la etapa de secado, y el 82% en la operación de cocción.

Según los análisis próximos de los carbones de Norte de Santander, se estimó que el poder calorífico promedio del carbón suministrado en las operaciones de secado y cocción en la industria cerámica de Cúcuta y su área metropolitana corresponde a 8.53kWh/kg (Bustos et al., 2007); el cual se aplicó para realizar los cálculos de energía térmica.

En la Tabla 2.5, se presenta la cuantificación de energía térmica utiliza en las instalaciones industriales cerámicas con una capacidad instalada de producción promedio de 600 toneladas/mes.

Tabla 2.5 Consumo de energía eléctrica en el proceso de producción cerámica de Cúcuta y su área metropolitana

Etapa	Masa (Kg)	consumo de energía térmica (Kwh/mes)	Porcentaje (%)
Secado	25.000	213.250	18%
Cocción	114.000	972.420	82%
Total	139.000	1.185.670	100%

El consumo de energía térmica en el proceso de producción cerámica para la construcción en el área metropolitana de Cúcuta es de: 139.000 kWh/mes; distribuidos en la etapa de cocción con el 82% y en secado con el 18%; como se pueden observar en la Figura 2.6.

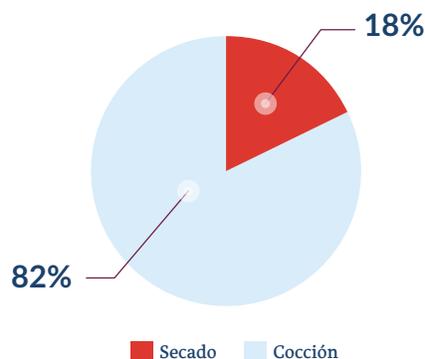


Figura 2.6 Distribución porcentual del consumo de energía térmica en el proceso de producción cerámica en Cúcuta y su área metropolitana

El gasto energético es mayor en el ciclo de cocción, comparado con el secado, esta diferencia radica en dos aspectos fundamentales: la temperatura de sinterización o gresificación de los productos cerámicos que asciende a 1050°C (Bustos et al., 2007), mientras que la temperatura del proceso de secado de piezas cerámicas oscila entre: 60°C-80°C. Al mismo tiempo, se desarrolla el retorno de aproximadamente el 40% de los gases de combustión generados en la etapa de cocción al secadero artificial como flujo de aire caliente para optimizar la operación; aunque es una estrategia de cogeneración; esta no es controlada del todo y no existen datos o información suficiente para poder medir su eficiencia.

4.2.3. Consumo global de energía en el proceso de producción cerámica en Cúcuta y su área metropolitana

En la Tabla 2.6, se presenta el análisis de demanda de energía en el sector cerámico de Cúcuta y su área metropolitana.

Tabla 2.6 Demanda global de energía en la producción cerámica en el área metropolitana de Cúcuta

Consumo de fuentes de energía	consumo de energía (Kwh/mes)	Porcentaje (%)
Energía Eléctrica	7.069	1%
Energía Térmica	1.185.670	99%
Total	1.192.739	100%

Si se compara el gasto energético suministrado para la producción cerámica de Cúcuta y su área metropolitana, con respecto a las demandas energéticas de las industrias de baldosas cerámicas en España y Brasil, se puede afirmar que a nivel local, el mayor consumo energético está dado por la energía térmica con el 99% y el 1% es de energía eléctrica; mientras que en contraste, la industria cerámica española y brasileña tiene una distribución de gasto energético térmico de 92% de la demanda final de energía, y el sobrante 8% de consumo de energía eléctrica necesaria para la fabricación de baldosas cerámicas (Alves et al., 2011).

La lógica de producción es que a mayor volumen de productos incrementa la demanda energética, teniendo como premisa que la demanda de energía total está unida al desarrollo de la producción. No obstante, en el caso español si se mide el consumo energético per cápita en toneladas de producto, a medida que se han implementado cambios tecnológicos en la producción, ha ido variando la solicitud de combustibles mejorando la eficiencia energética. Es así que la utilización de combustibles líquidos y sólidos disminuyó en la década de los 80, implementándose como alternativa el uso de gas natural (Monfort et al., 2014), cuyo uso en los hornos de rodillos se fue generalizando rápidamente mejorando el desempeño energético e impacto ambiental.

4.3. Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica de Cúcuta y su área metropolitana

De acuerdo al diagnóstico energético realizado en la industria cerámica de la región, se evidencian que existe una alta demanda de energía y baja productividad. Añadido a ello, el impacto ambiental por generación de gases de combustión efecto invernadero como es el CO₂, hace prioritario que se establezcan cambios sustanciales, lo que hace que el sector cerámico requiera acciones dirigidas a reducir el impacto ambiental y los costos de producción para mejorar la productividad y competitividad, mediante el uso eficiente del carbón como herramienta fundamental para lograr un equilibrio entre economía y medio ambiente, manteniendo el nivel de sostenibilidad empresarial; sabiendo que en la actualidad las empresas han visto cómo la energía ha pasado de ser un factor marginal en su estructura de costos para constituirse un elemento importante en los costos (Vanegas et al., 2012).

En la Tabla 2.7, se muestran las estrategias de eficiencia energética en el sector cerámico de Cúcuta y su área metropolitana; que se focalizan en los 3 procesos que tiene mayor demanda energética global que son: moldeo o conformado por extrusión, secado y cocción.

Tabla 2.7 Estrategias de eficiencia energética en la industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta

Etapa de Proceso	Estrategia de eficiencia energética	Descripción de la estrategia	Aportes
Amasado	Uso de aditivos para mejorar las propiedades de la pasta cerámica y su comportamiento físico cerámico	Los aditivos permiten mejorar las propiedades plásticas de la pasta permitiendo el moldeo con un porcentaje bajo de agua.	Mayor compactación en el proceso de extrusión disminuyendo el consumo de energía en conformado. Reducción de contenido de agua que se debe extraer en secado.
Amasado	Regulación automática y controlada de la adición del agua de amasado a la pasta cerámica	Evita un contenido excesivo de agua en las piezas moldeadas, que luego repercutiría en un aumento del consumo energético del secado.	Reducción de flujo de calor en el proceso de secado
Moldeo	Extrusión aplicando vapor conocida como extrusión dura	Plasticidad con un nivel bajo de agua.	Reducción del consumo de energía eléctrica mejorando la vida útil del equipo.
Moldeo	Aplicación de prensado en seco	Moldeo de piezas con un menor contenido en agua.	A menor humedad del producto moldeado, menor es el calor teórico en el secado. Permite crear productos con formatos más grandes y con un menor peso que optimiza el consumo energético en secado y cocción.
Moldeo	Reducción de desperdicios en extrusión	Eliminar los reprocesos que generan despilfarros y desperdicios de material	Optimiza el uso racional de energía mediante el incremento de la productividad
Secado	Utilización de calor sensible de los hornos de cocción	Cogeneración del calor disipado de los hornos de cocción para arrastrarlos a los ductos de secado y aprovechar el aire caliente para secar los productos cerámicos húmedos	Reducción del uso de combustible para la generación de calor

Etapa de Proceso	Estrategia de eficiencia energética	Descripción de la estrategia	Aportes
Secado	Aislamiento térmico de cerramientos y paredes de secadero artificial	Aislamiento térmico del cuarto de secado y ductos de gases calientes provenientes del horno mejora notablemente el rendimiento energético con una inversión reducida	Optimiza el uso racional de energía en el secadero
Secado	Implementación de sistemas de control de la etapa de secado	Las características especiales del secado de piezas cerámicas y la necesidad de mantener rigurosamente unas condiciones determinadas de humedad y temperatura configuran el secado como una operación donde tienen un amplio campo de aplicación los sistemas de regulación automática.	El empleo de sistemas de control conduce a una reducción del consumo energético del secado debido a que permite un mayor ajuste a las condiciones de secado ideal; reduciéndose la duración del secado y elevando la calidad del producto (bajo nivel de roturas).
Secado	Uso de secaderos continuos	Los secaderos continuos aceleran la velocidad del proceso y aumentan el rendimiento y eficiencia de producción	Incremento de la velocidad de secado. Disminución del consumo energético. Manejo automatizado de la humedad y la temperatura. (horno túnel).
Cocción	Manejo de atmosferas en el horno de cocción	El espacio del horno ayuda a producir variaciones físicas y reacciones químicas que tienen lugar durante la cocción de las piezas cerámicas controla la velocidad de numerosos procesos y la fusibilidad de los sistemas cerámicos.	Reducción de los ciclos de cocción y por ende disminución del uso del combustible Mejoramiento de la calidad de las piezas (disminuye el índice de roturas en cocción).
Cocción	Encañado o endagado óptimo para el aprovechamiento del calor en el proceso de cocción (productos cerámicos)	Se denomina encañado la disposición de las piezas en el interior del horno. Facilita la transmisión de calor.	Facilita la entrada de gases de manera homogénea en el proceso de cocción. Mejora la circulación de los gases en la cámara del horno. La permeabilidad de las aglomeraciones del producto permite la entrada de los gases y la distribución del calor en cualquier parte del horno para la homogenización de la temperatura con mayor velocidad.
Cocción	Reducción de pérdidas de calor en el horno	Optimización de la aplicación del calor y reducción de pérdidas por las paredes y solera del horno	Maximiza la aplicación de calor y reducción de la cantidad del combustible utilizado
Cocción	Sustitución de hornos con mayor eficiencia	Reconversión tecnológica a hornos continuos en especial horno túnel	Aumento de la productividad Reducción del consumo de carbón por tonelada de producto
Secado y Cocción	Sustitución de combustible	Cambio del carbón como fuente para generación de energía térmica en los hornos, por un combustible con mayor poder calorífico o más limpio	Mejoramiento del proceso de combustión y reducción de cantidad, costos y contaminantes atmosféricos. Incremento de la eficiencia energética en cocción.

5. DISCUSIÓN

Un aspecto importante a resaltar es la tasa de emisión de CO₂; que según estudios realizados, solamente en el proceso de cocción en la industria cerámica de Cúcuta y su área metropolitana, se estiman en 593 Kg CO₂/1000 kg de producto cerámico (Monroy et al., 2020), en comparación con las tasas promedio de emisión de combustión originadas en la fabricación de baldosas cerámicas en Europa, que están entre 248 y 271 kg CO₂/ 1000 kg de producto cerámico (Monfort et al., 2012), teniendo en cuenta que la brecha en cuanto a energía térmica radica en dos particularidades: el nivel tecnológico (automatización industrial) utilizado en los procesos de fabricación en Europa y, por otro lado, el tipo de combustible utilizado por fabricantes europeos de azulejos que es gas natural; a diferencia de la industria cerámica de Cúcuta y su área metropolitana, que utiliza procesos mecanizados, hornos intermitentes y carbón mineral como combustible.

Si se compara el gasto energético térmica y la relación con la generación de emisiones de CO₂ per cápita por industria cerámica en el área metropolitana de Cúcuta con respecto a las industrias de baldosas cerámicas en España y Brasil, se observa que es significativo (Alves et al., 2011), el cual se centraliza en la etapa de secado y cocción; que es donde se necesita fuentes de energía térmica; siendo esta última etapa poco eficiente en la industria cerámica regional por el tipo de horno empleado que es de llama invertida conocido con el nombre de horno colmena. Esto hace inferir que el principal desafío para garantizar la sostenibilidad de las empresas aglomeradas en este sector es el uso racional de la energía térmica.

la eficiencia energética global (eléctrica y térmica) en la industria cerámica española y brasilera en comparación con la de la región, es superior por el tipo de tecnificación y automatización de las plantas de producción y las características de los productos elaborados, específicamente por los volúmenes y tipos de productos fabricados que optimizan el uso racional de la energía, medición y control de pérdidas de energéticas, y sistemas de cogeneración con altos rendimientos (Alves et al., 2011; Monfort et al. 2012).

Dentro de las principales estrategias de eficiencia energética para el sector cerámico se encuentran:

El uso de aditivos cumple la función de acelerar la permeabilidad del producto para permitir el desplazamiento del agua a la superficie. Por lo anterior se previene las fisuras y el tiempo del secado (Álvarez et al., 2018). El ahorro energético conseguido con estas mejoras se puede cifrar en un rango de un 5 -10% del consumo del secadero (Universidad del Atlántico et al., 2006).

Si se realiza la extrusión del material con baja humedad por la técnica de aplicación de vapor o extrusión dura se minimiza el uso de energía en el secado. Por el contrario, la compresión eleva el nivel del uso de electricidad, aun cuando el cálculo total de energía inicial es propicio para esta condición.

La cocción es la etapa de gran valor en la elaboración de materiales en cerámica desde el uso de la energía. Por otro lado, se logra un descenso del uso de energía importante identificando e implementado el horno y el sistema de cocción; variando las materias primas y enriqueciendo la transferencia del calor dentro del horno y bajando el nivel de pérdidas de calor.

En la industria cerámica local una alternativa es la reconversión tecnológica a hornos túnel. La productividad térmica de un horno esta entre el 70% y 75%, relacionado con el calor de la combustión y al poder calorífico del combustible; siendo más eficiente energéticamente que un horno Hoffman, que varía entre el 50% y el 55%.

El mismo comportamiento ocurre con el secadero de cámaras con una eficiencia del 45% al 55%, entre tanto el secadero túnel es mayor al 70% (Universidad del Atlántico et al., 2006).

La cogeneración (producción conjunta de electricidad y energía térmica útil) podría ser una opción viable para el ahorro energético, obteniendo menor costo de la electricidad auto consumida y del beneficio adicional por el vertido a la red eléctrica de la energía excedente. A su vez, disminuiría la contaminación y generación de CO₂.

Una de las principales barreras para la implementación de sistemas de cogeneración en las instalaciones industriales cerámicas son los elevados déficit de tarifa y costos del sistema eléctrico, el régimen proteccionista eléctrico que prima la producción de electricidad y no en el aprovechamiento energético y recirculación de energía, sumado a la complejidad técnica de tomar energía cerca a los quemadores u hornillas convencionales, que hace que no sea rentable el empleo de turbinas con cogeneración.

Por tanto, para la cogeneración de forma más eficiente en la industria cerámica sería apostarle a tomar el calor para los secaderos de forma controlada automáticamente, donde la fuente procedería del aire caliente de los hornos de cocción; que, aunque se realiza en estos momentos es muy rudimentaria en la práctica. Por lo cual si se aplica sistémicamente esta técnica que no se considera una instalación tan costosa en inversiones y de difícil gestión como es el conjunto turbina/generador turbinas, salvo que la planta esté muy alejada de una red eléctrica general o bajo circunstancias técnico administrativas más favorables (Quintela, 2014); podría ser una alternativa con gran margen de rentabilidad.

Es preciso afirmar que la industria cerámica a nivel global y regional presentan la misma tendencia en materia de regulación ambiental, que es el reto del cumplimiento estricto de las normativas medio ambientales; que cada día tiene mayor rigor en los límites permisibles de: emisiones, ruido y vertimientos, lo que implica mayor severidad en el control y sanciones (Artola, 1996), por lo que se deben tomar medidas para garantizar una gestión ambiental integral en la industrias cerámica de la región, potencializando sistemas de manufactura más eficientes y productivos; donde el ahorro energético y el uso de combustible están en la agenda del día; más aún, que según lo dispuesto por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, en los ajustes normativos, y en especial la Resolución 909 de 2008; modifica y estrecha el control de emisiones atmosféricas en fuentes fijas (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017); que para la industria cerámica se constituye en la impronta de reconversión tecnológica y uso racional de combustibles como el carbón que son la fuente de energía térmica para no exceder los parámetros de emisiones de gases de combustión y material particulado.

6. CONCLUSIONES

El consumo de energía térmica es significativamente mayor a la demanda de electricidad para la fabricación de productos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta, con una distribución porcentual de 99% en demanda energética; siendo menos eficiente que los procesos de la industria cerámica española y brasilera que son dos referentes a seguir.

El consumo significativo de energía a nivel global se concentra en la etapa de cocción y secado, siendo las que generan mayor impacto ambiental y que se constituyen en los principales desafíos para la sostenibilidad empresarial.

El conocimiento por parte de las industrias de la región del consumo eléctrico y térmico en la fabricación de productos cerámicos de construcción, permitió establecer acciones para mejorar el desempeño energético. Estas estrategias se abordan en las etapas de proceso de preparación de pastas mediante el uso de aditivos que mejoren el comportamiento físico cerámico; amasado o mezclado controlando la dosificación del agua; en extrusión donde se plantea una alternativa de aplicación de vapor y la técnica de extrusión dura; en secado el control de variables de proceso, cogeneración a través del aprovechamiento del calor proveniente de los hornos de cocción, mejoramiento y reconversión de equipos para el secado artificial constituyen las opciones para la reducción energética en esta etapa, y fortalecer la eficiencia energética en cocción a través de optimización y control de atmosferas y encañado de piezas cerámicas, reducción de las pérdidas de calor, recambio del carbón como combustible; y actualización tecnológica utilizando hornos túnel.

Las exigencias para las empresas del sector industrial cerámico en sus operaciones, necesariamente, se orientan a una cultura de ahorro energético y de materias primas e insumos, reduciendo significativamente las emisiones atmosféricas nocivas, para contribuir a la evolución de una sociedad global con baja

generación de emisiones de carbono, gracias al uso eficiente de los recursos y uso racional de la energía, conjuntamente con la utilización de energías limpias, teniendo en cuenta que se estima en el escenario al año 2050 la generación de 500 ppm para el CO₂ y el calentamiento global de 3°C por los gases efecto invernadero.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Asociación de Industriales de la Arcilla Induarcilla, por el apoyo brindado para la recolección de información con las pymes objeto de estudio.

Al mismo tiempo se le agradece a la Red EISI que ha permitido la integración de las universidades regionales y mediante la articulación y trabajo colaborativo han permitido que se abran estos espacios de participación para el desarrollo de productos de generación de conocimiento como este que se ha desarrollado.

Por último, sin dejar de ser menos importante, agradecimientos a nuestra institución Universidad Libre Cúcuta por el acompañamiento y apoyo brindado permanentemente de sus directivas para fortalecer los procesos de investigación; y que se han reflejado en los espacios facilitados para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- 1 Álvarez, D. et al. (2018). Características de las materias primas usadas por las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta (Colombia). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 57(6). 247-256.
- 2 Alves, F. et al. (2011). Brasil x Espanha: Consumo de energía térmica e emissões de CO₂ envolvidos na fabricação de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica Industrial*, 16(4), 2011. 13-20.
- 3 Artola, M. (1996). Legislación ambiental aplicable al sector del vidrio y cerámica; Situación actual y tendencias. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 35. 37-52.
- 4 Bustos, A. C. y Guevara E. Y. (2007). *Evaluación comparativa técnica, económica y ambiental de hornos colmena utilizando como combustible carbón, fuel oil, gas natural y el nuevo combustible CCTA*. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.
- 5 Campos, J. et al. (2008). *Sistema de gestión integral de la energía. Guía para la implementación*. Bogotá, Colombia, UPME-Colciencias.
- 6 Carretero, A. (2012). *Sistemas de gestión de eficiencia energética ISO 50001, 2011. La contribución a la eficiencia energética de los sistemas de gestión y las auditorías energéticas*. Madrid, España.
- 7 Celades, I. et al. (2012). Environmental development of the Spanish ceramic tile manufacturing sector over the period 1992–2007. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 51(2), 111-118.

- 8 Dörr, M., Wahren, S. y Bauernhansl, T. (2013). Methodology for Energy Efficiency on Process Level, *Procedia CIRP*, 7. 652-657.
- 9 Hang, H. (2015). Energy management systems and market value: Is there a link, *Economic Modelling*. 46, 70-78.
- 10 Induarcilla (2018). *Inventario de empresas cerámicas de Norte de Santander*. Cúcuta, Colombia.
- 11 Johnson, H. et al. (2013). Will the ship energy efficiency management plan reduce CO₂ emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code. *Maritime Policy & Management*, 40(2), 177-190.
- 12 Martín, F. (2011). Certificación de Sistemas de Gestión de Eficiencia Energética. *Revista Técnica Industrial*, 293. 60-65.
- 13 Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), Resolución 909 de 2008. Emisiones aceptables de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas. Bogotá, Colombia.
- 14 Monfort, E. et al. (2010). Análisis de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 49(4). 303-310.
- 15 Monfort, E. et al. (2012). Consumo de energía térmica y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de baldosas cerámicas Análisis de las industrias española y brasileña. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 51(5). 275-284.
- 16 Monfort, E. et al. (2014). La evolución energética del sector español de la cerámica. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 53(3). 111-120.
- 17 Monroy, R. et al. (2018). Consumption of energy in the manufacturing of ceramic bricks in the metropolitan area of Cúcuta, Colombia. *IOP Conf. Series*, 1126 (012014). 1-7.
- 18 Monroy, R. et al. (2020). Evaluation of CO₂ Emissions in the Firing Process of the Ceramic Industry from Metropolitan Area of Cúcuta, Colombia. *Technology and Engineering Systems Journal*.
- 19 ONU. (2019). Cambio climático, Estados Unidos. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>. (16 de julio 2020).
- 20 Quintela, J. (2014). La eficiencia energética empieza con el diseño de la planta cerámica. *Qualicer*. Castellón, España.
- 21 Sánchez J. (2010). *Estrategias para la competitividad del cluster de la cerámica del Área Metropolitana de Cúcuta*. Universidad Nacional y Experimental del Táchira. San Cristóbal, República Bolivariana de Venezuela.
- 22 Universidad del Atlántico et al (2006). *Ahorro de energía en la industria cerámica*. Bogotá, Colombia.
- 23 Vanegas, J. and Botero, S. (2012). Economy and challenges of the ceramic industry. *Lectura Económica*. 77. 129-161.
- 24 Vásquez, C. et al. (2017). Sistema de gestión energética y ambiental de Productos Alimex CA. *Suma de negocios*. 8. 115-121.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN CONCENTRADO ALIMENTICIO INTEGRAL EN LA ETAPA DE LEVANTE DE LA CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*)

EVALUATION OF THE EFFECT OF AN INTEGRAL FOOD CONCENTRATE IN THE RAISING STAGE OF THE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*)

MSc. Claudia I. Arámbula-García*, MSc. Claudia E. Díaz-Castañeda*, MSc. Juan C. Acevedo-Páez *
PhD. Judith del Pilar Rodríguez Tenjo**, MSc. Jhon E. Lizarazo Parada***

***Universidad de Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Eureka UDES, Facultad de Salud, Grupo de Investigación CRISÁLIDA.
{cl.arambula, cl.diaz, jua.acevedo}@mail.udes.edu.co

** **Universidad Francisco de Paula Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación y Desarrollo de Software – GIDIS-UFPS.
judithdelpilar@ufps.edu.co

*** **Servicio Nacional de Aprendizaje**, SENA, Grupo de Investigación GINDET SENA.
jlizarazop@sena.edu.co

Resumen: La producción piscícola en Colombia ha ido en aumento en los últimos años, destacando a la cachama blanca como una de las especies promisorias. Sin embargo, existe una constante preocupación por los altos costos de producción, especialmente por la alimentación. Por lo tanto, se deben buscar alternativas nutricionales orientadas a mejorar la productividad del cultivo. Esta investigación consistió en elaborar un suplemento alimenticio para la cachama blanca a base de hongo orellana, alga macrófita y harina de lenteja, para evaluar su efecto durante la etapa de levante. Se determinó que la dieta F1 presentó un aumento en talla y peso en los alevinos muy cercano a la dieta de referencia (control), lo que permite elegirla como la dieta óptima por tener materias primas de fácil acceso, proveer una buena conversión alimenticia y permitir un porcentaje de sobrevivencia en los individuos en estudio por encima del 85%.

Palabras clave: Cachama blanca, concentrado alimenticio, hongo, alga macrófita, harina de lenteja.

Abstract: The fish production in Colombia has been increasing in recent years, highlighting cachama blanca as one of the promising species. However, there is a constant concern about high production costs, especially for food. Therefore, nutritional alternatives aimed at improving crop productivity should be sought. This research consisted of developing a food supplement for cachama blanca based on orellana mushroom, macrophyte algae and lentil flour, to evaluate its effect during the raising stage. It was determined that the F1 diet presented an increase in size and weight in the fry very close to the reference diet (control), which allows it to be chosen as the optimal diet due to having easily accessible raw materials, providing good feed conversion and allowing a survival rate in the individuals under study above 85%.

Keywords: Cachama blanca, food concentrate, mushroom, macrophyte algae, lentil flour.

1. INTRODUCCIÓN

El sector piscícola en Colombia agrupa múltiples agentes económicos que participan en las diferentes actividades de producción y comercialización de los productos finales e intermedios de la cadena agroindustrial, donde se resaltan de manera importante actividades como la producción de alevinos, juveniles y adultos, procesamiento y comercialización de los peces (MADR-IICA, 2012). De otro lado, se conoce la vinculación de manera paralela a la dinámica de la cadena productiva, algunas actividades correspondientes a la elaboración del concentrado balanceado para peces, la prestación de servicios financieros y logísticos.

En el contexto nacional la producción piscícola ha ido en aumento de un 12% desde 1990 llegando en el 2011 a 74.270 TM, de las cuales 99.9% proceden de la piscicultura continental, con un 65% y un 21% de producción de tilapia y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) respectivamente, siendo el 66% del volumen total de producción correspondiente a cultivos semintensivos en estanques en tierra y 34% cultivos intensivos en jaulas (AUNAP, 2013). En el 2004 el departamento del Meta registró costos de producción para el cultivo de cachama de US\$2.128,91 por ciclo productivo a bajo nivel (2.5 ton) y US\$24.745,14 por ciclo para mediana producción (31.5 ton) (Espinal et al., 2005), incluso se dice que, sin importar la especie a cultivar, el costo de producción por alimento en el Meta ocupa el principal rubro entre 67 y 72%, alcanzando hasta el 80%. Por otro lado, en el departamento de Santander el costo por alimento ocupa el tercer puesto (24%), siendo el costo de excavación y movimiento de tierra, los cuales incluyen el transporte y alquiler de la máquina, el combustible y el pago al conductor representan el 55%. No obstante, omitiendo los costos de infraestructura y compra de equipos, el alimento ocupa el principal rubro representando un 44% (Espinal et al., 2005).

De acuerdo a lo anterior, el sector piscícola debe propender por la generación de estrategias que disminuyan esta clase de costos, evaluando alternativas de alimentación que propendan por el mejoramiento de la productividad del cultivo. Sin llegar a convertirse en una amenaza para el consumidor o el medio ambiente donde se desarrollen actividades de carácter agropecuario.

Colossoma sp. y *Piaractus sp.* son las únicas especies originarias de las aguas cálidas a nivel nacional, que han alcanzado hasta el momento, una aceptación sustancial para programas piscícolas, ya que se cuenta con tecnología para la producción masiva de sus alevinos y amplios conocimientos para desarrollar proyectos piscícolas de carácter intensivo y semi-intensivo. No obstante, su principal dificultad para la aceptación en el mercado se encuentra en la constante comparación con los grandes ejemplares que tradicionalmente se capturan en los ríos de las cuencas del Orinoco y el Amazonas (INCODER, 2006).

En la actualidad se han encontrado algunos registros a nivel nacional que dan razón sobre el desarrollo desde hace algunos años de un programa piscícola rural con la especie *Piaractus brachypomus*, dicho programa estimó en su momento la existencia de unos 5.000 usuarios con explotaciones a pequeña escala para autoconsumo y de los cuales no se tenía ningún tipo de registro de producción, todo esto como consecuencia del analfabetismo y aislamiento típico del usuario campesino y ante todo de la imposibilidad de cubrir técnicamente esta enorme dispersión de iniciativas, por tal razón, toda cifra cuantificada debió ser aceptada con el margen de error propio de estas proyecciones (Negret, 2015). En este sentido, se ha estimado que la producción rural de peces en Colombia alcanzó en el 2016 una cifra cercana a las 109.300 ton (Minagricultura, 2017).

Además de estos factores predominantes a nivel general, se asocian problemas inherentes en la producción de peces, como lo presenta la mayoría de los cuerpos de agua destinados a esta técnica. En los estanques

de producción se generan de forma natural, el crecimiento de algas de diversos tipos, las cuales interfieren en la calidad del agua empleada en las técnicas acuícolas, llegando a ser un problema en los cultivos de cachama específicamente, ya que la proliferación de carófitos acuáticos pueden reducir la producción de plancton, excluyendo de esta manera al fitoplancton hasta el punto de que obliga a los alevines de muchas especies a trasladarse a aguas más abiertas, donde el plancton es más abundante. Esto puede dar lugar a una mayor mortalidad entre los peces pequeños, debido a los predadores (Donnelly, 1969) y, por otro lado, la muerte de estas plantas puede provocar una acumulación creciente de desechos en el fondo, con el subsecuente incremento de la demanda biológica de oxígeno (DBO) (Redding y Midlen, 2016).

De ahí que la sostenibilidad de la piscicultura dependa no solamente de la capacidad local para aprovechar racionalmente la biodiversidad nativa, a través de procesos de innovación tecnológica orientados a promover la industrialización de la cadena productiva acuícola, sino también de la generación de ingresos y empleo rural para la región. En el municipio El Zulia (Norte de Santander), el cultivo de cachama se desarrolla de manera rudimentaria, puesto que no se manejan las técnicas apropiadas para éste; donde es preciso resaltar que las condiciones económicas de los pobladores son bajas. Por esto se hace necesario mejorar este cultivo para que el piscicultor interesado adopte las técnicas y alternativas de alimentación, basadas en sus propios recursos; para a su vez estimular la producción de cachama y el consumo local y así asegurar la productividad y seguridad alimentaria de la región.

En línea con lo anterior, surgió la propuesta de aportarle no solo economía al campesino agricultor; si no que también, una estrategia ecológica que suministre al pez un alimento más sano, natural, y amigable con el medio ambiente. Por consiguiente, se desarrolló esta investigación en zonas aledañas al municipio El Zulia, el proyecto consistió en elaborar un suplemento nutricional a base de hongo orellana (*Pleurotus ostreatus*), alga macrófita (*Chara spp*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*) para la alimentación de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y evaluar su efecto sobre la ganancia de talla, peso y porcentaje de supervivencia durante la etapa de levante en los animales en estudio. El objetivo principal de la investigación es contribuir al mejoramiento de la productividad y competitividad de la piscicultura en la región, a través de la implementación de una dieta alimenticia basada en biomasa agrícola y materias primas nativas, para la obtención de un pescado a menor tiempo y costo que sea asequible para la canasta familiar de esa zona del departamento.

2. MARCO TEÓRICO

El constructo teórico de la investigación está fundamentado principalmente por la descripción del proceso productivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y las diferentes materias primas disponibles en la región para la elaboración del concentrado alimenticio integral.

2.1 Cultivo de cachama blanca

La cachama blanca es un pez de la familia *Characidae* originario de la Amazonia, de color plateado y aletas rojizas que puede llegar a alcanzar 88 cm de longitud y 20 kg de peso, prolifera en aguas con temperaturas entre 23 y 27 °C. Los peces jóvenes es posible encontrarlos solamente en aguas negras bajas, pero los adultos nadan a lo largo de los ríos, especialmente los bosques inundados durante la estación de lluvias. Las hembras ponen los huevos, que son fertilizados posteriormente por sus contrapartes masculinas y abandonados por estos. Se alimenta de plantas caídas, frutos, larvas e insectos. La cachama blanca se desarrolla en cinco etapas: huevo, larva, alevín, juvenil y adulto (Collazos *et al.*, 2014).

2.1.1 Huevo. La hembra adulta puede desovar y expulsar los ovocitos, de forma natural o si así se desea se puede realizar una extracción introduciendo a través del poro genital una cánula de 1.2 mm de diámetro, aproximadamente 10-14 cm hasta llegar a una de las gónadas, y aspirar para obtener los ovocitos.

2.1.2 Larva. Esta etapa se caracteriza porque el pez ya ha salido del huevo y se alimenta al final cuando desarrolla su boca en el quinto día de haber eclosionado. Durante el desarrollo larval las agallas empiezan a formarse y se van encargando progresivamente de la función respiratoria. Las larvas no pueden nadar como los peces adultos, dado que no tienen ningún órgano regulador del peso específico, como la vejiga natatoria. Y es solo al final de la primera fase de desarrollo larval, cuando se han desarrollado la boca, el tubo digestivo y la vejiga natatoria, permitiendo que la larva suba frecuentemente a la superficie en busca de aire.

2.1.3 Alevín. Esta fase es un punto crucial en la vida de los peces ya que son capaces de alimentarse por sí mismos y termina cuando la larva llena de aire su vejiga natatoria, empieza a nadar como un pez y comienza a comer alimentos externos. El alevín, inicialmente, conserva aún parte de la vesícula vitelina y puede recurrir a ella para mantenerse hasta por cuatro días, de esta forma puede disponer de tiempo para aprender a buscar los alimentos que necesita, adicionales a los requeridos en la fase anterior como alimentos externos, en cantidad adecuada y suficiente.

2.1.4 Juvenil. La etapa de juvenil de la cachama blanca comprende desde los 60 g hasta los 400 g, en esta etapa el pez tiene únicamente su desarrollo sexual, listo para entrar en su etapa adulta y para ser diferenciado.

2.1.5 Adulto. Un pez de más de 400 g se considera adulto, listo para el consumo, por preferencia del piscicultor y del consumidor se pueden manejar diferentes pesos de producción, se pueden consumir a partir de los 300 g hasta los 500 g, dejar un pez más de 500 g en su fase adulta no sería muy rentable, el pez no aumenta de peso exponencialmente como las anteriores etapas.

El cultivo de cachama blanca se hace en dos modalidades: semi-intensivo e intensivo. El cultivo semi-intensivo se realiza en estanques de 300 y 2.500 m², con densidades de 2 a 4 peces/m²; y un suministro de alimento concentrado junto con la suplementación de un alimento natural a través de la fertilización del agua en el estanque. En cuanto al cultivo intensivo, ese es efectuado en estanques con alto recambio de agua (mínimo un 30% diario), utilizando densidades entre 5 y 15 peces/m² y alimento concentrado exclusivamente. De igual manera, para su cultivo se puede emplear el cultivo súper intensivo en jaulas flotantes, aunque no es muy recomendado por cuanto esta especie tiene baja capacidad de crecer en altas densidades, siendo la alimentación exclusivamente con concentrado comercial y manejar densidades de 40-80 peces/m³. De esta manera, se pueden obtener producciones promedio anuales de hasta 20 kg/m³ (Poleo *et al.*, 2011).

Para la alimentación de la cachama blanca se manejan diversos alimentos concentrados que responden a las necesidades nutricionales, al ser suministradas raciones balanceadas de acuerdo a la especie, las cuales se deben ajustar a medida que los peces van creciendo y de acuerdo al contenido proteico del alimento, la cantidad y el número de raciones a suministrar al día. Es por esta razón, que cuando los animales están pequeños se recomienda dividir la ración diaria en 3 o 4 comidas, dado que de esta manera se permite que el animal aproveche mejor el alimento y a medida que crece el pez debe darse solo la mitad de la ración en las horas de la mañana y la otra mitad en horas de la tarde. Es importante resaltar que estas especies consumen alimentos suplementarios tales como bore, ramio, y hojas de yuca, frutas como papaya, guayaba, aguacate, plátano, semillas de maíz, sorgo, trigo, soya y tortas oleaginosas de coco y palma de aceite (Larbi *et al.*, 2017).

En este sentido, se conoce una medida importante en la alimentación de los peces conocida como la tasa de conversión alimenticia (TCA), la cual corresponde a la relación existente entre la cantidad de alimento suministrado (en kg) y la ganancia de peso de los peces (en kg), en un período de tiempo. De igual manera, la tasa de conversión alimenticia puede verse influenciada por los mismos factores que afectan a la tasa diaria de alimentación como la especie, el tipo de alimento, la calidad del agua y la disponibilidad natural de alimentos. No obstante, se tiene como regla general que mientras menor sea la TCA, mejor será la asimilación del alimento por parte de los animales (FAO, 2016).

2.2 Materias primas para concentrado alimenticio

2.2.1 Harina de lenteja. La lenteja (*Lens culinaris*) es una planta anual herbácea, de la familia de las Papilionáceas, desde el punto de vista gastronómico se considera un alimento con una alta concentración de nutrientes. Su composición está representada principalmente por los hidratos de carbono en cantidad abundante y están formados fundamentalmente por almidón. Presenta proteínas vegetales, en buena cantidad, pero incompletas, puesto que carecen de metionina (aminoácido esencial). Sin embargo, al ser combinadas con cereales como el arroz o algún otro alimento rico en este aminoácido, se convierten en proteínas de alto valor biológico, comparable a las que aportan los alimentos de origen animal. Por otro lado, su contenido en lípidos es muy bajo y su aporte en fibra, es también inferior al de otras leguminosas, son ricas en vitaminas B1, B3 y B6, más no en ácido fólico. Es rica en zinc y selenio, pero sobre todo en hierro. (Silva *et al.*, 2010).

2.2.2 Hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*). También llamada gírgola, champiñón ostra o pleuroto en forma de ostra es una especie de hongo basidiomiceto del orden Agaricales que se distribuye ampliamente en zonas templadas y esta estrechamente emparentado con la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que se consume ampliamente por su sabor y la facilidad de su identificación.

La orellana presenta un píleo de 5 a 20 cm de diámetro, con el tallo desplazado hacia un lado y creciendo habitualmente junto a otros ejemplares superpuestos. Su superficie es lisa y brillante; de color gris o gris oscuro, y en ocasiones gris pardo o azulado. El margen del píleo cambia con la edad, siendo enrollado en los ejemplares jóvenes y abierto en los adultos. Tiene las laminillas apretadas, delgadas, decurrentes y de color blanquecino. La carne es firme, algo dura en los ejemplares adultos, y de sabor y olor agradables. Crece naturalmente en la superficie de tocones y troncos de maderas blandas como el chopo, la haya o el sauce, entre otros (Díaz y Carvajal, 2014).

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, dentro de su composición presentan el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, disponen de una alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos. De igual manera, se les conoce por tener diferentes propiedades medicinales relacionadas con el retraso en el crecimiento de tumores, y disminución en los niveles de colesterol en la sangre, además de poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero *et al.*, 2000). Además de ser apetecidos ampliamente por su excelente sabor en cocina gourmet, su producción actualmente moviliza cientos de millones de dólares en toda América Latina dado su gran potencial que como región tiene para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas. (Torres, 2003).

Por otro lado, es uno de los hongos comestibles más estudiado y cultivado durante los últimos años debido a la facilidad de cultivo, a su calidad nutricional y principalmente porque este hongo se desarrolla

en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o ricos en fibra como troncos, ramas y bagazos. Por tal razón, es muy común utilizar para su cultivo materiales que contengan una composición similar a los que utiliza para crecer en su ambiente natural como son los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin tratamiento previo, contribuyendo de esta manera al daño del ecosistema (Oei, 2003).

2.2.3 Alga macrófita (*Chara spp.*). Las especies de *Chara* también llamadas carófitos o macrófitos acuáticos sumergidos, pertenecientes a la división *Chlorophyta* y la familia *Characeae* donde se incluyen 6 géneros y numerosas especies que se encuentran colonizando todo tipo de aguas, desde oligohalinas a hipersalinas (Sosnovsky *et al.*, 2005), siendo común encontrarlas en aguas mineralizadas y duras, con altos contenidos en bicarbonatos, calcio y magnesio (Wetzel y Likens, 1991). Investigadores como Kufel y Kufel (2002), afirman que los macrófitos acuáticos pueden colonizar fácilmente cuerpos de agua como lagos y estanques siempre y cuando estén presentes factores como la luz y los nutrientes en estos ambientes. Aunque se conozca la importancia de los carófitos en la precipitación del carbonato de calcio por remoción del CO₂ de los cuerpos de agua, es también importante la determinación de otros elementos traza y algunos metales pesados desde el punto de vista nutricional y toxicológico, ya que estos podrían ser utilizados como alternativa de alimentación de peces que a su vez son una fuente esencial en la alimentación humana. Es bien sabido que los metales pesados tienen efecto a largo plazo sobre la salud humana causado principalmente por su acumulación en los órganos (Dröge, 1992). Sin embargo, la mayor parte de los elementos traza presentes en la biomasa de algas son metales pesados y aunque algunos de ellos son tóxicos (Br, Cd, Hg, Pb, Sb), otros se consideran esenciales (Cu, Zn) o necesarios para el cuerpo humano (Cr, Se), pero podrían convertirse en un peligro de salud cuando se exceden ciertos valores de ingesta (Whitton, 1984).

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 Nivel de investigación. Con base en lo referido por Hernández Sampieri *et al.*, (2010), “el estudio de tipo explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas. Las investigaciones explicativas son más estructuradas que las demás clases de estudios y de hecho implican los propósitos de ellas (exploración, descripción y correlación), además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia”. Teniendo en cuenta el concepto anterior y el enfoque de la investigación desarrollada, que pretendió analizar la relación causa-efecto al suministrar diferentes dietas alimenticias sobre la ganancia de peso y talla de alevines de cachama blanca, la pesquisa se connota como un estudio de nivel explicativo.

3.1.2 Diseño de investigación. El trabajo desarrollado fue experimental, donde se sometieron un grupo de individuos, en este caso alevines de cachama blanca a diferentes condiciones, estímulos o tratamientos (Concentración de los ingredientes en la dieta) frente a una dieta control para observar el efecto o reacción que se produce en la variable dependiente (ganancia de peso, talla, conversión alimenticia).

3.2 Población y muestra

La población consistió en 240 alevines de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la muestra estuvo conformada por un total de 60 alevines por tratamiento, el estudio consistió en un muestreo no probabilístico, los peces se dividieron en grupos donde se contó para cada una de las repeticiones con 20 peces por jaula.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Obtención de la cepa del hongo. La cepa del hongo (*Pleurotus ostreatus*), fue cedida por el cepario de la Universidad de Santander campus Cúcuta.

3.3.2 Resiembra de la cepa. Para el mantenimiento y multiplicación de la cepa se utilizó el método tradicional de resiembra que consistió en hacer la transferencia del micelio en Agar Sabouraud y someterlo a incubación de 25-28 °C por 5 días, posteriormente los repiques obtenidos fueron almacenados bajo refrigeración a 5 °C.

3.3.3 Obtención del blanco del micelio o semilla. Para la elaboración del inóculo o semilla se utilizó como medio de soporte, semilla de alpiste y aserrín en proporciones 2:1, respectivamente.

3.3.4 Preparación de los medios de soporte. Las semillas de alpiste se dejaron en remojo durante 8 horas para su hidratación, transcurrido este tiempo se removió el exceso de agua y se descartaron las semillas muertas. El aserrín fue puesto en remojo una hora antes de la mezcla buscando lograr la humedad óptima, similar a la capacidad de campo. Una vez hidratados estos materiales, se mezclaron según la composición y proporción de cada medio de soporte. Los medios de soporte preparados se empacaron en bolsas de polipropileno de 9x12 pulgadas, agregando 500 g de este en cada bolsa; posteriormente se acopló un anillo de PVC de ¾" por 1 cm de longitud en la parte superior de la misma, al cual se le colocó un tapón de algodón para el intercambio de gases. Las bolsas con los medios de soporte fueron esterilizadas en autoclave a 121 °C durante 30 minutos, seguidamente se retiraron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente en una superficie desinfectada.

3.3.5 Inoculación de los medios de soporte con el micelio aislado. La inoculación se realizó en un ambiente previamente desinfectado bajo condiciones asépticas y en presencia de mecheros. Desde el micelio desarrollado en los medios de cultivo, se cortaron fragmentos de 2 cm² aproximadamente con un bisturí estéril y con ayuda de una pinza se inocularon en cada uno de los medios de soporte.

3.3.6 Incubación. Los medios inoculados se incubaron a temperatura ambiente (entre 26 y 28 °C en condiciones de oscuridad. Una vez el blanco del micelio o semilla creció totalmente sobre los medios de soporte, este se almacenó bajo refrigeración a 5 °C, para luego ser utilizado en la inoculación de los sustratos orgánicos.

3.4 Cultivo de setas en sustrato de fibra de palma de aceite

Este procedimiento se realizó siguiendo el protocolo desarrollado por Díaz y Carvajal (2014) como sigue a continuación:

3.4.1 Pretratamiento de la fibra de palma de aceite. Esta se dejó en remojo en agua limpia por 24 horas para limpiar impurezas y luego se sometió a calentamiento en agua limpia a 100 °C por 6 horas. Posterior a este proceso se dejó en reposo por 4 horas para ser empacada en bolsas de 3 kg de capacidad.

3.4.2 Inoculación de micelio en sustrato. Luego de ser empacada la fibra estéril, se procedió a la inoculación de cada bolsa con 60 g del micelio por cada 2 kg de sustrato (3% del peso del sustrato) y se selló la bolsa.

3.4.3 Incubación del hongo. Se trasladaron las bolsas a la caseta de incubación ubicada en el municipio de Chinácota. Las bolsas se dispusieron en tiras colgantes una por debajo de la otra. La caseta se diseñó con materiales resistentes al ambiente y envuelta en plástico negro flexible de densidad media, impermeable para bloquear la luz proveniente del exterior y el suelo fue encalado para evitar el ingreso de plagas.

3.4.4 Cosecha del hongo. Transcurridos 28 días se pudo realizar la primera cosecha de los cuerpos fructíferos del hongo (Fig. 3.1). Estos se recogieron con una frecuencia de 2-3 días para aprovechar el máximo de tamaño del carpóforo del hongo, hasta el fin de su producción.



Figura 3.1 Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*

3.4.5 Lavado y desinfección del hongo. Luego de realizar la cosecha de los cuerpos fructíferos, estos se sumergieron en solución de ácido acético al 5% (v/v), con el fin de eliminar la flora microbiana acompañante durante 15 min (Wright et al., 2000).

3.4.6 Secado y molienda del hongo. Los cuerpos fructíferos se dispusieron para su pre-secado sobre una bandeja de cartón ayudado con un ventilador para proporcionar una corriente de aire seco. Una vez alcanzado un aspecto corrugado y seco en el hongo, se dispuso este sobre rejillas metálicas en el horno a una temperatura de 40-50 °C, para lograr extraer el máximo de humedad. Una vez secos los cuerpos fructíferos, se pasaron por una procesadora de alimentos (IMUSA DD7011CO) para obtener la textura de harina. El producto obtenido se almacenó en bolsas de sellado hermético para garantizar sus características organolépticas.

3.5 Identificación y obtención de alga macrófita

Se recolectaron diferentes muestras de algas producidas de forma natural en los estanques de piscicultura del establecimiento comercial “Los tanques” ubicado en el municipio de San Cayetano. Se obtuvieron muestras de algas flotantes y sumergidas (Fig. 3.2), todas de diferente morfología y se dispusieron en bolsas de sellado hermético para garantizar su conservación.



Figura 3.2 Muestras de algas flotante (izq.), sumergida (der.)

Las algas fueron caracterizadas en los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la Universidad Francisco de Paula Santander. Entre las algas encontradas se identificó una perteneciente al género *Chara* spp. de crecimiento sumergido en el estanque.

3.5.1 Recolección de alga *Chara* spp. Las muestras de los carófitos fueron recolectadas al azar de estanques dedicados a la producción de cachama ubicados en el municipio del Zulia, Norte de Santander, y debido a que el alga presenta una alta tasa de crecimiento, su recolección se realizó un día de mantenimiento semanal de los estanques. Una vez recolectada el alga, se lavó con agua limpia para eliminar residuos de lodo y se sumergió en solución de ácido acético al 5% (v/v) con el fin de reducir la carga microbiana acompañante, la cual pueda acelerar su proceso de descomposición (Wright et al., 2000). Luego se dispuso en recipientes durante 12 horas.

3.5.2 Secado y molienda de alga. Posterior al lavado el alga, se separó y extendió en una superficie plana para someterla al secado de forma natural durante un día. Una vez seca el alga, se pasó por una procesadora de alimentos (IMUSA DD7011CO) para obtener la textura de harina. El producto obtenido se almacenó en bolsas de sellado hermético para garantizar su conservación.

3.6 Obtención de la harina de lenteja

Los granos de lenteja no requirieron del proceso de lavado, puesto que se obtuvieron de forma comercial en un centro de expendio. El proceso para convertirla en harina se llevó a cabo en dos fases: a) Reducción del tamaño o fragmentación del grano se realizó por medio de molienda manual con molino convencional, y b) la pulverización con ayuda del procesador de alimentos (IMUSA DD7011CO). El producto obtenido se almacenó en bolsas de sellado hermético para garantizar su conservación.

3.7 Análisis bromatológico de las muestras

Las muestras de alga *Chara* spp. y hongo *Pleurotus ostreatus*, fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal y Análisis de Alimentos de la UFPS para la determinación de materia seca (AOAC 930.15), extracto etéreo (AOAC 920.39), fibra cruda (AOAC 962.09), cenizas (AOAC 942.05) y nitrógeno (Kjeldahl (N) 976.05). Adicional a esto, las muestras de harina del alga *Chara* spp. fueron analizadas en laboratorio de calidad de la Universidad de Pamplona para determinar la presencia de minerales y metales pesados mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica (SHIMADZU AA 7000 con llama aire-acetileno). Respecto a los valores nutricionales de la harina de lenteja, se tuvo en cuenta la ficha de aporte nutricional impresa en el empaque comercial. Finalmente, los valores nutricionales del alimento comercial de referencia (Solla 45[®]) se encontraron en la ficha técnica del mismo.

3.8 Formulación y elaboración del alimento

Las dietas experimentales fueron elaboradas en el laboratorio de nutrición animal y análisis de alimentos (UFPS). Para tal fin, se mezclaron y pesaron todos los ingredientes (Harina de orellana, alga y lenteja) junto con el alimento comercial (Solla 45[®]) de acuerdo con las proporciones establecidas para cada formulación (Tabla 3.1), iniciando con los componentes principales hasta finalizar con los microelementos y se tuvo como parámetro principal el porcentaje de proteínas, dada la importancia que este representa en la etapa de levante para dicha especie (Murillo *et al.*, 2013), luego se adicionó el 40% agua acorde a la totalidad del bache.

Teniendo esta mezcla homogenizada, se pasó tres veces por un molino de carne con cabezal abierto No 22, con disco de ¼ de pulgada para la formación de los pellets, se cortaron hasta obtener un tamaño aproximado de 3 mm y luego se colocaron en bandejas de aluminio para su secado a 50 °C por 30 minutos. Una vez enfriadas se envasaron en recipientes de vidrio y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su suministro a los animales en estudio.

Tabla 3.1 Formulación de concentrado nutricional

Materia prima	F1*	F2*	F3*
Solla 45 [®]	85%	75%	60%
Alga <i>Chara</i> spp.	2.5%	10%	20%
Hongo <i>P. ostreatus</i>	2.5%	5%	10%
Lenteja	10%	10%	10%

* Los valores están expresados en porcentaje en base seca.

Para determinar el aporte nutricional de las formulaciones de acuerdo con la proporción establecida de cada uno de sus componentes se tuvo en cuenta la ecuación (1). Como ejemplo se tiene el aporte nutricional de la dieta 3 (Tabla 3.2).

$$\text{Concentración materia prima por dieta} = (\% \text{Ing. dieta} * \% \text{Ing. teórico}) / 100 \quad (1)$$

Tabla 3.2 Aporte nutricional de la dieta 3

Materia prima	%Ing. Dieta	PB (%)		EE (%)		FB (%)		Cenizas (%)	
		%Ing	Dieta	%Ing	Dieta	%Ing	Dieta	%Ing	Dieta
Solla 45®	60.0	45.0	27.0	5.0	3.0	6.0	3.6	12.0	7.2
Alga Chara spp	20.0	6.8	1.4	2.1	0.4	10.1	2.0	48.1	9.6
P. ostreatus	10.0	11.8	1.2	2.9	0.3	10.1	1.0	5.6	0.6
Lenteja	10.0	23.8	2.4	1.8	0.2	11.7	1.2	2.6	0.3
Total (%)	100		31.9		3.9		7.8		17.6

PB: Proteína bruta; EE: Extracto etéreo; FB: Fibra bruta

En la Tabla 3.3 se describe el contenido de cada una de las dietas formuladas, se resalta que la dieta F1 presenta el aporte proteico más cercano a la dieta control (alimento convencional), por el contrario la dieta F3 refiere el menor contenido de proteína bruta (31.9%). De otra parte, la dieta control posee el menor contenido de fibra (6%) y la dieta F3 el mayor contenido (7.8%).

Tabla 3.3 Análisis proximal de las dietas expresado en base seca

Dieta	PB (%)	EE (%)	FB (%)	Cenizas (%)
F1	41.1	4.6	6.8	11.8
F2	34.7	4.3	7.2	14.4
F3	31.9	3.9	7.8	17.6
Control	45	5	6	12

3.9 Evaluación de la dieta por inclusión suministrada

3.9.1 Aclimatación y siembra de los alevines. Los alevines fueron adquiridos en la piscícola “El Manantial” ubicada en el municipio del Zulia, Norte de Santander, de donde llegaron en doble bolsa de polietileno con atmosfera saturada de oxígeno, según lo recomendado por Arce y Luna (2003).

Para el proceso de adaptación, las bolsas plásticas se colocaron durante 15–20 minutos dentro de los estanques destinados para el ensayo, con el objeto de aclimatar a los alevines (igualar temperatura) tal y como lo sugieren David y Bravo (2004); inmediatamente, las bolsas fueron abiertas con cuidado y gradualmente se vertió agua del estanque dentro de la bolsa hasta llenar las $\frac{3}{4}$ partes de esta, y se dejó 10 minutos más para evitar el estrés de los alevines por la transferencia. Posteriormente, se contaron y se ubicaron los peces en grupos de 20 por cada jaula de 1m² para un total 60 alevinos por tratamiento, aplicando el diseño de experimentos (i.e. 4 tratamientos y tres repeticiones cada uno).

3.9.2 Suministro del alimento y determinación de la ración diaria. Se suministró el alimento dos veces al día según se describe en la Tabla 3.4. El periodo experimental comprendió un lapso de 8 semanas hasta alcanzar el peso requerido para la etapa de levante (60 g).

Tabla 3.4 Alimento semanal para Cachama blanca con referencia al peso esperado

Hasta el día	N° de peces	Peso promedio esperado	Tasa diaria de alimentación (% de biomasa)	Tasa diaria de alimentación (g)	Ración de alimento (tasa diaria en g/2 raciones diarias)
7	240	7	8.9%	12.5	4.2
14	240	14	7.6%	21.3	7.1
28	240	26	5.5%	28.6	9.5
42	240	40	4.6%	36.8	12.2
56	240	55	4.1%	45.1	15

Para conocer cuánto alimento suministrar al día se tuvo en cuenta los días de cultivo del pez, su peso promedio (1.5 g), la biomasa y la tasa diaria de alimentación ideal (2.67 g/día), la cual se establece en un 8.9% al alcanzar la biomasa un peso de 7 g (Merino *et al.*, 2013) (Tabla 3.4), y se divide en el número de raciones a suministrar (2 raciones). Esta tasa de alimentación varía de acuerdo a la semana de cría en que se encuentra el alevino. Según los cálculos realizados se deben suministrar 56 g de alimento en los primeros 7 días (i.e. 18.69 g por tratamiento).

3.9.3 Determinación de los indicadores de productividad del cultivo. Para cada tratamiento se registró el porcentaje de supervivencia de los peces y se realizó una biometría cada ocho días tomando 15 ejemplares por tratamiento (5 por repetición) y pesándolos en una balanza electrónica BOECO BLC-500 con capacidad de 0.1-500 g y precisión de 0.01 g; la longitud total (LT) fue determinada por medio de ictiómetro de escala milimétrica, midiendo desde la punta del hocico hasta la punta del lóbulo más largo de la aleta caudal y a partir de estos datos se determinaron los indicadores de productividad del cultivo como tasa de mortalidad, índice de supervivencia, ganancia de biomasa y tasa de conversión alimenticia haciendo uso de fórmulas matemáticas estándar (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Indicadores de productividad del cultivo

Indicador	Unidad	Fórmula
Peso inicial	g	$N^{\circ} \text{ peces} * \text{peso medio}$
Peso final	g	$N^{\circ} \text{ peces vivos} * \text{peso medio}$
Tasa de mortalidad	%	$\frac{N^{\circ} \text{ peces muertos} * 100\%}{\text{Total de peces}}$
Tasa de conversión alimenticia (CA)	n.a.	$\frac{\text{Consumo ración (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$
Ganancia de peso (GP)	g	$\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$
Ganancia diaria de peso (GDP)	g	$\frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{N^{\circ} \text{ de días}}$
Consumo ración (CR)	g	$\text{Ración día tanque (g)} * \text{tiempo en días}$
Tasa específica de crecimiento (TEC)	%/día	$\frac{100 (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{periodo de alimentación (días)}}$
Tasa de sobrevivencia	%	$100 - \frac{(N^{\circ} \text{ peces inicial} - N^{\circ} \text{ peces final})}{N^{\circ} \text{ peces inicial} * 100}$

n.a.: no aplica

4. RESULTADOS

4.1 Análisis bromatológico de las materias primas

En la Tabla 3.6 se muestran los resultados del análisis proximal de las materias primas utilizadas en la formulación de cada concentrado alimenticio. Se estudiaron los parámetros en porcentaje (p/p), tales como: cenizas, fibra cruda (FB), extracto etéreo (EE) y proteína bruta (PB), siendo este último parámetro utilizado como referencia para estimar el aporte nutricional de la dieta alimenticia en los alevinos de cachama (Espinosa, 2016). Se puede observar que la lenteja es la materia prima que presenta el mayor aporte proteico con un 23.8%, caso contrario para el alga *Chara spp* que solo aporta el 6.8%, no obstante, esta presenta el mayor contenido de minerales correspondiente a un 48.1% comparado con las demás materias primas.

Tabla 3.6 Análisis proximal de las materias primas para la formulación de las dietas

Materia prima	PB (%)	EE (%)	FB (%)	Cenizas (%)
Harina de alga (<i>Chara spp</i>)	6.8	2.1	10.1	48.1
Harina de Orellana (<i>P.ostreatus</i>)	11.8	2.9	10.1	5.6
Harina de lenteja	23.8	1.8	11.7	2.6

La Tabla 3.7 presenta las concentraciones de algunos minerales traza y metales pesados junto con el porcentaje de humedad y cenizas del alga *Chara spp*, la caracterización fue realizada mediante absorción atómica por espectrofotometría. En el análisis se observa que las macrófitas acuáticas tienen altos contenidos de agua, siendo esto un inconveniente tanto en la cosecha, como en la utilización.

Tabla 3.7 Análisis fisicoquímicos de *Chara spp*.

Parámetro	Resultado (%)
Humedad	7.2
Cenizas	48.1
Minerales	Resultado*
Ca	353.507
Cu	0.0005
Mg	4.304
Mn	0.008
Na	11.605
K	63.606

* mg/100g de muestra

4.2 Efecto de las dietas evaluadas sobre el peso de los animales en estudio

Los resultados obtenidos en la medición del peso de los alevinos alimentados con las diferentes dietas (F1, F2, F3) y el alimento comercial (Control), permiten identificar que durante las 8 semanas existió un crecimiento constante alcanzando un peso máximo de 56.7 g obtenido con el alimento convencional (Fig. 3.3) durante los 56 días de seguimiento. Sin embargo, con las dietas F1 y F2 se obtuvieron pesos cercanos respecto al concentrado comercial, es decir, los alevinos alcanzan un peso en la semana 8 de 55.6 g y 54.8 g, respectivamente. Como se puede analizar, la diferencia es tan solo de 1.1 g entre la dieta F1 y el alimento comercial, lo que permite inferir que las dietas con el 85% y 75% de concentrado incluido, pueden atender la demanda alimenticia de los alevinos de una manera satisfactoria.

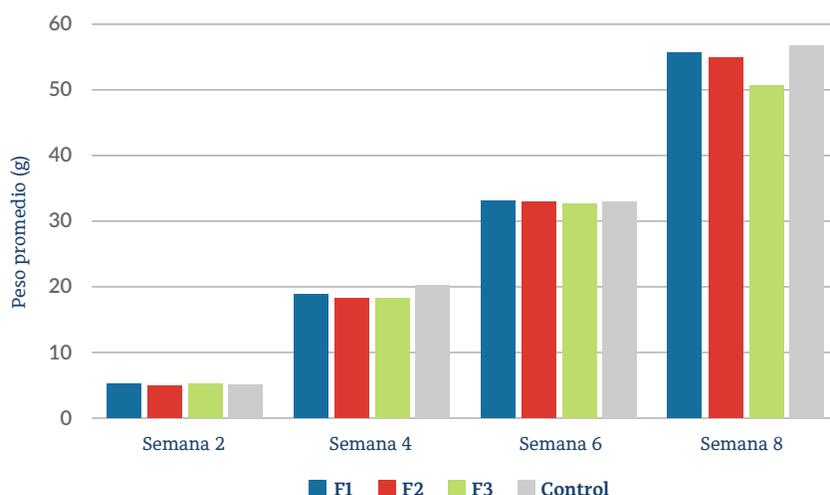


Figura 3.3 Efecto de las dietas evaluadas sobre el peso de los alevinos

4.3 Efecto de las dietas evaluadas sobre la talla de los animales en estudio

Los resultados obtenidos en la medición de la talla de los alevinos alimentados con las diferentes dietas (F1, F2, F3) y el alimento comercial (Control), permiten identificar que durante las 8 semanas existe un crecimiento constante alcanzando una talla máxima de 16 cm con el alimento convencional (Fig. 3.4). Sin embargo, con las dietas F1 y F2 se obtienen tamaños cercanos respecto al concentrado comercial, es decir, los alevinos alcanzan una talla en la semana 8 de 15.9 cm y 15.8 cm, respectivamente. Como se puede analizar, la diferencia es tan solo de 0.1 cm entre la dieta F1 y el alimento comercial, lo que permite inferir que cualquiera de las dos dietas evaluadas (F1 y F2) pueden atender la demanda alimenticia de los alevinos de una manera satisfactoria.

4.4 Determinación de los indicadores de productividad del cultivo de cachama blanca

4.4.1 Análisis de la ganancia de peso en los animales de estudio. De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos (Fig. 3.55), se confirma que no existen diferencias mínimas significativas para la ganancia de peso entre la dieta control, la dieta F1 y la F2, mostrando un crecimiento correspondiente a un peso promedio final de los peces de 56.72 ± 4.87 g, 55.57 ± 3.85 g y 54.78 ± 5.91 g, respectivamente (Tabla

3.8), lo que representó un incremento de peso de 55.22 ± 4.87 g, 54.07 ± 3.85 g y 53.28 ± 5.91 g entre las 3 dietas, esto permite inferir que los peces alimentados con un porcentaje de proteína entre 41.1% y 34.7% utilizando fuentes de proteína no convencional (harina de lenteja, harina de orellana y alga chara), permiten alcanzar los pesos esperados en la etapa de levante de la especie en estudio, por el contrario los resultados arrojados por la dieta F3 muestran diferencias significativas frente al tratamiento control.

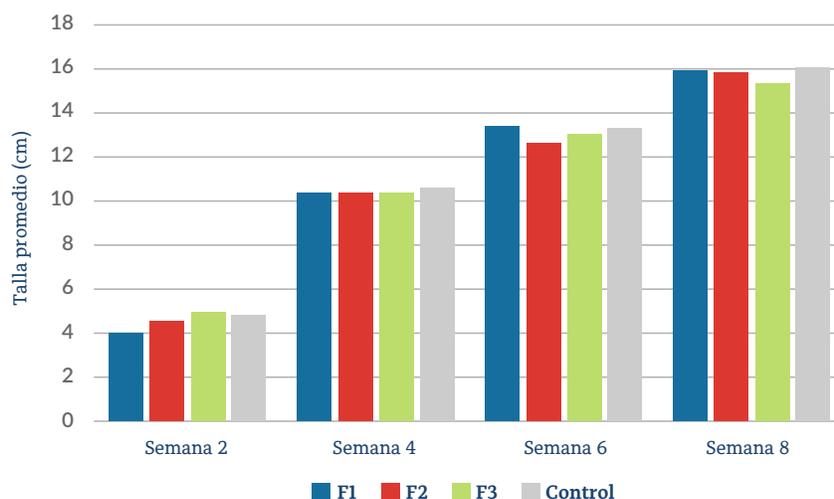


Figura 3.4 Efecto de las dietas evaluadas sobre la talla de los alevinos

De igual manera, se aprecia como las fuentes de proteína no convencional utilizadas en la formulación de las dietas F1 y F2, aportan al crecimiento y desarrollo del pez observándose que no hubo diferencias significativas en la tasa de crecimiento específico arrojada por estas frente a la dieta control ($p=0.08$). En la Tabla 3.8, se aprecian las medidas descriptivas para ganancia de peso, factor de conversión alimenticia y tasa específica de crecimiento según la dieta suministrada, la dieta F1 es la que expresa mayor promedio grupal para ganancia de peso (54.07 ± 3.85 g), igualmente esta dieta refleja mayor promedio para el factor de conversión alimenticia (0.93 ± 0.07 g) mientras que las dietas F1, F2 y control mostraron un promedio muy similar para la tasa específica de crecimiento.

Tabla 3.8 Parámetros de crecimiento y supervivencia de la cachama blanca

Indicador	Unidad	F1	F2	F3	Control
Peso inicial	g	1.5 \pm 0.00	1.5 \pm 0.00	1.5 \pm 0.00	1.5 \pm 0.00
Peso final	g	55.57 \pm 3.85	54.78 \pm 5.91	50.57 \pm 1.95	56.72 \pm 4.87
Ganancia de peso	g	54.07 \pm 3,85	53.28 \pm 5.91	49.07 \pm 1.95	55.22 \pm 4.87
Ganancia diaria de peso	g	0.97 \pm 0.07	0.95 \pm 0.11	0.88 \pm 0,03	0.99 \pm 0.09
Consumo ración	g	50.20 \pm 0.00	50.20 \pm 0.00	50.20 \pm 0,00	50.20 \pm 0.00
Tasa conversión alimenticia	n.a.	0.93 \pm 0.07	0.95 \pm 0.11	1.02 \pm 0.04	0.92 \pm 0.09
Tasa específica de crecimiento	%/día	6.45 \pm 0.12	6.42 \pm 0.19	6.28 \pm 0.07	6.48 \pm 0.16
Tasa de supervivencia	%	86.67	88.33	90.00	86.67
Tasa de mortalidad	%	13.33	11.67	10.00	13.33

4.4.2 *Tasa de mortalidad.* Este indicador fue calculado mediante el conteo de los especímenes muertos al final del período de análisis, y relacionado con el número de peces incluidos en la muestra inicial por tratamiento. En la Tabla 3.8 se detallan los resultados de la tasa de mortalidad de los peces según la dieta incluyendo a la dieta control. Los valores fueron confrontados con los datos de referencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010), quien establece un 10% de valor máximo para la tasa de mortalidad (Espinosa, 2016). Aunque estos valores de referencia se pueden manejar independientemente al lugar donde se crían los peces, puesto que, existen diferentes factores que afectan la mortalidad de la población, tales como el ambiente, predadores, la intervención humana, calidad físico-química del agua, microbiología del agua, entre otras. En este indicador se puede concluir que la menor tasa de mortalidad la presenta el tratamiento F3 con un 10%, un valor que cumple el límite máximo de referencia. Contrario para los grupos alimentados con la formulación 1 y control que alcanzan un 13% de mortalidad.

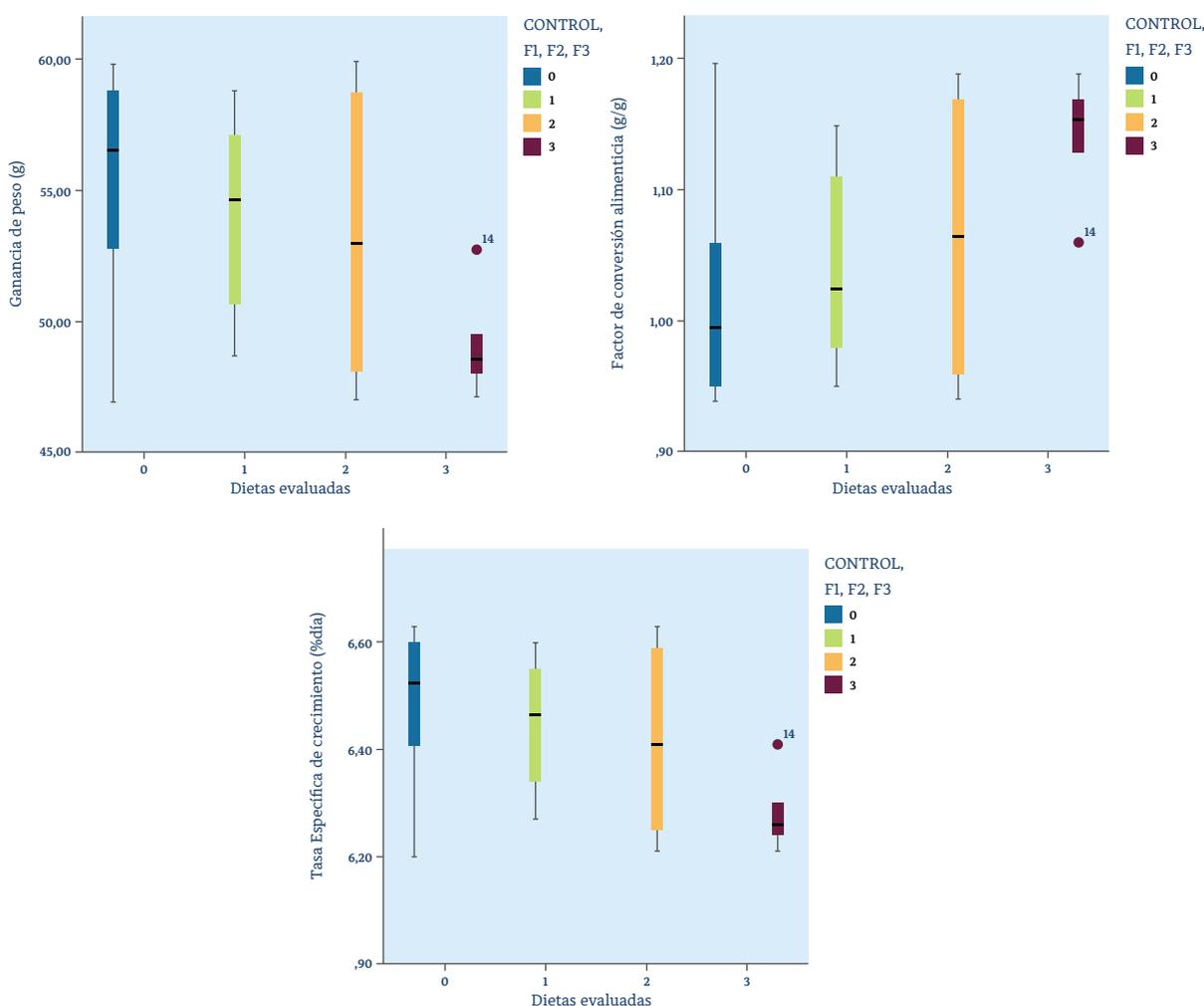


Figura 3.5 Parámetros de eficiencia de las dietas evaluadas

4.4.3 *Tasa de conversión alimenticia.* Según la FAO (2010), la tasa de conversión alimenticia (TCA) puede variar significativamente, usualmente debido a razones similares que afectan la tasa diaria de alimentación (e.g. la especie, el tipo de alimento, la calidad del agua, entre otros). Cabe recordar que, en la medida en

que la TCA es menor, significa que los peces están asimilando mejor los alimentos. Dado lo anterior, los resultados de este estudio demuestran que la especie en estudio aprovechó el alimento suministrado en la dieta F1 y F2 con una TCA igual a 0.93 ± 0.07 y 0.95 ± 0.11 respectivamente, lo que sugiere que con una menor ración alimentaria se puede llegar a producir más gramos de masa de los pescados, no obstante, estas dietas no presentan diferencias estadísticamente significativas frente al tratamiento Control ($p=0.124$) pero si frente a la dieta F3 con un $p=0.05$, lo que permite deducir de nuevo que cualquiera de las dietas correspondientes a los tratamientos 1 y 2 pueden ser suministradas a los alevines, para la obtención de resultados favorables en términos de productividad del cultivo.

5. DISCUSIÓN

Las macrófitas acuáticas sumergidas constituyen un recurso que hasta la fecha ha sido casi o totalmente subutilizado y dada su naturaleza prolífica en cuerpos de agua constituye serios problemas cuando llegan a invadir completamente un estanque o embalse. Debido a los efectos adversos del crecimiento exagerado, algunos investigadores han centrado su interés en la manera efectiva de erradicarlas, sin tener en cuenta que estas plantas pueden ser utilizadas como alimento, que no requiere de tareas agrícolas arduas, ni la compra de insumos o fertilizantes químicos. Dichas macrófitas poseen algunas características favorables para los sistemas de tratamiento; su tamaño y forma facilitan la recolección o eliminación de biomasa en sistemas de tratamiento construidos como canales o estanques. Asimismo, su arquitectura y ramificaciones permiten la fijación de microorganismos capaces de degradar materia orgánica en suspensión, y promueven a su vez los procesos de sedimentación de sólidos (Zetina *et al.*, 2006). Dentro de las macrófitas sumergidas se encuentran las especies de *Chara* o carófitas, que se caracterizan por ser algas multicelulares con capacidad de absorción de fósforo del medio acuático y similares a las plantas terrestres en las estructuras como tallo y hojas (Wetzel, 2001).

De acuerdo a los análisis fisicoquímicos realizados se observa el alto contenido de agua de las macrófitas acuáticas siendo esto un inconveniente tanto en la cosecha como en la utilización. Autores como Boyd (1968) afirman que el contenido de agua en las macrófitas acuáticas puede variar entre 84.2% y 94.8%, y por lo tanto arrojar un bajo porcentaje de materia seca, lo anterior se corrobora con los resultados obtenidos en este estudio con valores correspondientes a 7.2% de humedad, esto muestra la necesidad de aplicar métodos de secado antes de usarse como alimento y por otro lado requerir mayor cantidad de macrófitas para alcanzar la misma cantidad de materia seca que una planta terrestre (Edwards, 1990).

En relación con las cenizas, Boyd (1968) asegura que las macrófitas sumergidas contienen más cenizas que las flotantes, esto confirma el valor obtenido del alga *Chara spp.* en este trabajo (48.10%), permitiendo comprobar que las variaciones en la concentración de un mineral en particular son debidas a factores como la edad de la población, concentración del mineral en el ambiente, interacción de otros minerales en el proceso de absorción, intensidad de la luz, residuos adheridos a la planta y errores en los procesos de análisis. Expertos en el tema afirman que minerales como el Na se encuentran en mayor cantidad en plantas sumergidas, tal es el caso de la muestra analizada la cual mostró valores de 11.6 mg de Na/100g, lo que constituye un valor alto frente a otros valores obtenidos de algas de tipo sumergido en donde se registran valores menores a 0.5% (Boyd, 1968). En cuanto a los niveles de Ca se observan valores de 353.5 mg de Ca/100g, lo que es realmente alto frente a valores referenciados por Boyd (1968), quien asegura que esta clase de algas puede acumular entre 1-3% de Ca en base seca, esto se explica gracias a que dichas carófitas tienen la capacidad de utilizar bicarbonatos solubles de aguas de lagos y remover CO_2 que puede ser asimilado fotosintéticamente, convirtiéndolos en carbonato de calcio insoluble (McConnaughey y Whelanb, 1997), ocasionando depósitos de sales de calcio en la pared celular

o la deposición de carbonato directamente sobre la superficie de su talo, lo cual hace que estas plantas sean ásperas al tacto (Osborne y Raven, 1986). Aunque, todas las plantas fotosintéticas son capaces de precipitar carbonato de calcio, el carbonato por lo general se dispersa. De igual manera sucede con el K que refleja valores de 63.6 mg/100g muy por encima de los valores de referencia (1-6%). El Cu y el Mn se encontraron en concentraciones muy bajas con valores entre 0.0005-0.008 mg/100g respectivamente. Estos resultados permiten comparar las macrófitas acuáticas con otras especies de forrajes tradicionales, por lo que se podrían emplear como suplementos minerales.

De otra parte, en la investigación realizada por Garzón y Cuervo (2008) resaltan el atractivo nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* por su alta calidad proteínica, el cual es producido sobre sustratos conformados por residuos de carácter lignocelulósico. En la investigación actual se optó por materias primas que en su constitución nutricional constaran de un alto grado de proteína, ya que es un valor nutricional esencial usado como referencia en la cría de peces en sus primeras etapas de crecimiento. En este sentido, Crisan y Sands (1978), reportan que los hongos del género *Pleurotus spp* poseen un alto contenido de minerales (fósforo, hierro, calcio), vitaminas (riboflavina, tiamina, ácido ascórbico y niacina), ácido linoleico y fibra dietética, bajas concentraciones en lípidos, y un significativo contenido de proteína cruda oscilando entre 10.5 y 30.4% (% en peso seco), lo cual corresponde con los valores obtenidos en el análisis bromatológico expuesto en la Tabla 6. Considerando estos valores nutricionales se cultivaron setas de hongo *Pleurotus ostreatus*, con el fin de incorporarlo en la dieta de alevinos de cachama blanca. El método elegido para producción se basó en el protocolo propuesto por Díaz y Carvajal (2014), en su investigación titulada “Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite”; donde concluyen que sustratos con 99% de fibra de palma de aceite y 1% de CaSO₄, permiten un alto rendimiento en la eficiencia biológica (15.8%), garantizando de esta manera el aumento en la producción de esta seta.

En cuanto a los indicadores de productividad del cultivo hasta la fase de levante, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales (F1, F2 y Control). No obstante, se resalta que, aunque la dieta control registró la mayor ganancia de peso al finalizar la etapa de levante con una conversión alimenticia de 0.92 ± 0.09 , seguida por las dietas F1 y F2 con conversiones de 0.93 ± 0.07 y 0.95 ± 0.11 respectivamente, ninguna de las tres alcanzó el peso teórico requerido correspondiente a 60 g luego de 56 días de seguimiento. Demostrando así que los peces evaluados en estos tratamientos podrían necesitar menos alimento para llegar al peso requerido.

Por el contrario, los individuos alimentados con la dieta F3 mostraron una menor ganancia de peso 49.07 ± 1.95 g y una menor tasa de conversión alimenticia correspondiente a 1.02 ± 0.04 lo que significa que necesitaron más alimento para llegar al peso esperado (Aguilar, 2010). Cabe señalar que, el factor de eficiencia alimentaria (FCA/Factor de conversión alimentaria) depende al igual que el crecimiento, de las condiciones de manejo, la calidad del alimento y la ración dietaria (FAO, 2010). Saucedo y Rendón (2009), refieren que el FCA, está directamente relacionado al concepto de ración óptima que es el punto entre la ración de mantenimiento y la ración máxima, en el que la relación ración/crecimiento (factor de conversión) es mínima, o viceversa, en el que la relación crecimiento/ración es máxima (Rubiano, 2015). Así mismo, el FCA también depende de la edad del pez. Los peces jóvenes alcanzan los mejores valores y con la edad del pez el FCA aumenta paulatinamente hasta tender al infinito, cuando el pez obtiene su peso máximo y termina el ciclo de crecimiento (Saucedo y Rendón, 2009). Por lo tanto, la cachama es, a juicio de muchos expertos de la piscicultura, el animal cultivado que mejor conversión alimenticia muestra si se le cultiva correctamente.

Por su parte, Díaz (2016), sostiene que uno de los principales problemas en el cultivo es la nutrición de los peces en las primeras etapas, porque es donde se presentan los niveles de mortalidad más altos. En este caso, evaluando el efecto de las dietas suministradas, se obtuvo un mejor crecimiento en los individuos alimentados con la dieta F1, no obstante, no se presentaron diferencias significativas en la tasa de

sobrevivencia de las dietas F1 y F2 frente a la dieta control siendo todas superiores al 85%. Esto coincide con lo reportado por Michael *et al.*, (2015), quienes afirman que las tasas de sobrevivencia superiores al 85% aseguran una excelente producción. Resultados similares los reportan Ceballos y Velásquez (1998), quienes reportan que los estadios de alevines y de dedinos (precría) registran sobrevivencias del 85% en sistemas de tinas de vidrio para alevines. En este sentido, debido a que este estudio fue desarrollado en estanques de tierra, los resultados pudieron depender de factores patógenos, la calidad del agua o el alimento, y porque no, del comportamiento del animal en el medio.

Finalmente, dado que en la producción acuícola en Colombia se ha reportado una recesión en los últimos años, ocasionada principalmente por los altos costos de producción, especialmente por el valor de los alimentos balanceados, los cuales alcanzan aproximadamente el 70% del costo total (Merino *et al.*, 2013), resulta ser beneficioso para los piscicultores optar por fuentes de proteína no convencional de mayor accesibilidad y de bajo costo, con las que se consigan resultados similares a los de una dieta comercial. Por tal razón, en línea con los hallazgos encontrados en la investigación actual, se recomienda el uso de la dieta F1 por ser la que aporta mejor ganancia de peso y conversión alimenticia en los individuos en estudio durante el tiempo establecido para su seguimiento.

6. CONCLUSIONES

Se determinó que la alimentación de cachama blanca en la etapa de levante con una concentración en su composición de 85% alimento comercial (Solla 45[®]), 2.5% harina de alga (*Chara spp.*), 2.5% harina de orellana (*pleurotas ostreatus*) y 10% harina de lenteja (*Lens culinaris*); garantiza unos valores nutricionales de 41.1% de proteína bruta, 4.6% de extracto etéreo, 6.8% de fibra bruta, 11.8% de cenizas (Dieta F1), presenta un aumento en talla y peso en los alevinos muy cercano al de la dieta de referencia (control), lo que permite elegirla como la dieta óptima, no solo por tener materias primas de fácil acceso, proveer una buena conversión alimenticia, sino también por permitir un porcentaje de sobrevivencia en los individuos en estudio por encima del 85%.

De otra parte, se encontró que no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en tasa de conversión alimentaria, ganancia de peso y tasa de mortalidad en las dietas (F1, F2) comparadas con la dieta control; calificando la dieta (F1) como la más apropiada para su suministro en la etapa de levante de cachama blanca, por poseer una mayor concentración de alimento por inclusión (85% alimento comercial, harina de lenteja 10% y harina de orellana y alga 5%).

Finalmente, se recomienda al sector piscicultor hacer vigilancia y control en la calidad de los estanques o pozos de producción, para garantizar la sobrevivencia del cultivo y por ende maximizar la producción. Así mismo, implementar dietas por suplementación o inclusión utilizando materias primas nativas y de bajo costo (algas, hongos, biomasa), como alimento alternativo al convencional, puesto que, en el estudio se demostró que disminuyendo significativamente y de forma calculada la concentración del alimento de referencia, se pueden lograr resultados similares a la alimentación convencional.

REFERENCIAS

- 1 Aguilar, F. (2010). *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (Oreochromis spp.) y Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus var. Chitralada) alimentadas con dietas peletizadas o extruidas*. Tesis de Magíster en Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- 2 Arce, E. y Luna, J. (2003). "Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio". *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura (AquaTIC)*, Vol. 18, pp. 39-47.
- 3 Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). (2013). *Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia*. Bogotá, Colombia.
- 4 Boyd, C. (1968). "Fresh-Water Plants: A Potential Source of Protein". *Economic Botany*, Vol. 22, No. 4, pp. 359-368.
- 5 Ceballos, M. y Velásquez, M. (1998). *Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México*. Pachuca: Secretaría de pesca Dirección General de Acuicultura-FAO.
- 6 Collazos, et al., (2014). "Supervivencia de larvas de cachama blanca, *Piaractus brachipomus* Cuvier 1818, sometidas a cambios experimentales de temperatura". *Orinoquia Suplemento - Universidad de los Llanos*, Vol. 18, No 2.
- 7 Crisan, E., y Sands, A. (1978). *The biology and cultivation of edible mushrooms*, Ed. Academic Press, USA.
- 8 David, C., y Bravo, R. (2004). *El manejo técnico del cultivo de la cachama*, Fundación para el fomento de la Iniciativa Empresarial FUNDAEMPRESA, Primera edición, Bogotá.
- 9 Díaz, C., y Carvajal, E. (2014). "Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite". *Alimentech Ciencia y tecnología alimentaria*, Vol. 12, No. 1.
- 10 Díaz, N. (2016). *Evaluación de tres dietas alimenticias suministradas en la fase de alevino al pez ornamental amazónico escalar*, Facultad de ciencias contables, económicas y administrativas, Manizales.
- 11 Donnelly, G. (1969). "A preliminary survey of tilapia nurseries on Lake Kariba during 1967/68". *Hydrobiología*, Vol. 34, pp. 195-206.
- 12 Dröge, W., et al. (1992). *Immun. Today*, Vol. 13, No. 211.
- 13 Edwards, P. (1990). *Use of terrestrial vegetation and aquatic macrophytes in aquaculture. Detritus and microbial ecology in aquaculture*. Proceedings of the Conference 14. International Center of Living Aquatic Resources Management, Manila, Phillipines, p. 420.
- 14 Espinal, C., Martínez, H., y Acevedo, X. (2005). *La cadena del café en Colombia: Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

- 15 Espinosa, M. *Entre la acuicultura de los “más pobres” y la de los “menos pobres”*. Depósito de documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab478s/AB478S00.htm>. (20 de Julio 2020).
- 16 FAO (2010). *Nutrición y Alimentación de los Peces*. http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm. (20 de Julio 2020).
- 17 Garzón, J. y Cuervo, J. (2008). “Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia”. *Revista Ciencias Biomédicas*, Vol. 6, pp. 1-3.
- 18 Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. d. P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. México: Editorial McGraw-Hill.
- 19 INCODER (2006). *Guía práctica de piscicultura en Colombia*. <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>. (20 de Julio 2020).
- 20 Kufel, L., y Kufel, I. (2002). “Chara beds acting as nutrient sink in shallow lakes – a review”. *Aquatic Botany*, Vol. 72, pp. 249-260.
- 21 Larbi, C., Zhao, J., y Rupia, E. (2017). “Growth performance, feed utilization, body and fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing elevated levels of palm oil”. *Aquaculture and Fisheries*, Vol. 2, No. 2, pp. 67-77.
- 22 MADR-Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). *Agenda Nacional de investigación en pesca y acuicultura 2011-2012*, Bogotá. http://www.iica.int/Esp/regiones/andina/colombia/Publicaciones%20de%20la%20Oficina/2013/agenda_nal_investigacion_pesca_acuicultura.pdf. (20 de Julio 2020).
- 23 McConnaughey, T. y Whelanb, J. (1997). “Calcification generates protons for nutrient and bicarbonate uptake”. *Earth-Science Reviews*, Vol. 42, No.1-2, pp. 95-117.
- 24 Merino, M., Bonilla, S., y Bages, F. (2013). *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. Bogotá: Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura-AUNAP/MinAgricultura / FAO.
- 25 Michael, T. et al. (2015). “A review on probiotics application in aquaculture”. *Fisheries and Aquaculture Journal*, Vol. 5, No. 4. pp. 1-3.
- 26 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), (2017). *Producción pecuaria con referencia anual periodo 2010-2016*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=64>. (20 de Julio 2020).
- 27 Murillo, M., et al. (2013). “Valoración de dietas para alevines de *Colossoma macropomum* utilizando como fuentes proteicas harinas: de lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*)”. *Rev. Chil. nutr.*, Vol. 40, No. 2.
- 28 Negret, E. (2015). *El estado actual de la acuicultura en Colombia y perfiles de nutrición y alimentación*. Truchas Nueva Caledonia: Bogotá: FAO.
- 29 Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation: techniques, species and opportunities for commercial application in developing countries*, TOOL Publications, Third edition, Amsterdam, p. 274.

- 30 Osborne, B., y Raven, J. (1986). "Light absorption by plants and its implications for photosynthesis". *Biological Reviews*, Vol. 61, No. 1, pp. 1-60.
- 31 Poleo, G., Aranbarrio, J., Mendoza, I., y Romero, O. (2011). "Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados". *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, Vol. 46, No. 4, pp. 429-437.
- 32 Redding, T., y Midlen, A., (1992). *Estudio de la producción piscícola en los canales de riego*. Documento Técnico de Pesca. No. 317. Roma, FAO.
- 33 Romero, J., Rodríguez, M., y Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus. Importancia y tecnología del cultivo*, Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica, Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cuatro caminos, Ciudad de Cienfuegos, Cuba, p. 116.
- 34 Rubiano, R., y Susa, J. (2015). *Determinación del efecto de la sustitución de la dieta tradicional por la dieta con Saccharomyces cerevisiae y Maíz pira (Zea mays everata Sturt) en el crecimiento de Cachama Blanca (Piaractus brachypomus) en las etapas de alevinaje y levante*. Tesis de pregrado en Bacteriología y Laboratorio Clínico, Facultad de Salud, Universidad de Santander, Cúcuta.
- 35 Saucedo, R. y Rendón, P. (2009). *Modelo tecnológico para el cultivo de tilapia (Oreochromis) en jaulas*. Sistema Productivo de Tilapia, México, A.C., CONAPESCA.
- 36 Silva, L., Osorio, P., Tovar, J., y Bello, L. (2010). "Composición química, digestibilidad de carbohidratos y capacidad antioxidante de las variedades mexicanas de frijoles negros, garbanzos y lentejas cocidas". *CyTA – Journal of Food*, Vol. 8, No. 1, pp. 7-14.
- 37 Sosnovsky, et al. (2005). "Efectos antrópicos sobre las praderas sumergidas de carófitos en una laguna cárstica". *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, Vol. 62, No 1, pp. 47-52.
- 38 Torres, M. (2003). *Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdó*. Tesis de pregrado en Biología con énfasis en recursos naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó.
- 39 Wetzel, G. (2001). *Limnology*, Academic Press, Third Edition, New York.
- 40 Wetzel, G., y Likens, E. (1991). *Limnological analysis*. New York: Saunders Company.
- 41 Whitton, B. (1984). *Algae as Ecological Indicators*, Ed. Academic Press, London.
- 42 Wright, R., et al. (2000). "Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 on apples using wash and chemical sanitizer treatments". *Dairy Food Environment Sanitization*, Vol. 20, No. 2, pp. 120-126.
- 43 Zetina, C., Pat, R., Peniche, I., y Sauri, V. (2006). *Estudio sobre el uso de macrófitas sumergidas para el tratamiento de agua*, Yucatán, México. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicon/R-0091.pdf>. (20 de Julio 2020).



Sección 2.

Ingenierías y Administración

Capítulo 4. La programación lineal en los sectores económicos de Norte de Santander: estado actual y potencialidades de uso.

Capítulo 5. Enfoques y estándares en la dirección de proyectos.

Capítulo 6. Diseño de Project Management Game Vr (Pmg-Vr) como apoyo al aprendizaje de la guía PMBOK Para Gerentes De Proyectos.

LINEAR PROGRAMMING IN THE ECONOMIC SECTORS OF NORTE DE SANTANDER: CURRENT STATUS AND POTENTIAL FOR USE

LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN LOS SECTORES ECONÓMICOS DE NORTE DE SANTANDER: ESTADO ACTUAL Y POTENCIALIDADES DE USO

PhD. John Freddy Gelves*, MSc. Ana Cecilia Verjel Alvarez*, MSc. Richard Monroy Sepúlveda*, MSc. Yebrail Alexis Romero Arcos*, MSc. Sandra Milena Castro Escobar**

*Universidad Libre Cúcuta, Grupo de investigación en competitividad y sostenibilidad para el desarrollo
{johnf.gelvesd, ana.verjel, richard.monroys, yebrail.romeroa}@unilibre.edu.co

**Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y arquitectura, grupo de investigación INGPRO-GES
sandra.castro@unipamplona.edu.co

Abstract: The process contemplated the revision of four aspects associated to the use of linear programming (PL): the first one associated with the knowledge that entrepreneurs have about the use of the PL in their organizations. The second aspect was associated with the questioning of professionals in the engineering field about the applicability of PL in their professional activities. As a third aspect, a documentary review of the knowledge generated in the region by researchers from the different universities was carried out. Finally, some possible PL applications that may be of interest in the regional environment are explored. The results obtained show that PL, despite the benefits it may have, is rarely used in the region. The lack of knowledge of businessmen on the subject has been the cause of the greatest influence, according to the analysis carried out. However, there is an interest of businessmen to use the PL in their organizations.

Keywords: linear programming, operational research, optimization technique, Norte de Santander.

Resumen: El proceso contempló la revisión de cuatro aspectos asociados al uso de la programación lineal (PL): el primero asociado con el conocimiento que los empresarios tienen sobre el uso de la PL en sus organizaciones. El segundo aspecto se asoció con el cuestionamiento de profesionales en el campo de la ingeniería sobre la aplicabilidad de PL en sus actividades profesionales. Como tercer aspecto, se realizó una revisión documental del conocimiento generado en la región por investigadores de las diferentes universidades. Finalmente, se exploran algunas posibles aplicaciones de PL que pueden ser de interés en el entorno regional. Los resultados obtenidos muestran que la PL, a pesar de los beneficios que puede tener, se utiliza muy poco en la región. La falta de conocimiento de los empresarios sobre el tema ha sido la causa de mayor influencia según el análisis realizado. Sin embargo, existe el interés de los gerentes por utilizar la PL en sus organizaciones.

Palabras clave: Programación lineal, investigación de operaciones, técnicas de optimización, Norte de Santander.

1. INTRODUCCIÓN

La programación lineal (PL) puede ser considerada como un conjunto de técnicas asociadas al campo de las matemáticas aplicadas denominado como investigación de operaciones, la cual se caracteriza por el uso de modelos matemáticos y fundamentos de estadística para la toma de decisiones en situaciones de diferente naturaleza. Dentro de las técnicas más reconocidas resaltan el algoritmo simplex, la solución por el método gráfico cuando se trata de dos variables, el método húngaro para asignación y las variantes del método de transporte como el método de la esquina noroeste, esquina noroeste modificada y la aproximación de Vogel (Fernandez,2011; Caballero y Grossmann, 2007).

La toma de decisiones a nivel empresarial ha sido uno de los campos donde más éxito ha logrado la programación lineal, con aplicaciones en mezclas (industria química, petroquímica, coquización de carbón) asignación de personal, programación de producción, selección de productos para maximizar utilidades o por el contrario selección de producto o materias primas que conlleven a minimizar el costo de un producto o proceso. Es importante resaltar dentro de este último grupo la aplicabilidad en procesos de logística y cadena de abastecimiento de diferentes sectores económicos, como el transporte aéreo y terrestre de pasajeros, así como la movilidad de carga entre ciudades (Fernandez,2011; Caballero y Grossmann, 2007).

Los cursos de investigación de operaciones ha sido uno de los componentes esenciales en los programas de formación universitarios (especialmente ingenieros industriales y de sistemas) a nivel nacional e internacional (Acevedo y Linares,2013). En el caso de los ingenieros industriales la apropiación de estas técnicas ha facilitado significativamente su rol de optimización de procesos (Acevedo y Linares,2013). Por ejemplo, en un trabajo en una empresa de fármacos se logró un aumento en la atención de la demanda del 14% (de 64% a 78%) (Cabrera y Puente,2015). En Chile por ejemplo se documentó un proceso de toma de decisiones donde se logró hacer una asignación de recursos a los proveedores de alimentos para los programas de alimentación escolar, con un ahorro de dinero al estado de cerca de 40 millones de dólares para un periodo de tres años (Epstein, 2001). Otro caso documentado en la literatura ha sido asociado al sector minero, donde un ajuste en el tratamiento de los frentes de explotación basado en un modelo de programación lineal permitió pasar de 40.6 USD/Tonelada a 98.04 USD/tonelada en las utilidades de la empresa (Soto, 2002). Estos y muchos ejemplos más disponibles en la literatura ponen de manifiesto la importancia de la programación lineal en el sector empresarial.

Aunque esta dinámica se mantiene desde hace varias décadas alrededor del mundo, parece ser que este comportamiento no se evidencia en la región del Norte de Santander (Colombia) a pesar de la existencia de planes de estudio en ingeniería industrial y sistema desde la década de los 90. El objetivo de este trabajo se ha encaminado a establecer las razones del bajo uso de este tipo de técnicas por parte de empresarios y profesionales con formación en el tema, así como analizar la actividad académica/científica que realizan los investigadores de las universidades regionales sobre la aplicación de la programación lineal.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La investigación de operaciones y la programación lineal.

De forma sencilla se puede definir la investigación de operaciones como un conjunto de técnicas (modelos matemáticos) que facilitan la toma de decisiones. La Figura 4.1 resalta las principales agrupaciones de técnicas que conforman la investigación de operaciones resaltando entre ellas la programación lineal, ya que es sobre esta última sobre la cual se enfoca el presente trabajo.

La programación lineal como técnica para la toma de decisiones se basa en modelos con una función objetivo (maximización o minimización según sea el caso) y restricciones estrictamente lineales. Existen muchas otras técnicas como la programación entera en la que las variables toman valores enteros, programación dinámica en la que el modelo original se puede descomponer en subproblemas más pequeños, programación de red en la que el problema se puede modelar como una red y la programación no lineal, en la que las funciones del modelo son no lineales (Fernandez,2011;Taha, 2004; Hillier et al,1997).

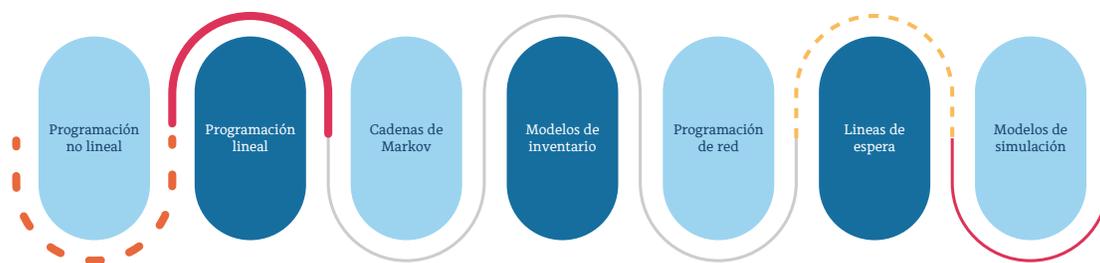


Figura 4.1 Principales técnicas de la investigación de operaciones.
Fuente propia.

La solución de modelos mediante la programación lineal está a su vez constituida por una serie de técnicas que son las responsables del éxito de la PL en la toma de decisiones a nivel empresarial y gubernamental, entre las que sobresale el método gráfico, solución con algoritmo simplex, método húngaro, modelo de transporte y transbordo (Fernandez,2011; Taha, 2004; Hillier et al,1997). Estas técnicas son resaltadas ya que ellas son el soporte para explicar las posibilidades de aplicación de la programación lineal en la región.

2.2 El Norte de Santander y su economía

Norte de Santander es uno de los 32 departamentos que tiene el territorio colombiano. Se ubica en la zona nororiental del país en la frontera con Venezuela. La región está dividida administrativamente en 40 municipios de los cuales la ciudad de Cúcuta es la capital del departamento. La población del territorio es 1.620.318 habitantes y se concentra en tres centros urbanos, la zona metropolitana de Cúcuta (Cúcuta, Villa del Rosario, Los Patios, El Zulia y Puerto Santander), Ocaña y Pamplona. El PIB del Norte de Santander en el año 2015 fue de 5562 millones de dólares americanos, ocupando la posición número 15 entre todos los departamentos de Colombia. El PIB per cápita de la región es de 4000 dólares, mientras que los departamentos vecinos de Santander, Cesar y Boyacá fueron de USD 9.300, USD 6.383, y 6.030 respectivamente para el mismo periodo (Dane, 2018; Ramírez, 2014).

La economía del Norte de Santander se caracteriza por la explotación de recursos minerales como el carbón (Municipios como el Zulia, Cúcuta, Sardinata, Salazar, Arboledas, Bochalema), arcillas (área metropolitana), calizas (Los Patios), fosforitas y feldespatos (Sardinata) así como explotación de petróleo en la zona de Tíbú. La agricultura también es soporte de la economía departamental, sobresalen los cultivos de café, caña de panela, arroz, cítricos y cultivo de palma de aceite. A nivel urbano la economía se mueve a través de actividades del comercio de mercancías, servicios financieros, transporte, e industria variadas entre las que sobresalen la fabricación del calzado, confecciones, cerámicas, metalmecánica, agroindustria (alimentos) y la construcción de obras civiles. La plataforma Informa Colombia contiene información de cerca de 16.000 instituciones comerciales e industriales en este territorio (Ramírez, 2014).

2.3 Las instituciones académicas de educación superior del Norte de Santander.

Las instituciones de educación superior en el Norte de Santander se concentran en la Ciudad de Cúcuta, Pamplona y Ocaña. Sobresalen instituciones públicas como privadas que ofrecen una gran diversidad de programas académicos a nivel técnico, tecnológico, profesional y formación a nivel de posgrado.

Al hacer una revisión de las instituciones académicas en la plataforma SNIES del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, sobresalen instituciones públicas como la Universidad Francisco de Paula Santander en la Ciudad de Cúcuta y en Ocaña, La Universidad de Pamplona tanto en el municipio de Pamplona como en Villa del Rosario y Cúcuta, el Instituto Superior de Educación Rural ISER también en Pamplona, El Servicio Nacional de Aprendizaje, la Escuela Superior de Administración Pública y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. De igual Manera existen varias instituciones privadas en la región como la Universidad Libre, Universidad de Santander, Universidad Simón Bolívar, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Universidad Antonio Nariño, Corporación Universitaria Remington, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte entre otras con menor acogida en la actualidad.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

El desarrollo del presente trabajo se caracteriza por ser una investigación de tipo descriptivo con un enfoque cuantitativo, fundamentado en el desarrollo de trabajo de campo y revisión documental. Para la recolección de información se procedió a establecer la población de interés para cada uno de los tópicos propuestos. En el caso de las empresas se tomó como punto de partida las empresas de Norte de Santander registradas en la plataforma Informa Colombia pertenecientes a los sectores de manufactura, transporte y almacenamiento, minas y cantera, alojamiento y servicios, financiera y seguros y por último el sector salud, equivalente a 3264 empresas. Estos sectores fueron seleccionados debido a que son los más representativos de la economía del Norte de Santander.

Para el caso de los profesionales se tomó como población los egresados de ingeniería industrial de las universidades regionales (Universidad de Pamplona, Universidad de Santander, Universidad Libre, Universidad Francisco de Paula Santander y Universidad Nacional Abierta y a Distancia), la información de egresados fue obtenida de la plataforma Spadies del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, equivalente a 2740 egresados entre el año 2001 y el año 2017. Se tomó a los ingenieros industriales como población de estudio, ya que estos son los que reciben una mayor profundización en esta clase de técnicas en los programas académicos universitarios de la región.

En el caso de la actividad científica e investigativa se procedió a realizar una revisión de la literatura en las bases de datos científicas disponibles en la web (Science direct, Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex, Google scholar) así como en los repositorios institucionales, haciendo filtro en aquellas publicaciones asociadas a las instituciones académicas regionales (que ofertan ingeniería industrial) y con temática de trabajo programación lineal y/o Investigación de operaciones.

Una muestra representativa de cada población fue establecida a partir de la ecuación (1) (Molina et al, 2012):

$$n = \frac{(N * Z^2 * p * q)}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde, n= muestra, N=población, Z=nivel de confianza (95%), p=probabilidad de éxito (50%), q = probabilidad de fracaso (50%), d=error máximo permitido (8%).

De forma complementaria, en las tablas 4.1 y 4.2 se presenta información sobre la representatividad de cada uno de los sectores económicos e instituciones académicas de la región, así como la muestra obtenida, sobre la cual se aplicó el instrumento de recolección de información tipo encuesta.

Tabla 4.1 Representatividad de cada uno de los sectores económicos utilizados en este trabajo

Empresas		
Muestra	Sectores económicos	Participación (%)
144	Manufactura	41,4
	Salud	16,2
	Transporte y almacenamiento	15,8
	Minas y canteras	11,4
	Alojamiento y servicios	7,7
	Financiera y seguros	7,5

Tabla 4.2 Representatividad de cada una de las instituciones académicas de la región utilizados en este trabajo

Profesionales		
Muestra	Institución del egresado	Participación (%)
143	Institución 1	36,6
	Institución 2	37,8
	Institución 3	12,3
	Institución 4	11,8
	Institución 5	1,50

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son presentados según los criterios establecidos en el apartado metodológico.

4.1. La programación lineal en las empresas de la región

Como ya se ha mencionado se aplicó un instrumento de recolección de información a los empresarios de la región. El cuestionario incluyó temas como si conoce que es la programación lineal, si ha utilizado este tipo de técnicas en sus organizaciones, las causas del por qué no se da una buena implementación en la región y que tipo de aplicaciones serían las que podrían recibir mayor atención por parte de los profesionales que intentan ofrecer este tipo de servicio a los empresarios.

Al preguntar a los empresarios sobre si han oído hablar de la programación lineal y de sus ventajas para la toma de decisiones se obtuvo como resultado la información de la Figura 4.2.

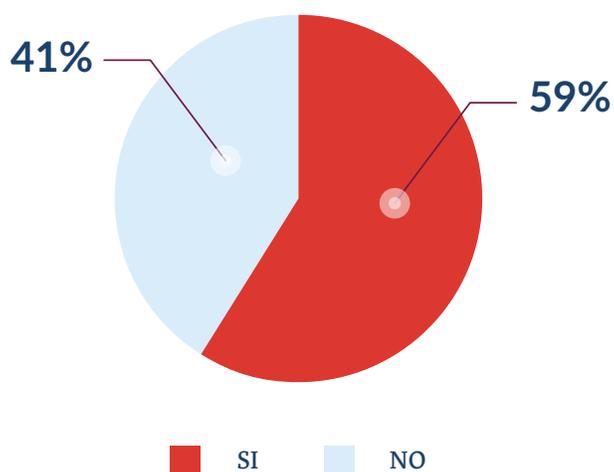


Figura 4.2 Ha oído hablar de la programación lineal y de sus ventajas para la toma de decisiones.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 4.2, solo el 41% de los empresarios ha oído hablar de la programación lineal como herramienta para la toma de decisiones. Este resultado pone de manifiesto que hay un alto nivel de desconocimiento de las bondades de la programación lineal en las organizaciones del Norte de Santander.

Como una cosa es conocer y otra es aplicar, se preguntó a los empresarios que contestaron de forma afirmativa a la pregunta de la Figura 4.2 si utilizaban realmente la programación lineal en algunos de los procesos de sus organizaciones, obteniendo los resultados mostrados en la Figura 4.3.

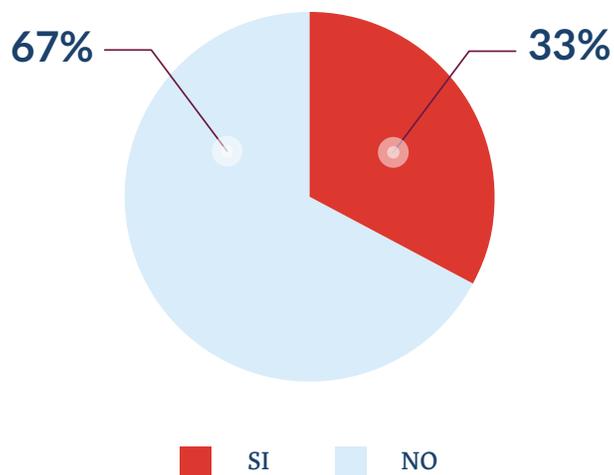


Figura 4.3 Utiliza la Programación Lineal para la toma de decisiones en su empresa.
Fuente: Elaboración propia

Si los resultados de la Figura 4.2 ya mostraban un panorama de desconocimiento, la información de la Figura 4.3 dejan ver un escenario mucho más complejo, donde solo el 33% de los empresarios que han oído hablar de la programación lineal, realmente la utilizan. Basado en los resultados obtenidos hasta ahora se puede inferir que de cada 100 empresas de la región tan solo el 14% utiliza alguna de las técnicas de la programación lineal.

Complementario a lo ya expuesto, se logró establecer que esta clase de técnicas no es de uso frecuente por los empresarios, siendo el sector de fabricación de calzado y marroquinería el que más aplicabilidad le da en la región. Estos resultados preliminares permiten corroborar el planteamiento inicialmente descrito en el apartado de introducción, sobre el poco uso de la programación lineal en la región.

A fin de conocer que genera este comportamiento de bajo uso de la programación lineal en la región, se solicitó a los empresarios que seleccionaran de una lista, que aspecto era el que consideraban el más relevante para justificar este resultado. La información obtenida es presentada en la Figura 4.4.

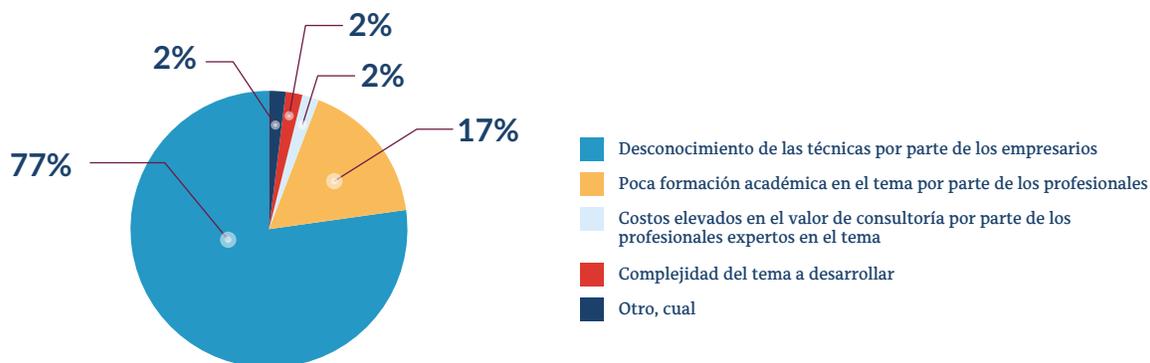


Figura 4.4 Que aspecto considera que es responsable de la baja utilización de la programación lineal en las empresas regionales.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 4.4, el 77% de los empresarios consideró que el poco uso de la programación lineal se debe al desconocimiento que ellos tienen sobre los beneficios que puede ofrecer la programación lineal a sus organizaciones. En segundo lugar (con un 17%) los encuestados consideraron que la causa principal de este comportamiento estaba asociada a la poca formación académica de los profesionales que realizan actividades de apoyo a las empresas y que reciben formación en el tema como administradores de empresas, ingenieros industriales, ingenieros de sistemas y contadores públicos. La complejidad del tema para la implementación de la PL (2%) y los altos costos de los honorarios asociados a resolver problemas de toma de decisiones bajo un modelo matemático (2%) no parecen tener una fuerte influencia en este comportamiento observado en la región.

Una vez realizado el diagnóstico a nivel empresarial se realizó una breve explicación a los empresarios sobre lo que es la programación lineal y algunos casos de uso reportados en la literatura (Cabrera y Puentes, 2015; Soto, 2002; Epstein, 2001). Posteriormente se procedió a preguntarles nuevamente si una vez conocido un poco más del tema, estarían dispuestos a usar la programación lineal en sus organizaciones, los resultados obtenidos son presentados en la Figura 4.5.

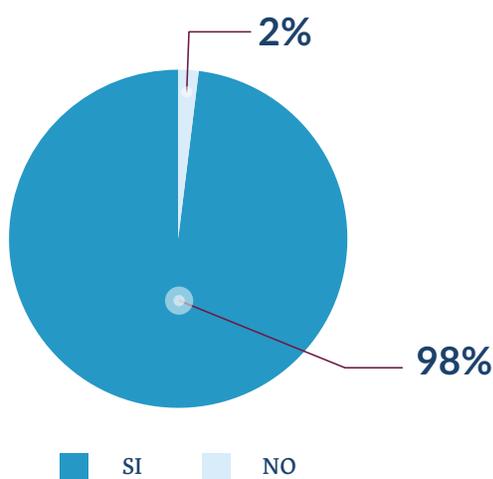


Figura 4.5 Estaría dispuesto a usar la programación lineal una vez conocidas las ventajas que esta puede traer para su empresa.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 4.5, el 98% de los empresarios consideró que, si les interesa usar la programación lineal, solo si su implementación fuese de bajo costo, lo cual es un resultado bastante positivo. El 2% restante consideró que uso implementación desmejoraría los beneficios que ya han obtenido con otras técnicas.

Finalmente se solicitó a los empresarios que indicaran que tipo de aplicaciones (asociadas programación lineal) de un listado disponible, consideraban de su interés para ser implementados en sus organizaciones. Los resultados son presentados en la Figura 4.6.

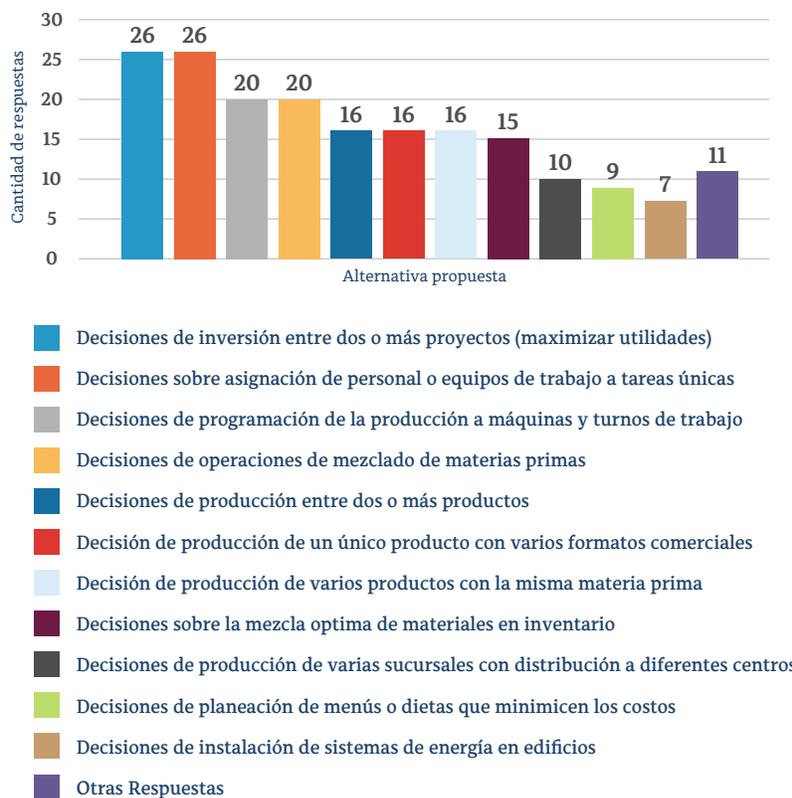


Figura 4.6 Principales campos de aplicación donde los empresarios mostraron más interés
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 4.6, los principales campos de aplicación sobre los cuales los empresarios mostraron interés son decisiones de inversión entre dos o más proyectos para maximizar utilidades, asignación de personal o equipos de trabajo a tareas únicas, programación de máquinas/turnos de producción y decisiones de mezclado de materias primas.

Solo se evidenció tendencias muy marcadas en la industria cerámica y en el sector de fabricación de calzado y marroquinería. En el caso de la industria cerámica sobresale el interés sobre las aplicaciones de mezclas que este caso podría estar asociado a la formulación de pastas cerámicas, de igual manera sobresale el desarrollo de varios productos a partir de la misma materia prima (arcilla) a fin de obtener la combinación óptima que ofrezca la mayor rentabilidad. En el sector calzado sobresale también la toma de decisiones asociadas al desarrollo de varios productos a partir de la misma materia prima, pero en este caso la materia prima es el cuero.

4.2. Uso de la programación lineal por parte de los profesionales en ingeniería industrial

De forma similar a la realizada con los empresarios se aplicó un instrumento de recolección a la población objeto de estudio. En este caso se trató de profesionales de ingeniería industrial egresados de las diferentes instituciones académicas de la región. Se garantizó la representatividad de egresados según cada institución ya sea esta pública o privada. Lo primero que fue preguntado a los egresados fue si habían utilizado la programación en algún momento de su vida profesional. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.7.

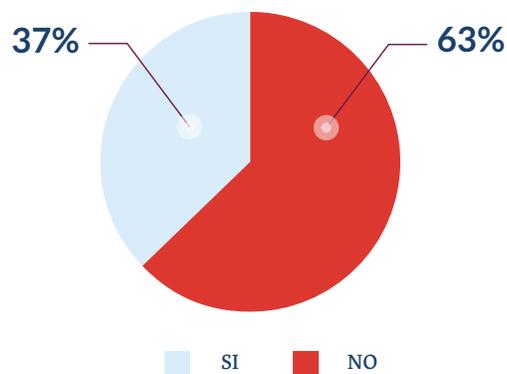


Figura 4.7 Usted ha aplicado la programación lineal en algún momento de su vida profesional (diferente de la academia)
Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados en la Figura 4.7 no distan mucho de los reportados por los empresarios, se evidencia que una gran parte de los egresados nunca ha hecho uso de la programación lineal en sus vidas profesionales. Las causas asociadas a este comportamiento serán explicadas más adelante.

A fin de ahondar un poco más sobre el uso de la programación lineal por parte de los profesionales en ingeniería industrial se preguntó a quienes contestaron afirmativamente a la pregunta de la Figura 8 con qué frecuencia suele usar dichas técnicas. Los resultados son presentados en la Figura 4.8.

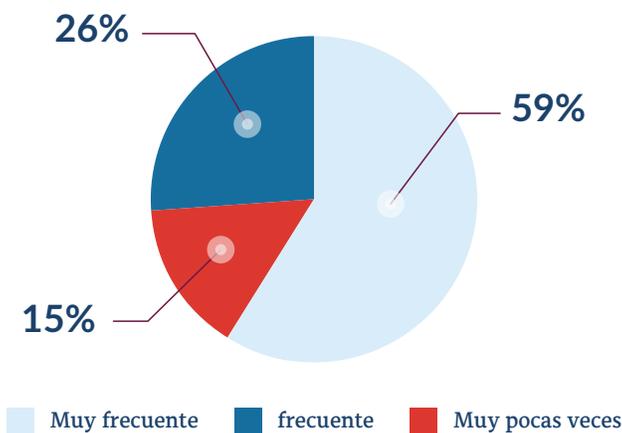
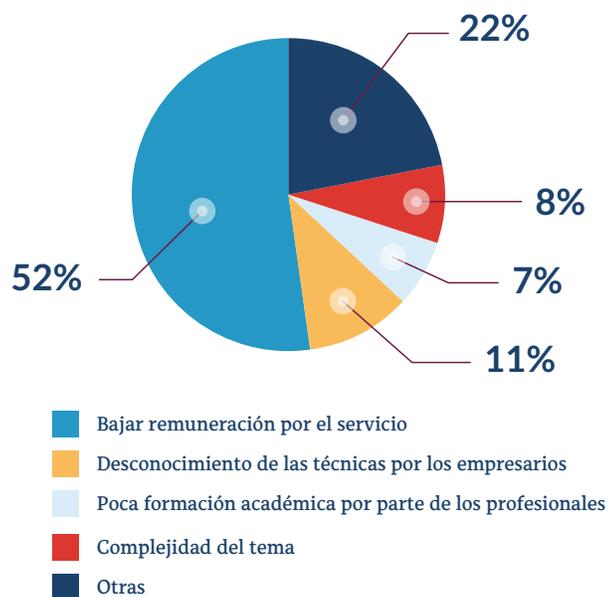


Figura 4.8. Con qué frecuencia aplica la programación lineal en su profesión
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 4.8 se puede corroborar que, aunque en la región el 37% de los egresados de ingeniería industrial ha hecho uso de la programación lineal solo el 15% de quienes la usan lo hace de forma muy frecuente. Es decir que de los 1014 profesionales que han utilizado la PL, tan solo el 15% de los mismos (153 profesionales) suele utilizar frecuentemente la programación lineal, el 25% lo hace regularmente (254 profesionales) y el 60% restante lo ha usado muy pocas veces (608 profesionales). Este resultado permite nuevamente corroborar lo planteado en la sección de introducción sobre el poco uso de la programación lineal en el Norte de Santander.

Al igual que con los empresarios se indagó con los egresados cuales consideraban que era la principal causa que ha ocasionado el bajo uso de la programación lineal en la región. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4.9.



*Figura 4.9 Que aspecto limita el uso de la programación lineal en las instituciones regionales (empresas, servicio público, universidades, etc)
Fuente: Elaboración propia*

Al indagar sobre las causas que generan el bajo uso de la programación lineal, el 54% de los profesionales coinciden en que la falta de conocimiento por parte de los empresarios es la principal causa de este comportamiento en la región, la segunda causa que consideran relevante los profesionales (23% de los encuestados) está asociada a una baja formación académica en este campo por parte de los planes de estudio de las universidades regionales. Estos dos aspectos mencionados anteriormente fueron los mismos que destacaron los directivos de las empresas como los más importantes para explicar la baja aplicabilidad de la programación lineal en la región.

Volviendo a la Figura 4.9, es importante resaltar que algunos profesionales expresaron como causas relevantes la baja remuneración por la prestación de este servicio (10%) y la complejidad técnica para desarrollar esta labor (9%). Sobre estos aspectos existen muchos supuestos que podrían explicar el resultado obtenido acorde con los autores de esta investigación. Uno de ellos es que los profesionales no saben valorar los beneficios que trae la labor realizada para el empresario o que las aplicaciones donde realizan su labor no son lo suficientemente relevantes para las directivas de estas organizaciones.

Finalmente se indagó sobre qué tipo de aplicaciones de la programación lineal han sido las más comunes en su vida profesional. Los resultados son presentados en la Figura 4.10.

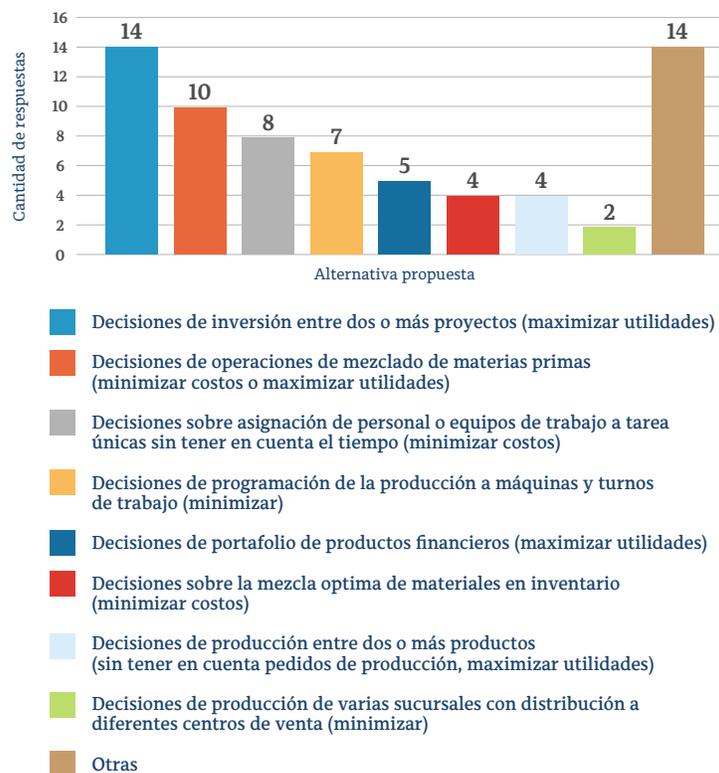


Figura 4.10 Cuáles son las aplicaciones de la programación lineal que más ha trabajado en su vida profesional
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Figura 4.10 dejan ver cuales temáticas son las más abordadas actualmente por los profesionales en ingeniería industrial en la región. Las decisiones de inversión de proyectos, decisiones de mezclado de materias primas, decisiones sobre asignación de personal y programación de producción fueron las más reconocidas. Dentro de la opción otras respuestas destacan respuestas como planeación de menús y/o dietas, asignación de vehículos en rutas de transporte, asignación de vehículos en el transporte de carga y distribución de productos de fabrica a diferentes centros de distribución.

4.3. Conocimiento generado desde las instituciones académicas en relación a la programación lineal

El punto de partida para este análisis fue la revisión de publicaciones hechas en Colombia y que se encuentran registradas en el gestor bibliográfico Scopus. Utilizando el criterio de búsqueda “programación lineal” en el título de la publicación. La finalidad del proceso fue rastrear la cantidad de publicaciones de alto nivel académico que se han generado desde las instituciones académicas del país y a su vez identificar cuantos de estas publicaciones provienen de entidades ubicadas en la región de Norte de Santander. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4.11.

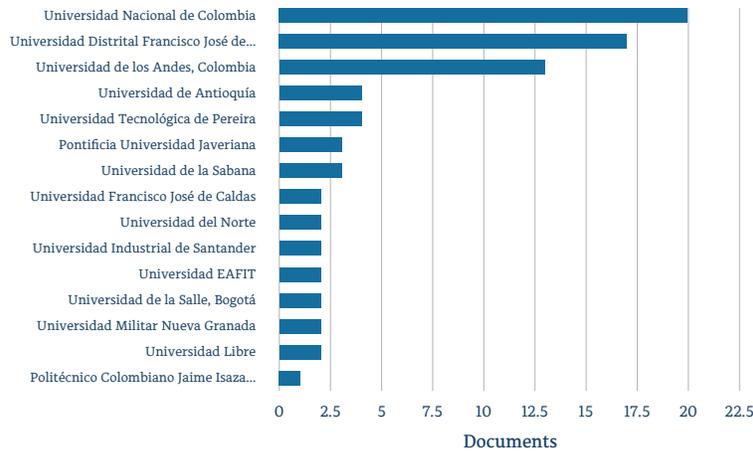


Figura 4.11 publicaciones asociadas a la programación lineal procedentes de instituciones colombianas
 Fuente: Scopus, noviembre de 2019.

De la información presentada en la Figura 4.11, solo una de ellas tiene presencia en Norte de Santander, sin embargo, las dos publicaciones registradas para esa institución no están asociadas a autores que tengan presencia en esta región de Colombia, hecho que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer este tema de estudio en las instituciones académicas regionales.

Complementario a lo ya mostrado, se hizo una revisión de trabajos asociados a bases de datos de mayor interés para el entorno latinoamericano, debido a su redacción en idioma español y consulta en repositorios institucionales a fin de identificar trabajos de grado y tesis asociadas a este tema, provenientes de instituciones regionales. Los resultados son presentados en las tablas 4.3 y 4.4.

Tabla 4.3 Artículos de investigación realizados por investigadores de instituciones académicas regionales asociados con la programación lineal con información disponible en internet

Institución	Artículos de apropiación de conocimiento
Universidad 1	6
Universidad 2	1
Universidad 3	0
Universidad 4	0
Universidad 5	0
Universidad 6	0
Universidad 7	0

Tabla 4.4 Trabajos de grado realizados por las instituciones académicas regionales asociados a programación lineal con información disponible en internet

Institución	Trabajos de grado
Universidad 1	10
Universidad 2	4
Universidad 3	0
Universidad 4	2
Universidad 5	0
Universidad 6	0
Universidad 7	0

En relación con la generación de conocimiento, se evidencia en la tabla 4.3 que solo dos instituciones han realizado publicaciones en revistas indexadas sobre usos de la programación lineal. Este resultado pone de manifiesto que es muy limitado el interés que se le da a la investigación a este tema. El seguimiento realizado a estos documentos muestra que solo dos autores (excluyendo estudiantes) son los responsables de esta producción.

De la información presentada en la tabla 4.4 se evidenció que la gran mayoría de los trabajos de grado desarrollados en las instituciones regionales están asociados a la formación como ingenieros industriales. Es notorio que algunas instituciones no han desarrollado trabajos en relación a la aplicación de la programación lineal a pesar de que algunas de ellas mantienen una tradición impartiendo cursos de programación lineal o investigación de operaciones por 15 años o más.

4.4. Algunos sectores económicos regionales con potencial para implementar la programación lineal

Con el panorama evidenciado en los apartados anteriores, es importante la toma de medidas que permitan impulsar el uso de la programación lineal en la región. En las publicaciones disponibles en internet para la región, se ha evidenciado la aplicabilidad de la programación lineal en la planeación y programación de la producción de empresas de muebles, calzado, metalmecánica y selección de portafolio de servicios para maximizar las utilidades en una entidad financiera (Rolón et al, 2019; Rojas et al, 2019; Bohórquez y Manzano, 2015; Triana y Rolón, 2014).

Aun así, existe un gran potencial sobre el cual se puede trabajar en la región para promover el uso de la programación lineal especialmente en sectores que concentran una gran cantidad de empresas o generan una significativa cantidad de empleos. A continuación, se describe algunas de estas posibles aplicaciones.

4.4.1 Producción de coque en la región

Norte de Santander es un territorio rico en recursos carboníferos, tanto en carbón térmico como coquizables (Zambrano et al, 2017; Umaña, 2015; Zapata, 2014). En este último material, las reservas son más escasas en comparación con el carbón térmico, aun así, ambos se caracterizan por poseer una fracción combustible volátil alta, lo cual afecta el rendimiento de la operación y de las variables tecnológicas como el poder calorífico, composición química elemental, el índice de reactividad con dióxido de carbono (CRI) y la resistencia mecánica después de reacción (CSR) (Cadena, 2016; Guerrero, 2010).

Acorde con el portal Informa Colombia en el área metropolitana de Cúcuta existen cerca de 42 empresas que se dedican al proceso de coquización del carbón mineral. Dichas empresas emplean más 1000 hornos para el proceso de transformación de la materia prima en coque, que en gran parte es llevado a otros países (UPME, 2012).

Varios temas podrían ser abordados mediante la programación lineal en las empresas coquizadoras de la región. Dos temas son propuestos en este trabajo, el primero asociado a la variabilidad de carbones metalúrgicos que llegan a una planta de coquización, lo cual obliga a realizar un diseño de mezclas donde la programación lineal encajaría perfectamente, tomando como variables de análisis el contenido de cenizas, humedad, contenido de azufre, poder calorífico e incluso índice de hinchamiento de cada materia prima que llega a la planta. Se hace necesario un buen trabajo de campo a fin de recolectar las diferentes fuentes de materia prima, caracterización de los carbones y un excelente reconocimiento de las variables de control en los hornos colmena o solera que poseen dichas empresas, como lo son la velocidad de calentamiento, temperatura final del proceso, así como los tiempos de permanencia en el horno.

El segundo caso que podría ser de interés a este grupo de empresas está asociado a la mezcla de carbones térmicos y metalúrgicos para obtener coque. Tradicionalmente solo se ha usado pequeñas cantidades de carbón térmico en el proceso, sin embargo, usar mayores cantidades de carbón térmico es una alternativa que empieza a tomar relevancia en el país debido a estudios realizados desde la Universidad Nacional de Colombia que han demostrado la viabilidad del proceso (Cadena, 2016). Como en el Norte de Santander existen ambos tipos de carbones, la programación lineal podría ser una herramienta interesante para la toma de decisiones en esta industria.

4.4.2 La industria cerámica tradicional

Norte de Santander y en especial el área metropolitana de Cúcuta se caracterizan por tener yacimientos de materiales arcillosos. La existencia de esta clase de materiales ha conllevado a que en este territorio existan más de 40 empresas legalmente constituidas las cuales generan una gran cantidad de empleos directos e indirectos para la sociedad nortesantandereana (Flórez et al, 2018).

La industria cerámica utiliza además de arcilla otras materias primas, como arena, feldespatos y calizas para la formulación de sus pastas (mezcla de minerales en forma controlada). En algunas organizaciones también se hace uso de diferentes arcillas a fin de obtener unas características especiales en el producto cerámico final, especialmente en el caso de la fabricación de las baldosas cerámicas o de las cubiertas para techo (Álvarez et al, 2018).

Cada materia prima contiene una composición química y mineralógica característica, la cual puede favorecer o afectar las propiedades tecnológicas del cerámico fabricado (Galán, 2006). Es aquí donde entra en juego la programación lineal, ya que, al tener un buen conocimiento de las materias primas, su abundancia, costos de explotación y transporte a fabrica las organizaciones de este sector pueden ahorrarse recursos importantes.

Una buena mezcla (formulación de la pasta) construida bajo los principios de la programación lineal y de balance de materia puede llegar a disminuir tiempos de secado, tener un menor consumo energético durante la cocción, menor cantidad de perdidas por material no conforme y mejores propiedades tecnológicas del cerámico obtenido (resistencia mecánica a la flexión y a la compresión, baja porosidad, entre muchas otras).

4.4.3 El sector de construcción de viviendas

Otro sector que podría sacar provecho de la programación lineal es el de la construcción. Acorde con el portal Informa Colombia en la región hay más de 500 registros de organizaciones vinculadas a la industria de la construcción, incluyendo en este campo los servicios conexos de electricidad, refrigeración, plomería, entre otros. Al igual que los demás sectores la construcción genera muchos empleos en la región de ahí la relevancia de tenerlo en cuenta para este análisis.

En el caso de construcción de viviendas, en la región destaca la fabricación de viviendas tipo casa unifamiliar en unidades residenciales conocidas como “urbanizaciones”. Para este tipo de construcciones se podría pensar en maximizar las utilidades a través de la programación lineal, esto se lograría haciendo un buen análisis de la combinación óptima de los diferentes modelos de casa del proyecto, dinámica que es muy común en la zona metropolitana de Cúcuta, donde se diseñan en la misma obra viviendas de dos y tres habitaciones.

Otra posibilidad de uso de la programación lineal dentro del mismo sector de la construcción podría estar asociada a escoger la mejor mezcla de fuentes energéticas para esas unidades residenciales tipo casa o para unidades residenciales tipo edificio. En este caso se podría plantear un modelo de minimización que permita reducir los costos o inversión en el corto y mediano plazo.

De igual manera la asignación de tareas y trabajadores dentro de las obras de construcción se podría optimizar a través del uso el método húngaro, disminuyendo así los costos operativos del proyecto.

4.4.4 Otros sectores

Son muchos los sectores económicos relevantes en la región, resulta difícil hacer una descripción detallada de las posibles aplicaciones de la programación lineal en cada uno de ellos. Aun así, se hacen algunas sugerencias que podrían ser de aplicables en las empresas de la región. En el sector salud por ejemplo podría funcionar muy bien la asignación de tareas y programación de turnos, teniendo como base que hay diferentes escalas salariales y modos de contratación. Los modelos de transporte y transbordo podrían llegar a ser importantes en las empresas que hacen distribución de alimentos o incluso en la misma planeación/programación de rutas de transporte público o de carga. Esto último útil en las empresas que mueven minerales como arcilla, caliza y carbón continuamente. Igualmente, la programación lineal podría ser útil en el sector agroindustrial que es tan importante para la región, por ejemplo, a partir del estudio de suelos y variedades de semillas se pueden lograr la mejor asignación de terrenos para maximizar el rendimiento de los cultivos.

5. DISCUSIÓN

Una vez presentado el estado general de lo que sucede con la programación lineal en el Norte de Santander es evidente que existen una serie de elementos que limitan su aplicabilidad. Ante esta situación los autores de este trabajo consideran que son las instituciones académicas de la región descritas en el apartado de marco teórico, los principales actores que pueden contribuir a generar un cambio en la región.

Las universidades y especialmente las directivas de los planes de estudio que ofrecen carrera con enfoque de gestión empresarial como la ingeniería industrial, administración de empresas y contaduría pública, deberían enfocar sus esfuerzos para dar a conocer la programación lineal en las organizaciones regionales como una herramienta valiosa para la toma de decisiones. Como el principal problema evidenciado en este trabajo es la falta de conocimiento sobre las bondades de la programación lineal, existen muchas estrategias que podrían seguirse a fin de cambiar este panorama.

A nivel empresarial por ejemplo se podría generar una sinergia con los estudiantes que cursan esta clase de asignaturas para que acudan a las organizaciones y den a conocer las bondades que tiene la programación lineal, de igual forma realicen proyectos de aula de modo que se comience a despertar el interés sobre el tema. De igual manera desde la dirección de los planes de estudio se debería promover una política que privilegie en la práctica industrial, pasantías y tesis de grado el desarrollo de temáticas asociadas a la programación lineal. Desde el rol de los docentes se deberían promover la consultorías, proyectos interinstitucionales y cursos cortos a la comunidad empresarial enfocados a la planeación táctica con un enfoque en modelos matemáticos de programación lineal.

Desde el punto de vista de los egresados es muy importante que las instituciones ofrezcan cursos de formación continuada complementaria a la descrita para los empresarios dando un enfoque sobre como promocionar las ventajas de la programación lineal a los empresarios. También es importante que se llegue a ofrecer posgrados donde la utilización de los modelos matemáticos juegue un rol relevante para la toma de decisiones. Finalmente hacer partícipes a los egresados en conferencias y eventos científicos donde se inviten expertos en el tema y se toquen casos de éxito sobre esta clase de técnicas.

A nivel de docencia se debería promover las metodologías de aprendizaje o reforzar las competencias que deben adquirir los profesionales en este campo a fin de que puedan dar respuesta de forma satisfactoria a las necesidades regionales en el tema. Aunque no se indagó sobre la formación de los docentes que acompañan esta clase de asignaturas se puede inferir que son muy pocos los que tiene formación especializada en este campo ya que en la región no se ofrecen programas posgraduales que permitan fortalecer las competencias en esta área.

Finalmente está la apropiación y generación de nuevo conocimiento que es parte de la esencia de este libro. Las instituciones basan sus aspectos misionales en la docencia, la proyección social y la investigación, sobre este último aspecto se identificó que hay una gran deuda por parte de los investigadores de la región. Es notorio que la institución académica denominada “Universidad 1” es la de mayor producción tanto en trabajos de grado como en publicación de artículos en revistas científicas. Tal vez sea la única institución donde se ha comprendido la relevancia que tiene la programación lineal para una sociedad. Algunos autores afirman que si se hiciera un buen uso de la programación lineal en los países en vía de desarrollo su Producto Interno Bruto aumentaría entre un 10% y un 15% en tan solo un año (Montufar et al., 2018). Bajo este escenario son muchas las mejoras que se podrían alcanzar en la región de Norte de Santander si se llegase a impulsar el uso de la programación lineal en los diferentes sectores económicos. Es por ello que se hace necesario impulsar los procesos de investigación en las instituciones, desde la investigación formativa de los semilleros de investigación, obtención de pasantías del programa jóvenes investigadores del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia, tesis de grado a nivel de pregrado/ posgrado, así como la realización de proyectos de alto nivel que permitan la generación de productos como artículos, libros, metodologías para la comunidad académica y empresarial. En este último caso es importante que estas iniciativas de investigación sean socializadas en los comités Universidad-empresa-estado a fin de que haya divulgación a todos los actores.

6. AGRADECIMIENTOS

J. F. Gelves agradece a los estudiantes de ingeniería industrial del curso programación lineal de la Universidad Libre Cúcuta, periodo 2019-II, por el apoyo brindado para la recolección de información en las empresas.

Los autores agradecen a todas las universidades regionales el apoyo brindado a fin de hacer llegar la información a los egresados del programa de Ingeniería Industrial. De igual manera cada uno de los autores agradece a su institución por los espacios facilitados para el desarrollo de este trabajo.

7. CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada se logró corroborar que la programación lineal no tiene gran acogida como herramienta para la toma de decisiones en el territorio del Norte de Santander. Se estableció como principal causa de este fenómeno el desconocimiento que tienen los directivos de empresas y los mismos empresarios sobre las bondades que tiene el uso de este tipo de técnicas para la toma de decisiones en las organizaciones.

Por otro lado, también se pudo evidenciar que en las mismas instituciones académicas existen limitaciones que no permiten la generación de conocimiento en cuanto a la programación lineal se refiere (artículos científicos y trabajos de grado). En el caso de los egresados de ingeniería industrial, tan solo el 0,5% de los trabajos de grado presentados fueron realizados en el campo de la programación lineal, a sabiendas que todos los programas ofertados en la región integran este curso en su malla curricular.

A pesar de este panorama, se evidenció un gran interés de los directivos de las empresas (98%) para la implementación de la programación lineal en sus organizaciones, luego de un corto proceso de socialización de las ventajas de esta clase de técnicas útil para la toma de decisiones. Bajo este escenario es importante realizar un fuerte trabajo desde las mismas instituciones universitarias a fin de promover el uso de la programación lineal y la generación de nuevo conocimiento para al entorno regional. El trabajo articulado entre docentes del área de formación, los estudiantes de pregrado, la conformación de posgrados en este campo de la gestión, la formación más avanzada de los docentes y la articulación con los empresarios son algunas estrategias que se podrían trabajar para cambiar este panorama.

REFERENCIAS

- 1 Acevedo, A. O., y Linares, M. C. (2013). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. *Industrial data*, 15(1).9-24.
- 2 Álvarez D. et al. (2018). Características de las materias primas usadas por las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta (Colombia). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 57(6), 247-256.
- 3 Bohórquez, G. y Manzano, S. T. (2015). Propuesta de un modelo para maximizar el rendimiento en la asignación de recursos disponibles para créditos en las cooperativas de ahorro y crédito de Los Santanderes. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 14, 161-174.
- 4 Caballero, J. A. y Grossmann, I. E. (2007). Una revisión del estado del arte en optimización. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 4(1), 5-23.
- 5 Cabrera, E. P. y Puente, M. M. (2015). Mejoras en la programación de la producción de una empresa farmacéutica. *Industrial data*, 18(2), 27-35.
- 6 Cadena Sánchez, A. O. (2016). *Estudio de las transformaciones fisicoquímicas de carbones colombianos en el proceso de coquización*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- 7 Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2018). Cuentas departamentales. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales> .
- 8 Epstein, R. et al. (2001). Programación entera mejora el proceso de licitación de raciones alimenticias. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 15 (1), 13-28.
- 9 Fernández, C. G. (2011). Programación lineal e Ingeniería Industrial: una aproximación al estado del arte. *Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, 2(6), 61-78.
- 10 Flórez, A. et al. (2018). Las arcillas de las formaciones geológicas de un área metropolitana, su uso en la industria cerámica e impacto en la economía regional. *Revista EIA*, 15(30), 133-150.
- 11 Galán, E., & Aparicio, P. (2006). Materias primas para la industria cerámica. *Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía*, 2, 31-49.
- 12 Guerrero, C. et al. (2010). Análisis termogravimétrico en la caracterización de carbones colombianos empleados en la producción de coque. *Revista colombiana de química*, 39(2), 287-297.
- 13 Hillier, F. S., Lieberman, G. J., & Osuna, M. A. G. (1997). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Vol. 3). McGraw-Hill.
- 14 Molina, J. et al. (2012). Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas fabricantes de cerámica roja ubicadas en el área metropolitana de Cúcuta. *Respuestas*, 17(2), 71-80.
- 15 Montufar, M. A. et al. (2018). *Investigación de operaciones*. Grupo Editorial Patria, México D.F.

- 16 Ramírez, S. J. (2014). Estructura Económica y Crecimiento en Norte de Santander, 2000-2012: una esquiiva transformación productiva. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 13(1), 115-136.
- 17 Rojas, J. et al. (2019). La Teoría de Restricciones y la Optimización como Herramientas Gerenciales para la Programación de la Producción. Una Aplicación en la Industria de Muebles//Theory of Constraints and Optimization as Management Tools for Production Scheduling. An Applica. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 27, 74-90.
- 18 Rolón, Á. J. et al. (2019). Modelo matemático para la planeación de la producción en una industria metalmeccánica. *Scientia et technica*, 24(3), 408-419.
- 19 Soto, F. A. (2002). *Construcción y validación del programa de producción en Colquijirca utilizando un modelo de programación lineal*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- 20 Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación. Séptima edición. Mexico D.F.
- 21 Triana, V. K. O. y Rolón, Á. J. C. (2014). Programación óptima de la producción en una pequeña empresa de calzado en Colombia. *Ingeniería Industrial*, 35(2), 114-130.
- 22 Umaña, L. et al. (2015). Determinación de las características fisicoquímicas y petrográficas de los carbones del área del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. *Geología Colombiana*, 40, 17-30.
- 23 UPME-Unidad de planeación minero-energética de Colombia. (2012). *Estudio de producción de coque y carbón metalúrgico, uso y comercialización*. Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Bogotá, Colombia.
- 24 Zambrano, M. D. J. et al. (2017). Índice de desempeño exportador del carbón (hullas, coques y semicoques) en Norte de Santander en el periodo 2006-2013. *Revista Espacios*, 38(38).
- 25 Zapata, R. et al. (2014). Carbones colombianos: clasificación y caracterización termoquímica para aplicaciones energéticas. *Revista ION*, 27(2), 43-54.

ENFOQUES Y ESTÁNDARES EN LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

APPROACHES AND STANDARDS IN PROJECT MANAGEMENT

MAP. M P Rojas Puentes*, MSc. C J Parada*, MSc. JL Leal Pabón*,
PhD. JP Rodríguez*, MSc. Juan C. Acevedo-Páez **

* **Universidad Francisco de Paula Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en Desarrollo e Ingeniería de Software (GIDIS).

{pilarrojas, janethpc, jessicalorenalp, judithdelpilarrrt}@ufps.edu.co

** **Universidad de Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Eureka UDES.
jua.acevedo@mail.udes.edu.co

Resumen: Los proyectos permiten desarrollar las estrategias de los negocios, es necesario adoptar buenas prácticas que ofrecen los estándares en la dirección y gestión de los proyectos; se efectuó un análisis de algunas de las características de los estándares PMBOK®, ISO 21500, SCRUM, P2M, IPMA-ICB 4, y PRINCE2 clasificados según el enfoque de aplicación: Proyectos, Persona y Organizaciones. Se aplicó el método de estudio de similitud entre modelos y estándares (MSSS), definido en siete pasos; se determinó que los estándares del enfoque de personas es un complemento de los otros enfoques, se centra en las competencias de la persona responsable de la dirección de los proyectos, programas o portafolios, a diferencia de los enfoques de proyectos y organizaciones que cuentan con un ciclo de vida y procesos definidos, además de proporcionar herramientas y técnicas a ser usadas en su ejecución.

Palabras Claves: Gestión, administración de proyectos, estándares, enfoques proyectos.

Abstract: The projects allow to develop the business strategies, it is necessary to adopt good practices that offered the standards in the direction and management of the projects; An analysis of some of the characteristics of the PMBOK®, ISO 21500, SCRUM, P2M, IPMA-ICB 4, and PRINCE2 standards classified according to the application approach was carried out: Projects, Person and Organizations. The study method of similarity between models and standards (MSSS), defined in seven steps, was applied; it was determined that the standards of the people approach is a complement to the other approaches, it focuses on the competences of the person responsible for the management of projects, programs or portfolios, unlike project approaches and organizations that have a defined life cycle and processes, in addition to providing tools and techniques to be used in its execution.

Keywords: Management, project management, standards, project approaches.

1. INTRODUCCIÓN

Los estándares son una herramienta donde se proporcionan requisitos, especificaciones, pautas o características base que puedan ser usadas para garantizar que los procesos de desarrollo, servicios de evaluación, capacitación de personal, funcionamiento de organizaciones y gestión de proyectos sean adecuados para su propósito, esto con el objetivo de ayudar a que los conocimientos y marcos de las organizaciones estén actualizados; estos además brindan a las organizaciones la visión, la comprensión, los procedimientos y el vocabulario necesario para cumplir con el desarrollo óptimo de las actividades y obtener así aquellos resultados deseados, dado a que los estándares muestran descripciones y terminologías precisas para que las organizaciones y los consumidores de todo el mundo se comuniquen universalmente y alcancen los objetivos estratégicos mediante el desarrollo de los proyectos.

La presente investigación desarrolla el análisis de las principales características de los estándares más empleados en la administración de proyectos según el enfoque de aplicación: Proyectos, Personas y Organizaciones, en las que se consideró como variables en cada estándar el enfoque de aplicación, áreas, fases, procesos, herramientas, entregables e interesados. Presentando los resultados obtenidos a través de tablas comparativas las cuales se describen en la sesión de discusión a partir de la literatura existente.

2. MARCO TEÓRICO

Para realizar una gestión adecuada de proyectos, es importante tener claridad en conceptos como: proyecto, gestión de proyectos, estándares de gestión de proyectos, equipo de trabajo, entregable y ciclo de vida entre otros, los cuales permitan a los directores de proyectos visualizar todas las posibilidades en los escenarios en los cuales se desarrollan los proyectos y proporcionando herramientas que les permita obtener rutas de trabajo para optimizar los recursos y conseguir los objetivos trazados que lleven a las organizaciones a mejorar su productividad y poder ajustarse a las necesidades de cada una de ellas. Igualmente, es importante conocer los enfoques a los cuales se están orientando los estándares: enfoque en proyectos, en personas y en organizaciones.

2.1 Definiciones

2.1.1 Gestión de Proyectos: Es la aplicación de habilidades, metodologías, conocimientos, procesos y prácticas para poder alcanzar los objetivos específicos establecidos en el proyecto de acuerdo con los criterios de aceptación del proyecto dentro de los parámetros acordados. Los resultados finales dispuestos en la GdP están limitados a un determinado presupuesto y escala de tiempo finitos (Murray-Webster, R., & Dalcher, 2019).

2.1.2 Estándares de Gestión de Proyectos: Su objetivo es proporcionar una guía clara y pasos de procedimientos para liderar un proyecto desde su propuesta inicial hasta el cierre (Mary, n.d.). Este consta de reglas y pasos donde se rigen el proceso en la que se debería desarrollar un proyecto, pueden estar impulsados por prácticas organizacionales o por los únicos requisitos del proyecto y pueden abordar cualquier aspecto de un proyecto como la tecnología que se emplea, hasta la estructura en la que se llevarán a cabo y se documentaran los resultados (ProjectManagement, n.d.).

2.1.3 Proyectos: Es aquel fundamento planteado para llevar a cabo la solución de un problema por medio del análisis de factores guiados o sub-temas en una o varias interpretaciones, proposiciones e hipótesis; En el cual se plantea desde el punto de partida las proposiciones, los instrumentos a utilizar y los pasos para cumplir los objetivos establecidos (Thompson, 2006).

2.1.4 Equipos de Trabajo: Se tratan de aquellas agrupaciones de dos o más personas de diferentes disciplinas las cuales trabajan dinámicamente, cada una desde un rol específico que aportan conocimientos, actitudes, aptitudes y responsabilidades para alcanzar los objetivos del proyecto (Rojas, M. & Jaimes, L. & Valencia, M.,2018). De acuerdo a Verástegui (2014), los estándares que ofrecen herramientas y técnicas, le indica a los equipos de trabajo el Cómo se debe desarrollar los servicios o productos definidos en el proyecto, a partir del Qué del proyecto.).

5.2.1.5 Entregable: Una forma sencilla para describir algo que se entrega, (Wallace,2014), es definido como un resultado, producto o servicio, medible y verificable elaborado para completar una fase o un proyecto (PMI,2017).

2.1.6 Ciclo de Vida: Es aquel grupo de fases o procesos secuenciales donde se unen el comienzo de un proyecto y su final (Ribera,2010), en donde cada fase representa una agrupación de actividades sucesoras relacionadas y comúnmente terminan con un entregable y/o resultado (PMI,2013).

5.2.2 Definición de cada estándar seleccionado

Al desarrollar la capacidad para administrar proyectos de manera efectiva, las organizaciones se enfrentan a numerosas decisiones relacionadas con temas tales como la asignación de personas apropiadas a los proyectos, sistemas de GdP, técnicas y herramientas de apoyo organizativo que se proporcionará a los proyectos. Las estructuras de conocimiento y estándares de GdP intencionalmente genéricos proporcionan pautas básicas sobre las prácticas de la GdP, pero para un uso práctico deben complementarse con una comprensión y coincidencia de los niveles de competencia de las personas, la naturaleza de los proyectos y los entornos organizacionales y empresariales en qué proyectos se entregan (Crawford, Hobbs, & Turner, 2002).

2.2.1 Enfoque en Proyectos. La Guía del PMBOK® (Fundamentos para la Dirección de Proyectos): PMI® - Estados Unidos, establecido en Norte América, el Project Management Institute determina al PMBOK® como aquella terminología para describir los conocimientos en el oficio de la Dirección de Proyectos (DdP), estos criterios llevados a cabo en la DdP comprenden desde tradicionales prácticas justificadas y ampliamente ejecutadas, como también habilidades innovadoras y recientemente emergidas para esta profesión (APM, 2006). El PMI es líder a nivel internacional en el área de la profesión de GdP en donde cuenta con más de 185 países miembros, reconoce 9 temas de conocimientos, identificando 42 métodos y 5 grupos de procedimientos. La ISO 21500 (Directrices para la Dirección y Gestión de Proyectos), éste estándar desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO), concede una guía en donde la GdP pueda ser empleada por varios tipos de organizaciones, comprendidas desde las organizaciones privadas y públicas como también organizaciones comunitarias, para que así independientemente del tamaño, duración o complejidad, cualquier tipo de proyecto se pueda ejecutar correspondientemente. Esta además suministra una gran claridad en las descripciones en torno a los conceptos y procesos considerados relevantes para llevar a cabo la ejecución de óptimas prácticas en la GdP, en donde los gerentes nuevos del proyecto, así como también los gestores veteranos puedan emplear esta guía de gestión para mejorar los índices de éxito del proyecto y así obtener resultados favorables (INTEDYA, 2017b).

2.2.2 Enfoque en Organizaciones. El enfoque PRINCE2 (Projects in Controlled Environments): AXELOS - Reino Unido, es un estándar dirigido al área de la DdP enfocados en la organización y/o en aquellas personas que se desenvuelven en dicho proyecto, este comprende un conjunto de temas de control, guías de orientación, principios y definiciones de los ciclos de vida para la correcta adecuación de la metodología al medio real del proyecto, en que los temas de control son aquellos aspectos de la GdP que requieren ser afrontados consecutivamente a través de todo el ciclo de vida del proyecto proporcionando a su vez una distribución sobre cómo deben ser ejecutados los procesos (AXELOS, 2019). PRINCE2 además otorga un modelo el cual se basa en métodos para toda la GdP, esta guía radica en un agregado de actividades que se necesitan para administrar, gestionar y conceder el proyecto terminado (Proactivanet, n.d.). El estándar P2M (Project & Program Management for Enterprise Innovation): PMAJ – Japón, es el conjunto de conocimientos que combina la gestión de programas y la GdP para resolver los problemas complicados, donde se educa y capacita a los profesionales de GdP con una alta perspectiva y amplia visión para efectuar los requerimientos del entorno global actual y una evolución rápida (PMAJ, 2003), es así que por medio de la introducción de la GdP y programas para la innovación empresarial se mejoran y avanzan las actividades educativas, proporcionando servicios y productos que respalden a los profesionales de GdP y brinde oportunidades para comunicar los conocimientos y experiencias optimando la capacidad de aplicar la GdP (Ohara, 2001).

2.2.3 Enfoque en Personas. SCRUM: SCRUM - Estados Unidos. Este modelo se fundamenta en el desarrollo ágil y se especializa en afiliar una destreza de mejora incremental, basando la calidad de los resultados en la comprensión tácita de los individuos en los equipos ya organizados y minimizar el solapamiento de las distintas etapas del desarrollo, en vez de ejecutarlas una tras otra en un ciclo de cascada o secuencial. Es así que esta estándar de trabajo surgió inicialmente en empresas cuyo producto productivo es el tecnológico, siendo muy adecuada para proyectos con requerimientos inestables y para los que demandan flexibilidad y rapidez, escenarios frecuentemente observados en el desarrollo de sistemas determinados softwares (Palacios, 2015). El enfoque ICB (IPMA Competence Baseline) IPMA – Suiza. Estándar elaborado por el International Project Management Association (la cual es una de las organizaciones vinculadas a la GdP más antigua, fundada en 1965) (IPMA, 2015). Esta se encuentra dividida en 46 tipos de capacidades que corresponden las aptitudes de comportamiento de las personas, la parte técnica, y aquellas capacidades contextuales que se relacionan con los programas, los proyectos y los portfolios (MDAP, n.d.).

3. METODOLOGÍA

La investigación denominada enfoques y estándares en la dirección de proyectos, Según Hernández Sampieri, R, (2014), Metodología de la Investigación, México, McGraw-Hill, se considera una investigación cualitativa y su alcance es un estudio de tipo descriptivo ya que se consideran al fenómeno estudiado y sus componentes, se realizó una búsqueda y revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis de grado y documentos de referencia a través de las bases de datos Scopus, Web of Science, ACM, sobre los estándares de gestión de proyectos, con el objetivo de analizar sus características y definir las variables más representativas de cada estándar como son el enfoque de aplicación, áreas, fases, procesos, herramientas, entregables e interesados, para realizar un análisis a partir de la literatura existente.

Para el estudio de los estándares de Gestión de Proyectos (GdP) se utilizó el MSSS, el cual se adaptó para realizar la selección y análisis de los estándares de acuerdo enfoque de proyectos, organizaciones y recursos humanos.

3.1 Método de estudio de similitud entre modelos y estándares (MSSS)

El MSSS formaliza los pasos mínimos y permiten identificar las semejanzas que se encuentran en los modelos y los criterios que han de considerarse en la investigación a través de las siguientes fases: “1) Seleccionar posibles estándares y modelos a analizar, 2) Seleccionar o definir el modelo de referencia, 3) Seleccionar el o los procesos que se van a analizar, 4) Establecer el nivel de detalle, 5) Crear una plantilla de correspondencia, 6) Identificar las similitudes entre los modelos, 7) Presentar resultados obtenidos” (Gasca, 2010).

3.2 Adaptación del modelo MSSS

Para realizar la identificación de los estándares para la GdP más utilizados a nivel mundial, se elaboraron los siguientes pasos, como se exhibe a continuación en la Figura 5.1.

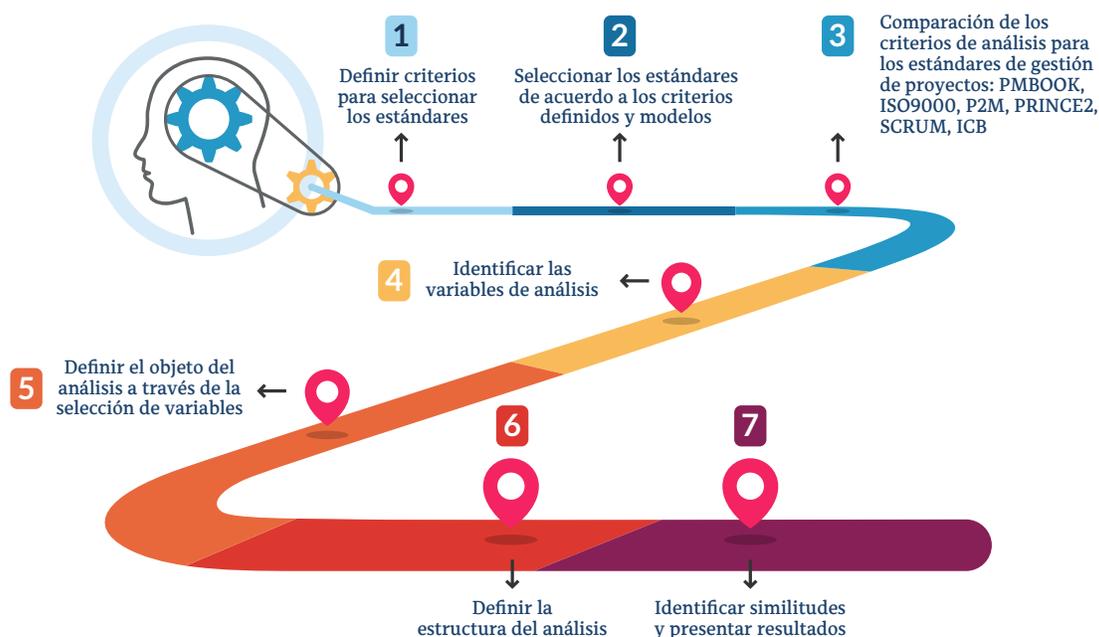


Figura 5.1 Adaptación del modelo MSSS
 Fuente: Elaboración propia

Paso 1. Definir aquellos criterios para selección de los estándares: a) se identificaron a través de la literatura en bases de datos bibliográficas, documentos, trabajos de grado de maestría y doctorado, los estándares, modelos y buenas prácticas para la GdP, b) mayor aplicación para la GdP y programas, c) información de disponible para consulta.

Paso 2. Seleccionar los estándares de acuerdo con los criterios definidos y modelos: Se utilizaron los criterios antes mencionados.

Paso 3. Definir los criterios de análisis de los estándares de acuerdo con las siguientes características: a) Enfoque de aplicación del estándar, b) áreas de trabajo, c) fases que integran el estándar, d) técnicas y herramientas, e) artefactos o entregables.

Paso 4. Identificar las variables de análisis. Se analizaron los estándares de GdP: Guía del PMBOK®, ISO 21500, P2M, PRINCE2, SCRUM, ICB, para comparar sus áreas, fases, grupos de procesos, procesos, interesados, herramientas y técnicas, actividades y artefactos o entregables, salidas.

Paso 5. Definir el objetivo del análisis a través de la selección de variables con características comunes, lo que permite hacer una comparación de los estándares representados en tablas.

Paso 6. Definir la estructura del análisis. Se determinó por las características comunes en cada estándar, las cuales fueron: a) enfoque de aplicación, b) áreas, c) fases, d) procesos, e) herramientas, f) entregables, g) interesados

Paso 7. Identificar similitudes y presentar los resultados: Se presentan a través de tablas que comparan los estándares de acuerdo con su enfoque y a la estructura de análisis definido.

4. RESULTADOS

Las organizaciones para cumplir con su misión y visión, presentan como estrategia el desarrollo de proyectos, programas o portafolios, donde las personas juegan un papel fundamental para alcanzar los objetivos planteados; la Figura 5.2, presenta la clasificación de estándares en los enfoques de proyectos, organizaciones y personas, el cual ofrece a las instituciones internacionales como guía o norma para organizar, preparar, dirigir, planificar, ejecutar, controlar, evaluar, y cerrar los proyectos.

En el enfoque de aplicación de Personas, se presenta el estándar SCRUM el cual está dirigido a los equipos de trabajo, donde cada uno cumple un rol y trabajan siguiendo unas etapas que definen su ciclo de vida; además se tiene el estándar IPMA-ICB, el cual define las competencias técnicas, de comportamiento y contextuales que debe tener los directores o gestores de proyectos, programas o portafolios, y su certificación respectiva de acuerdo al nivel de conocimiento (Paneque&Bastante&Capuz, 2015).

En el enfoque de aplicación de Proyectos, se presenta el estándar Guía del PMBOK® del PMI®, guía que entrega a los dirigentes de proyectos, grupos de dirección y equipos de trabajo, un marco de trabajo, el cual establece grupos de procesos, áreas de conocimientos, técnicas y herramientas, entradas y salidas de los procesos, para el desarrollo de las etapas o de los proyectos. Además, se presenta la norma ISO 21500 basada en el PMBOK, en donde se ofrecen definiciones y procesos que se encuentran vinculados con la gestión y DdP, con puntos diferenciadores con el estándar en el cual se basa.

En el enfoque de aplicación de Organizaciones, se presenta el estándar PRINCE, ofrece a los equipos de trabajo los principios, las temáticas, los procesos y la adaptación al entorno del proyecto. Al igual que otros estándares cuenta con un ciclo de vida organizado por conjuntos de procesos aplicados en garantizar la entrega de etapas, proyectos, programas o portafolios, éstos guían el cumplimiento de la estrategia de las organizaciones. El otro estándar es el P2M, una guía que ofrece aquellas metodologías esenciales para obtener la certificación de competencias de los gestores de proyectos, además del marco conceptual de la GdP junto con la gestión del conocimiento. (Bernal & Cabrera & Sánchez & Ruíz, 2016)

En la Figura 5.2, se puede ver estándares clasificados en un enfoque que pueden contener lineamientos que le permita abarcar otro enfoque, como es el caso de IPMA-ICB, el cual puede estar orientada a personas y proyectos, o P2M que está orientada a proyectos y organizaciones.

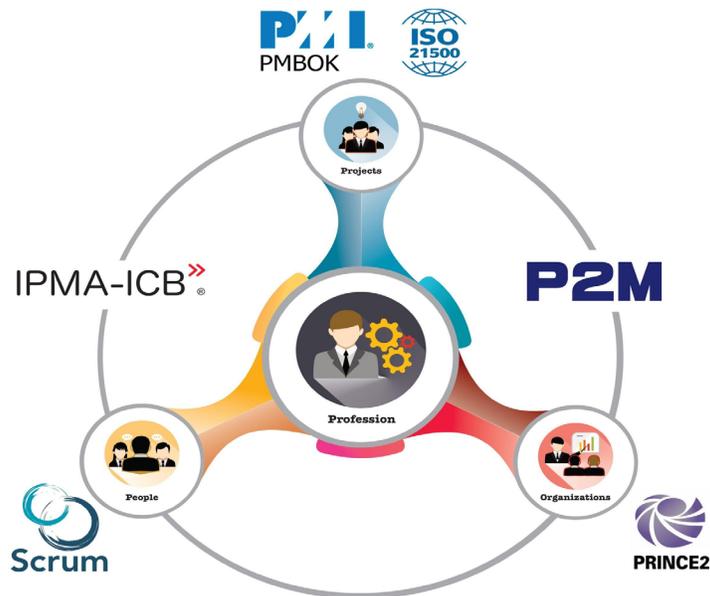


Figura 5.2 Estándares por Enfoque de Aplicación.

Fuente: Elaboración propia utilizando datos suministrados por Resumen de Estándares Disponibles que se Centran en Proyectos, Personas y Organizaciones.

En la Tabla 5.1, se consolida las características que se identificaron en cada uno de los estándares analizados; es de indicar que algunas de ellas no están presentes en todos los estándares como es el caso de IPMA-ICB.

Tabla 5.1 Características de los estándares evaluados
 Fuente: Elaboración propia

Enfoque	Estándar	Interesados	Áreas	Grupos de procesos (fases)	Procesos (Actividades)	Herramientas y Técnicas	Entradas	Salidas	Entregables
PROYECTO	ISO 21500	3 niveles	10	5	39	No se contempla	22	9	7
	PMBBOK	3 niveles	10	5	49		45	16	55
ORGANIZACIONES	PRINCE2	4 niveles	6 procesos	4	22 (actividades)	N/A	13	29	
	P2M	3 niveles	11 marcos de conocimiento	5	4	6		33	
RECURSO HUMANO	SCRUM	3	N/A	5	19	18			12
	IPMA - ICB4		3		29 elementos	134 ICC para el dominio de proyectos 124 ICC* dirección de programas 105 ICC dirección de cartera			

* Indicadores Claves de Competencias

4.1 Estándares por Enfoque de Aplicación

En este apartado se identifican las características definidas para el análisis de cada uno de los estándares seleccionados para el estudio clasificadas por cada uno de los enfoques.

4.1.1 Enfoque por Proyectos. Los estándares ISO 21500 y la Guía del PMBOK® sexta edición, presentan un conjunto de características similares como son las áreas de comprensión y los conjuntos de procesos, para la Norma ISO 21500 ésta última es conocida como grupos de materias. La Norma ISO 21500 contempla 39 procesos, una presentación general junto con una tabla de entradas y salidas, con sus respectivos entregables, no ejecuta técnicas y herramientas que sean aplicables a cada uno de los procesos; a diferencia del PMBOK®, que presenta 49 procesos, las entradas, técnicas y herramientas, y salidas para cada uno de los procesos y la documentación correspondiente, éste proporciona 45 herramientas y técnicas que resultan útil para el desarrollo de los procesos.

Las Tablas 5.2 y 5.3 ilustra el estándar ISO 21500 con las características generales y propias del estándar.

Tabla 5.2 Estándar ISO 21500: Grupo Inicio, Planificación, Implementación
Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR ISO 21500					
INTERESADOS: Gobernanza del Proyecto: * Comité de dirección del proyecto. Organización del Proyecto: * El director del proyecto, * El equipo de dirección de proyecto y * El equipo de proyecto y Otros Interesados: * Empleados, * Clientes, * Oficina de proyectos, * Proveedores, * Organismos reguladores, * Socios comerciales, * Accionistas y * Financiadores entre otros.					
Grupos de Materias: * Integración, * Parte interesada, * Alcance, * Recursos, * Tiempo, * Costo, * Riesgo, * Calidad, * Adquisiciones, * Comunicación.					
Grupos de Procesos	Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Herramientas & Técnicas	Entradas	Salidas	Entregables
Inicio	* Desarrollar el acta de constitución del proyecto * Establecer el equipo de proyecto * Identificar las partes interesadas	NO SE CONTEMPLA	* Enunciado del proyecto * Caso de negocio * Contrato * Documentación de fase previa	* Acta de Constitución	* Acta de Constitución del proyecto
Planificación	* Desarrollar los planes del proyecto * Definir el Alcance * Crear la estructura de desglose de trabajo * Definir las actividades y lista de actividades * Secuenciar las actividades * Estimar la duración de las actividades * Desarrollar el cronograma * Estimar los costos * Desarrollar el presupuesto * Planificar la calidad * Estimar los recursos * Definir la organización del proyecto * Identificar los riesgos * Evaluar los riesgos * Planificar las adquisiciones * Planificar las comunicaciones	NO SE CONTEMPLA	* Acta de Constitución * Registro de las partes interesadas * Cambios aprobados * Lecciones aprendidas de proyectos previos	* Planes de proyecto	* Planes de proyecto
Implementación	* Dirigir el trabajo del proyecto * Gestionar las partes interesadas * Desarrollar el equipo de proyecto * Tratar los riesgos * Realizar el aseguramiento de la calidad * Seleccionar los proveedores * Distribuir la información	NO SE CONTEMPLA	* Planes de proyecto * Registro de riesgos * Cambios aprobados * Informes de progreso	* Cambios requeridos * Registro de problemas * Datos de progreso * Lecciones aprendidas	* Lecciones aprendidas

*Tabla 5.3 Estándar ISO 21500: Grupo Control y Cierre
 Fuente: Elaboración propia*

Grupos de Procesos	Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Herramientas & Técnicas	Entradas	Salidas	Entregables
Control	<ul style="list-style-type: none"> * Controlar el trabajo del proyecto * Controlar los cambios * Controlar el alcance * Controlar los recursos * Gestionar el equipo de proyecto * Controlar el cronograma * Controlar los costos * Controlar los riesgos * Realizar el control de la calidad * Administrar los contratos * Gestionar las comunicaciones 	NO SE CONTEMPLA	<ul style="list-style-type: none"> * Planes de proyecto * Registro de Riesgos * Cambios requeridos * Registro de problemas * Datos de progreso 	<ul style="list-style-type: none"> * Informes de avance * Informes de finalización del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> * Acciones correctivas * Informes de avance
Cierre	<ul style="list-style-type: none"> * Cerrar la fase del proyecto o el proyecto * Recopilar las lecciones aprendidas 	NO SE CONTEMPLA	<ul style="list-style-type: none"> * Cambios requeridos * Registro de problemas * Datos de progreso * Informes de avance * Informes de finalización del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> * Informe de cierre del proyecto o fase del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> * Cambios aprobados * Informe de cierre del proyecto o fase del proyecto

Los interesados juegan un papel importante en el logro de los objetivos de los proyectos, tanto el desarrollo de los entregables como la satisfacción de los requisitos de cada uno de los interesados permitirán que se evalúe el éxito de los mismos. La Tabla 5.4 desglosa los interesados del PMBOK® organizados desde la estructura definida para los estándares con enfoque a proyectos.

*Tabla 5.4 Interesados y áreas de conocimiento del Estándar Guía del PMBOK® del PMI®
 Fuente: Elaboración propia*

ESTANDAR PMBOK®	
INTERESADOS	ÁREAS DE CONOCIMIENTO
Gobernanza del Proyecto: * Patrocinador. Organización del Proyecto: * El director del proyecto, * El equipo de dirección de proyecto. El equipo de proyecto y Otros Interesados: * Empleados, * Clientes, * Oficina de proyectos, * Proveedores, * Organismos reguladores, * Socios comerciales, * Accionistas y * Financiadores entre otros.	ÁREAS DE CONOCIMIENTO: * Gestión de la Integración del Proyecto, * Gestión del Alcance del Proyecto, * Gestión del Cronograma del Proyecto, * Gestión de los Costos del proyecto, * Gestión de la Calidad del Proyecto, * Gestión de los Recursos del Proyecto, * Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, * Gestión de los Riesgos del Proyecto, * Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y * Gestión de los Interesados del Proyecto.

La estructura de la Guía del PMBOK® es centrada en los Grupos de Procesos y áreas de conocimiento. Las Tablas 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9 exponen en detalle por cada grupo de proceso, los procesos de dirección y gestión de proyectos, las herramientas y técnicas, entradas, salidas y los entregables.

Tabla 5.5 Grupo de Inicio Guía del PMBOK® del PMI®
Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR PMBOK®				
Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Herramientas & Técnicas	Entradas	Salidas	Entregables
Desarrollar el acta de constitución del proyecto.	Juicio de expertos Recopilación de datos Habilidades interpersonales y de equipo	Caso de negocio Plan de gestión de beneficios Acuerdos Factores ambientales de la empresa	Acta de Constitución del proyecto Registro de Supuestos Registro de interesados	Acta de Constitución del proyecto Registro de interesados
Identificar a los interesados.	Reuniones Análisis de datos Representación de datos	Activos de los procesos de la organización Acta de constitución del Proyecto Plan para la dirección del Proyecto Documentos del proyecto	Solicitudes de cambio Actualizaciones al plan para la dirección del Proyecto * Actualizaciones a los documentos del proyecto	

Tabla 5.6 Grupo de Planificación Guía del PMBOK® del PMI®
Fuente: Elaboración propia

GRUPO DE PROCESO - PLANIFICACIÓN	
Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto. Planificar el involucramiento de los interesados. Planificar la gestión del alcance. Recopilar los requisitos. Definir el alcance. Crear la EDT/WBS. Planificar la gestión del cronograma. Definir las actividades. Secuenciar las actividades. Planificar la gestión de los riesgos. Identificar los riesgos. Realizar el análisis cualitativo de riesgos. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos. Planificar la respuesta a los riesgos. Planificar la gestión de recursos. Planificar la gestión de los costos. Estimar los costos. Estimar los recursos de las actividades. Estimar la duración de las actividades. Desarrollar el cronograma. Determinar el presupuesto. Planificar la gestión de la calidad. Planificar la gestión de las comunicaciones. Planificar la gestión de las adquisiciones.
Herramientas & Técnicas	Juicio de expertos. Recopilación de datos. Reuniones. Diagramas de contexto. Prototipos. Análisis del producto. Descomposición. Planificación gradual. Método de diagramación por precedencia. Determinación e integración de las dependencias. Análisis de la red del cronograma. Método de la ruta crítica. Optimización de recursos. Adelantos y retrasos. Compresión del cronograma. Costos agregados. Revisar la información histórica. Conciliación del límite de financiamiento. Estimación ascendente. Estimación análoga. Estimación paramétrica. Sistema de información para la dirección de proyectos. Análisis de requisitos de comunicación. Tecnología de la comunicación. Modelos de comunicación. Métodos de comunicación. Habilidades interpersonales y de equipo. Representaciones de la incertidumbre. Análisis de datos. Estrategias para amenaza. Estrategias para oportunidades. Estrategias de respuesta a contingencias. Estrategias para el riesgo general del proyecto. Toma de decisiones. Criterios de selección de proveedores. Representación de datos
Entradas	Acta de constitución del proyecto. Plan para la dirección del proyecto. Documentos del proyecto. Documentos de negocio. Acuerdos. Factores ambientales de la empresa. Activos de los procesos de la organización.
Salidas	Plan para la Dirección del Proyecto. Plan para la gestión del alcance. Plan de gestión de los requisitos. Documentación de requisitos. Matriz de trazabilidad de requisitos. Enunciado del alcance del proyecto. Línea base de alcance. Plan de Gestión de Cronograma. Lista de actividades. Atributos de la actividad. Lista de hitos. Solicitudes de cambio. Estimaciones de la duración. Base de las estimaciones. Línea base del cronograma. Cronograma del proyecto. Datos del cronograma. Calendarios del proyecto. Solicitudes de cambio. Actualizaciones a los documentos del proyecto. Plan de Gestión de Costos. Estimaciones de costos. Línea base de Costos. Plan de gestión de la calidad. Métricas de calidad. Requisitos de recursos. Base de las estimaciones. Estructura de desglose de recursos. Plan de gestión de las comunicaciones. Plan de gestión de los riesgos. Actualizaciones a los documentos del proyecto Solicitudes de cambio. Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto Plan de gestión de las adquisiciones. Estrategia de las adquisiciones. Documentos de las licitaciones. Enunciados del trabajo relativo a adquisiciones. Criterios de selección de proveedores. Decisiones de hacer o comprar. Estimaciones independientes de costos. Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización. Plan de involucramiento de los interesados.
Entregables	Plan para la Dirección del Proyecto. Plan para la gestión del alcance. Plan de gestión de los requisitos. Plan de gestión del cronograma. Plan de gestión de los costos. Plan de gestión de la calidad. Plan de gestión de las comunicaciones. Plan de gestión de los riesgos. Plan de gestión de las adquisiciones. Plan de involucramiento de los interesados.

*Tabla 5.7 Grupo de Ejecución de la Guía del PMBOK® del PMI®
 Fuente: Elaboración propia*

GRUPO DE PROCESO - EJECUCIÓN	
Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto. Gestionar el conocimiento del proyecto. Gestionar la participación de los interesados. Adquirir recursos. Desarrollar el equipo. Dirigir al equipo. Gestionar las comunicaciones. Efectuar las adquisiciones. Gestionar la calidad. Implementar la respuesta a los riesgos
Herramientas & Técnicas	Juicio de expertos. Reuniones. Sistema de información para la dirección de proyectos. Gestión del conocimiento. Habilidades interpersonales y de equipo. Recopilación de datos. Toma de decisiones. Representación de datos. Auditorías. Asignación Previa. Equipos virtuales. Tecnología de la comunicación. Reconocimiento y recompensas. Capacitación. Evaluaciones individuales y de equipo. Conferencia de oferentes.
Entradas	Plan para la dirección del proyecto. Documentos del proyecto. Solicitudes de cambio aprobadas. Factores ambientales de la empresa. Activos de los procesos de la organización. Informes de desempeño del trabajo. Documentación de las adquisiciones.
Salidas	Datos de desempeño del trabajo. Solicitudes de cambio. Actualizaciones a los documentos. Solicitudes de cambio. Asignaciones de recursos físicos. Asignaciones del equipo del proyecto. Comunicaciones del proyecto. Acuerdo.
Entregables	Solicitudes de cambios. Actualización de Documentos.

*Tabla 5.8 Grupo de Seguimiento y Control Guía del PMBOK® del PMI®
 Fuente: Elaboración propia*

GRUPO DE PROCESO – SEGUIMIENTO Y CONTROL	
Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Monitorear y controlar el trabajo del proyecto. Realizar el control integrado de cambios. Monitorear el involucramiento de los interesados. Controlar el cronograma. Controlar los costos. Monitorear las comunicaciones. Monitorear los riesgos. Controlar la calidad. Controlar los recursos. Controlar el alcance. Validar el alcance. Controlar las adquisiciones.
Herramientas & Técnicas	Juicio de expertos. Análisis de datos. Toma de decisiones. Reuniones. Método de la ruta crítica. Sistema de información para la dirección de proyectos. Optimización de recursos. Adelantos y retrasos. Compresión del cronograma. Recopilación de Datos. Representación de Datos.
Entradas	Plan para la dirección del proyecto. Documentos del proyecto. Información de desempeño del trabajo. Acuerdos. Factores ambientales de la empresa. Activos de los procesos de la organización. Solicitudes de cambio. Datos de desempeño del trabajo. Solicitudes de cambio aprobadas. Entregables. Datos de desempeño del trabajo. Informe de Desempeño.
Salidas	Informes de desempeño del trabajo. Solicitudes de cambio. Actualizaciones a los documentos del proyecto. Solicitudes de cambio aprobadas. Información de desempeño del trabajo. Pronósticos del cronograma. Pronósticos de costos.
Entregables	Informe de desempeño del trabajo. Informe de control integrado de cambios del proyecto. Informe de avance del proyecto (alcance, cronograma, costos, calidad, recursos). Informe de riesgos del proyecto. Informe de adquisiciones del proyecto. Informe monitoreo de interesados.

*Tabla 5.9 Grupo de Cierre Guía del PMBOK® del PMI®
 Fuente: Elaboración propia*

GRUPO DE PROCESO – CIERRE	
Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos	Cerrar el proyecto o fase.
Herramientas & Técnicas	Juicio de expertos. Análisis de datos. Reuniones.
Entradas	Acta de constitución del proyecto. Plan para la dirección del proyecto. Documentos del proyecto. Entregables aceptados. Documentos de negocio. Acuerdos. Documentación de las adquisiciones. Activos de los procesos de la organización.
Salidas	Actualizaciones a los documentos del proyecto. Transferencia del producto, servicio o resultado final. Informe final.
Entregables	Acta de cierre del proyecto (informe final).

Los niveles de jerarquía de los Interesados en ambos estándares, se soportan en la Gobernanza del Proyecto, Organización del Proyecto y Otros Interesados, en la Norma ISO 21500 además del favorecedor del proyecto, se cuenta con un Comité de Dirección del proyecto (Tabla 5.10), autoridad máxima que proporciona orientaciones y se encargan de tomar decisiones sobre el proyecto.

*Tabla 5.10 Gobernanza del Proyecto
 Fuente: Elaboración propia*

ISO 21500	PMBOK®
Gobernanza del Proyecto: Comité de dirección del proyecto Patrocinador	Gobernanza del Proyecto: Patrocinador

Los Procesos de Dirección y Gestión de Proyectos, cuentan con un punto diferenciador representativo en la Planificación del Proyecto (Tabla 5.11), el estándar PMBOK® dispone de 24 procesos a diferencia de la Norma ISO 21500 con 16 procesos. (PMI, 2017) El PMBOK® expone el desarrollo de un plan de DdP, en donde se define una base fundamental para desarrollar el trabajo del proyecto, asimismo incorpora la metodología ágil en los ciclos de vida predictivos y adaptativos, y la DdP seleccionados según el alcance del proyecto, a diferencia de la Norma ISO 21500 que emplea un estilo predictivo. Otro punto diferenciador entre los estándares, son los procedimientos de planificación para la administración del Alcance, Cronograma, Riesgos, Recursos y Costos del PMBOK®, éstos proporcionan una guía y dirección sobre cómo se gestionarán a lo largo del proyecto.

*Tabla 5.11 Grupo de Proceso de Planificación
 Fuente: Elaboración propia*

GRUPO DE PROCESO	ESTANDAR	PROCESOS DE DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS
PLANIFICACIÓN	ISO 21500	* Desarrollar los planes del proyecto, * Definir el Alcance, * Crear la estructura de desglose de trabajo, * Definir las actividades y lista de actividades, * Secuenciar las actividades, * Estimar la duración de las actividades, * Desarrollar el cronograma, * Estimar los costos, * Desarrollar el presupuesto, * Planificar la calidad, * Estimar los recursos, * Definir la organización del proyecto, * Identificar los riesgos, * Evaluar los riesgos, * Planificar las adquisiciones y * Planificar las comunicaciones
	PMBOK®	* Desarrollar el plan para la dirección del proyecto, * Planificar el involucramiento de los interesados, * Planificar la gestión del alcance, * Recopilar los requisitos, * Definir el alcance, * Crear la EDT/WBS, * Planificar la gestión del cronograma, * Definir las actividades, * Secuenciar las actividades. * Planificar la gestión de los riesgos, * Identificar los riesgos, * Realizar el análisis cualitativo de riesgos, * Realizar el análisis cuantitativo de riesgos, * Planificar la respuesta a los riesgos, * Planificar la gestión de recursos, * Planificar la gestión de los costos, * Estimar los costos, * Estimar los recursos de las actividades, * Estimar la duración de las actividades, * Desarrollar el cronograma, * Determinar el presupuesto, * Planificar la gestión de la calidad, * Planificar la gestión de las comunicaciones, y * Planificar la gestión de las adquisiciones.

4.1.2 *Enfoque por Organizaciones:* En las Tablas 5.12 y 5.13, se expone el estándar PRINCE2 y la Tabla 5.14, muestra a P2M con las características generales y otras propias de cada estándar.

Tabla 5.12 Estándar PRINCE2: Fases Pre-Proyecto e Inicio
 Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR PRINCE 2					
INTERESADOS: Gestión corporativa o del programa: junta de proyecto (usuarios principales, ejecutivo, proveedores principales), Jefe del proyecto, Jefe de Equipo					
PRINCIPIOS: 1. Justificación comercial continua, 2. Aprender de la experiencia, 3. Roles y responsabilidades definidos, 4. Gestión por fases, 5. Gestión por excepción, 6. Enfoque en los productos, 7. Adaptación para corresponder al entorno del proyecto					
TEMARIOS: 1. Business case, 2. Organización, 3. Calidad, 4. Planes, 5. Riesgos, 6. Cambio, 7. Progreso					
Fases	Procesos	Actividades	Entradas	Salidas	Entregables
Pre- Proyecto	Puesta en Marcha de un Proyecto	Nombrar al Ejecutivo y a la Junta de Proyecto. Registrar lecciones previas. Diseñar y nombrar al Equipo de gestión del proyecto. Preparar el Business Case preliminar Crear la Descripción del Producto del Proyecto Seleccionar el enfoque del proyecto Preparar el Expediente del proyecto Planificar la Fase de Inicio.	El Mandato del Proyecto	La Descripción del Producto del Proyecto El Business Case preliminar La Estructura del Equipo de Gestión del Proyecto El Enfoque del Proyecto El Expediente del Proyecto El Plan de la Fase de Inicio	El Expediente del Proyecto El diseño y nombramiento del Equipo de Gestión del Proyecto El Plan de la Fase de Inicio
		Preparar la Estrategia de Gestión del Riesgo, Preparar la Estrategia de Gestión de la Configuración Preparar la Estrategia de Gestión de Calidad Preparar la Estrategia de Gestión de la Comunicación Establecer los controles del proyecto Crear el Plan de Proyecto Clarificar el Business Case Documento de Inicio del Proyecto		El Mandato del Proyecto Registro de lecciones aprendidas	La Descripción del Producto del Proyecto El Business Case preliminar La Estructura del Equipo de Gestión del Proyecto El Enfoque del Proyecto El Expediente del Proyecto El Plan de la Fase de Inicio

Tabla 5.13 Estándar PRINCE2: Fases de entrega subsiguiente y final de entrega
 Fuente: Elaboración propia

Fases	Procesos	Actividades	Entradas	Salidas	Entregables
Fase (s) de Entrega Subsiguiente(s)	Gestión de los Límites de Fase: SB (Managing a Stage Boundary)	Aceptar un Paquete de Trabajo: aceptar.	Plan de Fase Documentación de Inicio del Proyecto	Informes de Desarrollo del Proyecto Informes de Cuestiones Informes de Excepción	Plan de Excepciones
	Control de una Fase: CS (Controlling a Stage) Gestión de la Entrega de Productos: MP (Managing Product Delivery)	Ejecutar un Paquete de Trabajo: hacer. Entregar un Paquete de Trabajo: entregar.	Aceptar un Paquete de Trabajo: aceptar. Ejecutar un Paquete de Trabajo: hacer. Entregar un Paquete de Trabajo: entregar.	Informes del Punto de Control El Registro de Calidad se actualiza cuando los productos aprueban o suspenden las evaluaciones de calidad.	
Fase Final de Entrega	Cerrar un proyecto: CP (Closing a Project) Control de una Fase: CS (Controlling a Stage) Gestión de la Entrega de Productos: MP (Managing Product Delivery)	Preparar el cierre planificado Preparar el cierre prematuro (opcional) Entrega de productos Evaluar el proyecto Recomendar el cierre del proyecto	Cierre prematuro Estado del producto Iniciación del proyecto Plan del proyecto	Informe sobre las Lecciones Acciones recomendadas a realizar Ficha de un Elemento de Configuración (CIR) actualizada Borrador de la notificación de cierre del proyecto Plan de Revisión de Beneficios actualizado Informe al Final del Proyecto	Notificación de cierre de proyecto

Tabla 5.14 Estándar P2M
 Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR P2M				
Enfoque tres tipos de proyectos para generar modelos de negocio: Modelo de Esquema (percepciones e ideas de las misiones), Modelo de Sistema (Planificación y ejecución de los proyectos), Modelo de los servicios (Uso efectivo y mantenimiento de los sistemas)				
Marcos de Conocimiento	Ciclo de Vida/Fases	Procesos	Actividades	Herramientas
1. Estrategias	Diseño	Entrada	Definir la misión del proyecto	Mercadeo de datos
2. Finanzas	Planificación	Gestión de proyectos	Definir el alcance del proyecto,	Estudio de experiencias anteriores
3. Sistemas	Implementación	Gestión de programa	estructura de desglose de trabajo	Gestión del ciclo de vida
4. Objetivos	Coordinación	Segmento de gerencia	Organizar	Análisis de costos
5. Organización	Entrega		Crear los paquetes de trabajo y matriz de responsabilidades	Mejora continua
6. Recursos			Desarrollar diagrama de flujo de trabajo	Lluvia de ideas
7. Riesgos			Control de horarios	
8. Información			Control de costos	
9. Relaciones			Control del progreso del proyecto	
10. Valor				
11. Comunicación				

Los estándares orientados a la organización presentan variables de medición para culminar con éxito el desarrollo de los proyectos, Cada uno de los modelos tienen éxito en completar los proyectos, desde diferentes enfoques y ciclos de vida, PRINCE2 toma como marco de referencia los procesos de negocio para desarrollar un proyecto, mientras que P2M se enfoca en la organización y programas, teniendo en cuenta la misión empresarial y los diferentes proyectos en cartera, proporcionando beneficios para la organización, y dan a conocer el nivel de afectación que se puede generar en los proyectos si se presentan procesos inesperados relacionados con la sociedad.

PRINCE2 parte del concepto de que muchos proyectos surgen a través de la gestión de programas, con enfoque en el producto el cual es delimitado en tiempo y entregables, es un estándar que solamente se refiere a la GdP, Para manejar programas se usa Managing Successful Programmes (MSP®).

Al implementar PRINCE2 para la GdP, se logra identificar claramente la coordinación del equipo de trabajo y las actividades a desarrollar, facilitando la planificación y supervisión del mismo, al definir las actividades de mitigación en caso de presentarse desviaciones. Gestionar el proyecto por fases permite desarrollar el proyecto de manera controlada y realizar ajustes oportunos para entregar el producto en el tiempo establecido.

La implementación de P2M en las organizaciones, permite apropiar la experiencia profesional de los gestores de programas y proyectos, desarrollando competencias por medio de un aprendizaje otorgado de la línea base de la construcción de competencias, lo que le permite a la organización innovar y ser más competitiva frente a los procesos inesperados que afecten negativamente el proyecto.

4.1.3 Enfoque por Personas: En las Tablas 5.15 y 5.16, se exponen los estándares SCRUM y IPMA -ICB con las características generales y otras propias de cada estándar.



Tabla 5.15 Estándar SCRUM
 Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR SCRUM			
INTERESADOS: Cliente (Product Owner), Facilitador (Scrum Master), Equipo de desarrollo (Team), Stakeholders (customers, usuarios, patrocinador)			
Adaptation en Scrum: Daily Standup Meetings, identificación de riesgos, retrospective sprint meetings, retrospective project meetings			
SPRINT: Iteración time-boxed de una a seis semanas de duración durante el cual el equipo Scrum producen un incremento de funcionalidad terminado y operativo			
Fases	Procesos	Herramientas & Técnicas	Entregables
Iniciación	Crear visión del proyecto Identificar al director del proyecto y patrocinador Conformación del equipo Scrum Desarrollo de épicas Creación lista priorizada de servicios o productos a desarrollar Realizar plan de lanzamiento	Product Backlog User Group meetings Listas de priorización	Acta de Constitución del proyecto Product Backlog Cronograma de Plan de lanzamiento Sprint backlog Plan del sprint
Planeación y Estimación	Elaborar Historias de Usuarios Definir Sprint a desarrollar Definir actividades Estimar tareas Elaboración de lista de pendientes del sprint Estimación de tareas-	Pila del Sprint Lista de requisitos priorizada Gráficos de trabajo pendiente Definición de hecho (DoD) Reuniones de estimación de labor Tablero de tareas Historias de usuario y criterios de aceptación Planning Poker Velocidad del equipo Principios de Lean Software Development	Sprint Backlog Burndown Chart)
Procesos de Ejecución y Control	Crear entregables Desarrollar el Stand up diarios Mantenimiento de la lista de pendientes	Reuniones de progreso Gráficos de trabajo pendiente	Solicitudes de Cambio Servicio o producto desarrollado
Revisión y Retrospectiva	Convocar Scrum de Scrums Demostración y validación del Sprint Retrospectiva del Sprint	Scrum of Scrums (SoS) Grafica Burndown Reunión Scrum Master y Equipo Scrum	Documento de lecciones aprendidas
Lanzamiento	Envío de entregables Retrospectiva del proyecto	Juicio de expertos Análisis de datos Reuniones	Acta de cierre del proyecto (informe final) Documento Agreed Actionable Improvement

Tabla 5.16 Estándar IPMA-ICB
 Fuente: Elaboración propia

ESTANDAR IPMA - ICB4	
INTERESADOS: Directores de proyectos, organizaciones	
Los Elementos de Competencia presentados en la IPMA ICB4 se estructuran para alinear transversalmente proyectos, programas y carteras de proyectos (IPMA, 2016)	
Áreas	Elementos
Competencias de Personas	Autoreflexión y autogestión. Integridad personal y fiabilidad Comunicación personal. Relaciones y participación. Liderazgo. Trabajo en equipo. Conflictos y crisis. Ingenio. Negociación. Orientación y resultados.
Competencias de Práctica	Diseño. Requisitos y objetivos. Alcance. Tiempo. Organización e información. Calidad. Finanzas. Recursos. Aprovisionamiento. Planificación y control. Riesgos y oportunidades. Partes interesadas. Cambio y transformación Seleccionar y equilibrar.
Competencias de Perspectiva	Estrategia. Gobernanza, estructuras y procesos. Cumplimiento, estándares y regulaciones. Poder e interés. Cultura y valores.

Los estándares SCRUM y IPMA-ICB4, empero de tener un enfoque a personas su estructura es diferente debido a que SCRUM se orienta a la conformación de equipos de trabajo con sostenibilidad al desempeño y el resultado final de cumplir las necesidades y expectativas de los interesados; mientras que, IPMA-ICB4 es un estándar internacional para las capacidades individuales de las personas en el tema de GdP, programas y portafolios.

SCRUM siendo un estándar adaptativo, tiene un ciclo de vida con una estructura repetitiva conocida como iteración o Sprint, caracterizándose que los equipos de trabajo en cada iteración generan un aumento en la funcionalidad del servicio o producto que se desarrolla; es así que, cada iteración tiene una fase inicial donde se determina el entregable de la iteración; fase de planeación y estimación, donde se especifican las características y se delimita el producto o servicio a desarrollar, obteniendo la aceptación del cliente quien pasa a ser un individuo importante en el crecimiento de la iteración; de control y ejecución y una de retrospectiva, en la cual se estima el aprendizaje de los errores y alcance de los logros del proceso de desarrollo. Igualmente, a nivel general del proyecto cuenta con una fase de inicio donde se crea la visión del proyecto, identificar al director del proyecto y patrocinador, conforma el equipo Scrum, desarrolla las épicas, crea la lista priorizada de servicios o productos a desarrollar y se realiza el Plan de Lanzamiento; y una fase de Lanzamiento donde se realiza el envío de entregables y se hace una retrospectiva del Proyecto. En la Figura 5.3, podrán divisar el ciclo de vida de Scrum.

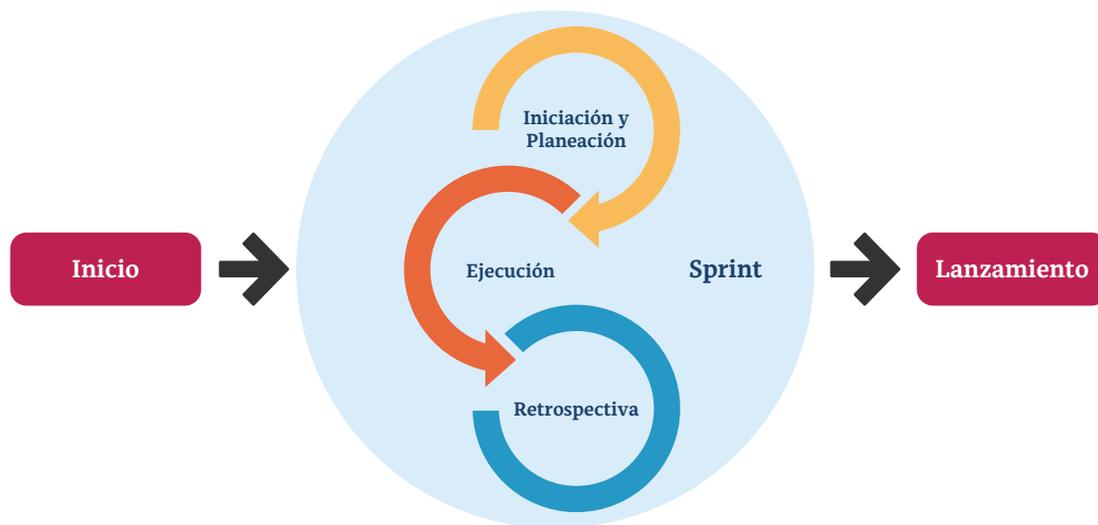


Figura 5.3 Ciclo de vida de Scrum
 Fuente: Elaboración propia

IPMA-ICB4, es un grupo de habilidades que un sujeto necesita desarrollar o tener para llevar a cabo la realización exitosa de los proyectos, programas o carteras, siendo un modelo de referencia para el desarrollo y la evaluación de gerentes o directores, siendo aplicable a cualquier sector e industria. IPMA-ICB4, define 5 componentes de competencia de perspectiva, 10 componentes de competencia de personas y 14 Elementos de competencia práctica.

5. DISCUSIÓN

El Arras People ha venido desarrollando anualmente el Project Management Benchmark Report en donde se lleva a cabo la compilación de estado de la GdP en el Reino Unido (UK) y el Resto del Mundo (RoW), para el 2019 las calificaciones de GdP de PRINCE2 mantienen su posición con 66% en UK como la más popular entre los profesionales. El PMP del PMI (Project Management Institute) sigue siendo el más popular entre los profesionales del RoW con un 58% y tiene una aceptación constante en el Reino Unido del 11%. En términos de calificaciones ágiles, todavía estamos viendo una absorción relativamente baja para los profesionales de PM tanto en el Reino Unido como en el RoW junto con Scrum, nuevamente, encabezando la lista (Arras People, 2019).

De acuerdo a la encuesta XVI Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI llevada a cabo en el 2018 por la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas, se puede evidenciar que de 672 personas entre ellos vicepresidentes, directores, líderes y miembros de los equipos de proyectos, 463 completaron el cuestionario arrojando como referente principal la utilización del PMBOK como estándar de GdP, Sumando que esta encuesta busca identificar tendencias al determinar el sector en el cual trabajan de acuerdo a su naturaleza pública o estatal, privada y de economía mixta, siendo el sector privado quien encabeza con un 73.5%. Cabe resaltar que en esta encuesta se llevó a cabo el ejercicio de diferenciar las respuestas por género obteniéndose una relación de 30% de mujeres y 70% hombres en la fuerza laboral del sector de GdP (ACIS, 2018).

De acuerdo al análisis de la literatura que permite comparar las metodologías más usadas para la GdP, se puede identificar que el PMBOK fundamenta el proceso de gestión de proyectos a partir de las 10 áreas de conocimiento, definiendo un proyecto como el esfuerzo temporal que genera como resultado la creación de un único producto o servicio mientras que para PRINCE2 un proyecto es equivalente a una organización temporal que tiene como objetivo la creación de uno o más productos centrado en el caso de negocios y beneficios, aunque PRINCE2 no define áreas sino fases, las dos metodologías abordan de forma similar las restricciones como alcance, tiempo, costes, calidad y riesgos y los grupos de procesos. Lo que difiere de IPMA-ICB4, que se encuentra centrado en la calidad y satisfacción de los entregables del proyecto en un tiempo y costes establecidos ya que su enfoque es centrado en las competencias del talento humano vinculado al proyecto.

De las metodologías para la gestión de proyectos es importante tener claridad sobre el enfoque en el que cada una de ellas orienta su estructura y ciclo de vida; es así, como el enfoque orientado a las personas donde se clasifican SCRUM e IPMA-ICB, su estructura se basa en la conformación y manejo de los equipos de trabajo, identificando en ellos el estilo para la toma de decisiones y los comportamientos de los gestores de los proyectos. Por otro lado, las metodologías PMBOK, ISO 21500 y PRINCE2 comparten dentro de sus características similares la forma de gestionar los riesgos y calidad del producto o servicio que se genere del proyecto.

Para el año 2017 el Project Management Benchmark Report la aceptación de las calificaciones de Agile PM sigue siendo relativamente baja en comparación con los antiguos favoritos de PRINCE2 y PMP, SCRUM causa una buena impresión con un 44%, seguido de las ofertas DSDM y APMG Agile, en términos de dónde trabajan estos practicantes el sector privado con un 50% está en servicios financieros y en el sector público con el 43% trabaja en el gobierno. Con respecto a la edad, el 62% son menores de 50 años, en comparación con el 38% que superan los 50 años, por género el 74% son hombres en comparación con el 26% restante siendo abarcado por mujeres y con el 77% personal con estudios universitarios que desempeñan actividades de GdP (Tan, 2018).

En la X Encuesta de Gerencia de Proyectos llevada a cabo en el año 2012 se obtuvo la participación de 355 personas clasificadas en gerentes, miembros del grupo gerencial y miembros del grupo de trabajo, en donde el sector laboral fuerte en la GdP se encuentra en el sector privado el cual cuenta con un 80% de participación y el sector público con un 20%, entre estos dos sectores el uso de metodologías de gestión que encabeza es el PMBoK con un 47% en comparación a las Metodología Propiedad de la Empresa con un 24% y Ninguna metodología en particular con un 22%, añadiendo además a que 53% del personal que desempeña estas actividades cuentan con título de especialización, seguido del 23% con solo título profesional y un 19% con Maestría (Vigil, 2012).

6. CONCLUSIONES

Los estándares ISO 21500 y PMBOK® comparten el mismo enfoque de aplicación, “Enfoque a Proyectos”, SCRUM hace parte del “Enfoque a Personas”. A pesar de la diferencia en los enfoques, presentan características similares como: estructura, procesos definidos y aplicación en cualquier tipo de proyecto. La ISO 21500 se basó en el estándar PMBOK®, por lo tanto, comparten características como los grupos de proceso, documentación estricta, proceso de planificación general al proyecto y emplean un estilo adaptativo, aunque PMBOK® admite también el estilo predictivo.

SCRUM y PMBOK®, ofrecen herramientas y técnicas para los equipos de trabajo, indicando el cómo se deben desarrollar los procesos definidos para el proyecto en cada una de sus fases, a fin que cada organización desarrolle su marco de trabajo. Asimismo, definen unos lineamientos a los profesionales para que accedan a la certificación del estándar, el cual les permite ser competitivos y ocupar un estatus en la organización del proyecto con mayores oportunidades salariales.

SCRUM, presenta un estilo adaptativo, adoptan un estilo de planificación gradual y entrega por partes de un producto o servicio; el proceso de planificación es orientado al Sprint permitiendo el uso de un marco de trabajo propio de acuerdo a lo que se va a desarrollar en el proyecto; ese puede aplicar a cualquier tipo de proyecto, aunque su uso se enfatiza en proyectos de Tecnologías de Información (TI).

ICB-IPMA, está directamente relacionado con las competencias del equipo del proyecto, enfocándose en su comportamiento y forma de relacionarse, mientras que PMBOK® se enfoca en las habilidades técnicas del equipo.

Para culminar con éxito un proyecto PRINCE2 ofrece una metodología estable con un número reducido de procesos, 7 procesos complejos que se dividen en subprocesos definiendo entradas y salidas para obtener productos de gestión aplicándose sólo para la GdP, mientras que PMBOK® aborda 47 metodologías simples que definen entradas, técnicas y herramientas y salidas, de una manera repetitiva, P2M provee directrices para el desarrollo empresarial y competitividad, por medio del programa y la GdP empleando 4 procesos.

REFERENCIAS

- 1 Ángela Paneque De La Torre¹; M^a José Bastante-Ceca²; Salvador Capuz-Rizo. Análisis de los aspectos y principios relacionados con la sostenibilidad en la IPMA ICB4. Conference: 21th International Congress on Project Management and Engineering. At: Cádiz (Spain).
- 2 ACIS. (2018). XVI Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI Informe de Resultados 2018, 19.
- 3 APM. (2006). *APM Body of Knowledge*.
- 4 Arras People. (2019). Project Management Benchmark Report, (February), 1–27. Retrieved from www.arraspeople.co.uk
- 5 AXELOS. (2019). What is PRINCE2? | Methodology & Qualification. Retrieved July 10, 2020, from <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/prince2/what-is-prince2>
- 6 Directrices para la dirección y gestión de proyectos.IV congreso internacional de dirección de proyectos. Guayaquil 2014.
- 7 Crawford, L., Hobbs, J. B., & Turner, J. R. (2002). Matching people, projects, processes, and organizations. Retrieved from <https://www.pmi.org/learning/library/matching-people-projects-processes-organizations-8502>
- 8 Gasca, G. (2010). Similarity study of risk management process in software outsourcing projects: using a method. Retrieved July 13, 2020, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242010000200010
- 9 Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- 10 Icontec. (2017). NTC-ISO-IEC 25000:2017. Retrieved July 10, 2020, from <https://tienda.icontec.org/gp-ingenieria-de-sistemas-y-de-software-requisitos-y-evaluacion-de-la-calidad-de-sistemas-y-de-software-square-guia-para-square-ntc-iso-iec25000-2017.html>
- 11 INTEDYA. (2017a). ¿Cuál es la diferencia entre ISO 21500 e ISO 10006? Retrieved July 13, 2020, from <http://www.intedya.com/internacional/1542/noticia-cual-es-la-diferencia-entre-iso-21500-e-iso-10006.html>
- 12 INTEDYA. (2017b). La norma ISO 21500 sobre gestión de proyectos. Retrieved July 13, 2020, from <http://www.intedya.com/internacional/1493/noticia-la-norma-iso-21500-sobre-gestion-de-proyectos.html>
- 13 IPMA. (2015). IPMA Individual Competence Baseline (ICB), Version 4.0.
- 14 Martel, Antonio. 2014. Gestión práctica de proyectos con Scrum. Desarrollo de software ágil para el Scrum Master.
- 15 Mary, W. y. (n.d.). Norma de Gestión de Proyectos. Retrieved July 10, 2020, from <https://www.wm.edu/offices/it/about/policiesstandards/projectmanagement/projectmanagementstandard/index.php>

- 16 MDAP. (n.d.). Competencias IPMA. Retrieved July 10, 2020, from <https://uv-mdap.com/programa-desarrollado/bloque-7-certificacion-ipma/competencias-ipma/>
- 17 Murray-Webster, R., & Dalcher, D. (2019). APM Body of Knowledge. Retrieved July 10, 2020, from <https://eprints.lancs.ac.uk/id/eprint/134182/>
- 18 Ohara, S. (2001). A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation Volume I Project Management Association of Japan (PMAJ) P2M.
- 19 Palacios, J. (2015). Scrum Manager I: Las reglas del juego. Scrum Manager (Vol. Vol. 2). <https://doi.org/1607208414838>
- 20 PMAJ. (2003). P2M Bibelot third edition. Retrieved July 10, 2020, from [https://www.pmaj.or.jp/ENG/p2m/p2m_guide/P2M_Bibelot\(All\)_R3.pdf](https://www.pmaj.or.jp/ENG/p2m/p2m_guide/P2M_Bibelot(All)_R3.pdf)
- 21 PMI (Project Management Institute). (2013). "Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, PMBOK". 5ta edición, Estados Unidos.
- 22 Proactivanet. (n.d.). PRINCE2. Retrieved July 10, 2020, from <https://www.proactivanet.com/blog/proactivanet/prince2-en-3-minutos/>
- 23 ProjectManagement. (n.d.). Estándares del proyecto. Retrieved July 10, 2020, from <https://www.projectmanagement.com/deliverables/6096/Project-Standards>
- 24 Rivera, F., Hernández, G. (2010). "Administración de proyectos: guía para el aprendizaje". México D.F. Pearson.
- 25 Rojas, M. & Jaimes, L. & Valencia, M. (2018). Efectividad, eficacia y eficiencia en equipos de trabajo (Vol. 39 N° 06, pág 11) . Revista Espacios.
- 26 Subra, Jean-Paul, Vannieuwenhuyze, Aurélien. 2018. Scrum un método ágil para tus proyectos. Ediciones Eni
- 27 Tan, B. (2018). POM Project 2018, (February).
- 28 Thompson, J. (2006). Concepto de Proyecto. Retrieved July 10, 2020, from <https://www.promonegocios.net/proyecto/concepto-proyecto.html>
- 29 Verástegui, J. (2014). Directrices para la dirección y gestión de proyectos. IV congreso internacional de dirección de proyectos. Guayaquil.
- 30 Vigil, A. C. (2012). X Encuesta de Gerencia de Proyectos.
- 31 Wallace. (2014). BatchMaster Iberoamérica - Gestión de Proyectos. Retrieved July 10, 2020, from <https://batchmaster.co/gestion-de-proyectos/>
- 32 Zabaleta Etxebarria N, N., Lopez, I., & Lozares, E. (2012). *Análisis de la Relación Existente entre los Estándares de Gestión de Proyectos y los Factores Críticos para su Éxito the Analysis of the Links between the Project Management Standards and Project Success Critical Factors. XVI Congreso de Ingeniería de Organización: Vigo, 18 a 20 de julio de 2012, 2012, págs. 943-950.* Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4246194>

DESIGN OF PROJECT MANAGEMENT GAME VR (PMG-VR) AS A SUPPORT TO THE LEARNING OF THE PMBOK GUIDE FOR PROJECT MANAGERS

DESIGN OF PROJECT MANAGEMENT GAME VR (PMG-VR) TO SUPPORT THE LEARNING OF THE PMBOK GUIDE FOR PROJECT MANAGERS

DISEÑO DE PROJECT MANAGEMENT GAME VR (PMG-VR) COMO APOYO AL APRENDIZAJE DE LA GUÍA PMBOK PARA GERENTES DE PROYECTOS

MS. R E Mendoza Gáfaros*, Ing. J N D Sequeda*, MS. M R Contreras*, J O Portilla*,
Esp. M M Perpiñan Araujo**, MS. W Guevara***

* **Universidad de Pamplona**, Facultad de Ingenierías y Arquitectura Grupo de Investigación de Inteligencia de Datos y Computación GIIDAC, Grupo de Investigación de Ciencias Computacionales CICOM Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

{remendozag, joseph.sequeda, mrojas, jorge.portilla2}@unipamplona.edu.co

****Universidad de Santander**, Grupo de Investigación GISOFT, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
ma.perpinan@mail.udes.edu.co

*****Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA**, Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico e Innovación (GINDET) SENA, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
wguevara@sena.edu.co

Abstract: In this research process, we present the validation of the impact on the implementation of a video game for management education to be carried out by project managers. The design of a virtual reality video game that supports the learning process of the PMBOK guide must be seen from many angles, such as the actors, the tools and the approaches to be applied within the various situations presented in the scenarios (games) in particular, and in this way make visible how the theory will be taken to a virtual teaching environment.

Keywords: Design, Project Management, Videogame, PMBOK.

Resumen: En este proceso de investigación se presenta la validación del impacto en la implementación de un videojuego para la enseñanza de la gestión a realizar por parte de los gerentes de proyectos. El diseño de un videojuego de realidad virtual que brinda apoyo al proceso de aprendizaje de la guía PMBOK debe ser visto desde muchas aristas como lo son los actores, las herramientas y los planteamientos a aplicar dentro de las diversas situaciones presentadas en los escenarios(partidas) en particular y de esta manera visibilizar cómo se llevará la teoría a un medio didáctico y virtual.

Palabras clave: Diseño, Gestión de Proyectos, Videojuego, PMBOK.

1. INTRODUCCIÓN

El juego es una característica innata de seres vivos complejos como los carnívoros, los roedores, e incluso algunas aves, este surge de forma espontánea desde la etapa más temprana de la vida, pero en el caso de los seres humanos y demás homínidos, esta práctica tiene que ver con el aprendizaje y el desarrollo neuronal, pues los estudios han determinado que las etapas en las que los homínidos cuentan con una mayor tendencia a la lúdica, son aquellos en los que se produce mayor desarrollo encefálico y sinaptogénesis (Investigación y Ciencia, 2017). Pero esta práctica no solo tiene impacto en etapas concretas del desarrollo cerebral, sino que interviene como mecanismo de supervivencia dado que mientras otros animales cuentan con nociones de interacción con el medio que los rodea, una vez han nacido, los homínidos se encuentran completamente indefensos al nacer y requieren del juego como modo de simular la realidad, para fortalecerse y acostumbrarse a las condiciones del medio en el que habrán de habitar, no solo en lo que se refiere a condiciones ambientales, sino también de comunidad, ya que por medio del juego se desarrollan competencias socio-afectivas y de cooperación, que son esenciales en una comunidad (Sanz , 2016).

Existen registros arqueológicos que demuestran que el juego es tan antiguo como la civilización humana y que esta actividad era una constante en todas las poblaciones del mundo, por lo que esta no puede considerarse como una tendencia en algunas culturas o una influencia regional, sino como una característica innata de la naturaleza humana. Esta naturaleza lúdica es la que diferencia principalmente a los homínidos de otros seres vivos, porque involucra una habilidad única de esta familia, que es la meta cognición; es decir, estar consciente de que se está consciente, de que se piensa, de que se tienen conocimientos y de que se carece de ellos; esto le permite al individuo no solo desarrollar una conciencia de la propia existencia, sino también incurrir en acciones que no representan su conducta usual, lo que en el caso de los humanos consiste en pretender. Para los niños, esta es la mejor forma en la que adquieren conocimientos sobre el mundo que los rodea, pretendiendo que son adultos en un entorno completamente seguro en el que simulan estar expuestos a determinadas condiciones y estímulos, aprendiendo la respuesta que deben emitir ante cada situación, por lo que son capaces de determinar que es peligroso, que es seguro, que es correcto y que es incorrecto, todo por medio de la imitación y la simulación (McMillanEducation.ORG, 2018).

El modelo tradicional de educación, generalmente subestima el juego como una actividad sin beneficios aparentes, que realizan los niños y jóvenes para recrearse, pero dadas las diversas investigaciones en esta materia, se ha logrado identificar que el juego es de hecho la herramienta más efectiva para fomentar el aprendizaje de los estudiantes, ya que no solo estimula la memoria por medio de experiencias significativas, sino que también fortalece aspectos importantes para el aprendizaje como la atención, por medio de la motivación que supone participar en una actividad lúdica y la contextualización de conceptos abstractos en actividades sencillas por medio de las cuales es mucho más sencillo comprender nociones contra intuitivas (Mora , Plazas , Ortiz , & Camargo , 2016).

De acuerdo con Secadas Marcos (2018), el juego ha sido históricamente un aspecto de la naturaleza humana tan complejo de estudiar, precisamente porque es de ese fenómeno que ven modificadas sus propiedades, al ser observados de forma controlada, en esta caso específico, los individuos involucrados en el juego, pierden la espontaneidad que supone dicha actividad y que garantiza todos los beneficios que se le atribuyen a esta práctica, pero a pesar de este impedimento, todos los autores que han estudiado este fenómeno han descubierto una amplia gama de beneficios tanto a nivel psicológico como pedagógico, razón por la cual se continúa explorando de forma tan asidua el campo de la lúdica.

Al mismo tiempo que dichos estudios se llevaban a cabo, una nueva revolución tecnológica estaba cambiando la realidad de sociedad de mediados y finales del siglo XX, esta sería conocida como la Revolución Informática, que inició con la creación de la primera computadora electrónica, por parte de IBM en el año 1944, tal como lo indica la Universidad Libre (2015), pero fue con la distribución de estos mecanismos al público que este cambio se hizo cada vez más notable, gracias al reemplazo de los tubos de vacío por transistores y el lenguaje de máquina por lenguajes ensambladores como Cobol o Fortran, que facilitó la reducción de tamaño de las computadoras y la posibilidad de que estas pudiesen ser comercializadas entre el público, lo cual sucedió durante la segunda generación, comprendida entre 1956 y 1963.

Sorprendentemente para esa época, ya se había trabajado en formas de introducir actividades recreativas en las computadoras, lo que posteriormente se denominaría videojuegos; ya desde 1947 se habían desarrollado exponentes de esta nueva tendencia como lanzamiento de misiles, que no se considera precisamente un videojuego, sino una experimento de simulación de lanzamiento de misiles, que hacía cálculos para alcanzar un objetivo, pero que coincide con la definición de juego señalada anteriormente. Luego en 1952 se creó el OXO, otro precursor de juegos virtuales, que no se considera como tal por la ausencia de movimiento, pero que cumplía con la definición ya planteada, debido a su condición de simulador.

Finalmente en 1958 llegaría el que sin lugar a dudas se considera el primer videojuego de la historia, conocido como Tennis For Two, o Tenis para dos, creado por William Higinbotham, el cual se jugaba en una pantalla de osciloscopio con una línea horizontal que representaba el suelo y una vertical que representaba la red, para intentar controlar el movimiento de un punto, que era la pelota, por medio de colisiones con el suelo, durante las cuales los jugadores podían suministrar las instrucciones. Tres años después se crearía el arquetipo del primer videojuego comercial, conocido como SpaceWar, o guerra espacial, que fue ampliamente conocido en el campus del MIT, pero que nunca llegó al público hasta 1971, como Galaxy Game, una versión reprogramada del Space War, que llegó a los arcades y que contó con gran aceptación entre las generaciones de la época, dando inicio al fenómeno conocido ahora como industria de los videojuegos.

Esta serie de fenómenos hicieron que a partir de los años 70, muchos jóvenes crecieran visitando las tiendas de arcade o comprándolos para jugar en sus propios domicilios, posicionando al videojuego como la nueva forma en la que la juventud accede a simulaciones del mundo real o mundos de fantasía, para recrearse. Esta industria fue cobrando cada vez más fuerza a lo largo de las décadas siguientes, y entrando en el siglo XXI ya se encontraba consolidada como una de las industrias más exitosas y competitivas, al punto de que hoy existe toda una comunidad que consume activamente estos productos y le garantizan a dicha industria ganancias que se equiparan e incluso superan a las de la industria del cine de Hollywood y a la telefonía celular. Este éxito se debe principalmente a que, desde sus modestos inicios, la tecnología de virtualización y renderización ha llegado a niveles tan sofisticados que permite crear realidades fascinantes y majestuosas que tienen el potencial de cautivar a un enorme público, del que las generaciones más jóvenes hacen parte mayoritaria.

El surgimiento de esta industria planteó a su vez la prioridad entre la comunidad científica de conocer los efectos que este nuevo tipo de estímulos tendrían sobre el ser humano, por lo que se llevaron a cabo diversos estudios que demostraron entre otras cosas, beneficios en el desarrollo de competencias, como por ejemplo las descritas por Rodríguez (2018), quien señala que los juegos de estrategia resultan efectivos como apoyo para el desarrollo de competencias como la toma de decisiones, la capacidad de razonamiento y el pensamiento crítico, ya que entrenan a los jugadores en actividades como la planeación y la implementación de estrategias; razón por la cual estos recursos han adquirido importancia dentro del campo de la pedagogía, al ser evidente que por medio de estos simuladores lúdicos, es mucho más

efectivo y motivante la interacción con el conocimiento y por ende existe una mayor probabilidad de experimentar un aprendizaje significativo.

Con esto en mente se propone el desarrollo de un videojuego orientado al efectivo aprendizaje de los contenidos propuestos por el Project Management Institute PMI (®), en la guía del PMBOK®, que instruye sobre los fundamentos de la gestión de proyectos, el cual en su sexta versión cuenta con 10 áreas del conocimiento catalogadas dentro de 5 grupos de procesos que son: el Inicio, la Planeación, la Ejecución, el Monitoreo, el Control, y el Cierre (PMI, 2020). Este proyecto se plantea debido a que el aprendizaje de fundamentos de gestión de proyectos de manera clásica deja en algunas ocasiones vacíos a la interpretación, que se presentan al carecer de un contacto directo con los problemas y condiciones reales de la dirección de un proyecto, por lo que es evidente la limitación que tiene un texto en la transmisión del conocimiento de manera completa así que se espera que el diseño de un videojuego con el módulo de realidad virtual proporcione apoyo para establecer de manera más clara y eficiente las actividades de un director de proyectos; en este proyecto se plantean características y funciones de PMG-VR lo que permitirá tener una mejor visión de los beneficios de agilización de la curva de aprendizaje aplicado a procesos gerenciales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evolución de la gestión de proyectos

Hasta el siglo XX, los proyectos eran gestionados por arquitectos, ingenieros y constructores. A continuación, se citan los principales exponentes y desarrollos en cuanto a la Gestión de Proyectos:

- Diagrama harmonogram o harmonograf, la carta de Karol Adamiecki está ahora más comúnmente conocido en inglés como el diagrama de Gantt (1896). Adamiecki era un polaco economista, ingeniero y gestor investigador inventó un nuevo medio de procesos interdependientes que se presentan con el fin de mejorar la visibilidad de los programas de producción. (ProjectManager.com, 2016)
- Frederick Winslow Taylor ingeniero industrial y economista estadounidense publica el libro *The Principles of Scientific Management* (1911) es reconocido como el padre de la Administración Científica.
- Henry Fayol ingeniero de minas y teórico de la administración de empresas pública en Francia "*Administration Industrielle et Générale*" contribuyó al enfoque clásico de la administración con su Teoría Administrativa.
- Henry Laurence Gantt ingeniero industrial mecánico estadounidense popularizó el "Diagrama de Gantt" en occidente (1917).
- Proyecto Hoover Dam en este proyecto fue utilizado por primera vez en el diagrama de Gantt (1936). Herbert Clark Hoover ingeniero de minas desarrollando grandes obras públicas como la Presa Hoover.
- Bernard Adolph Schriever general de la Fuerza Aérea de EE. UU acuña por primera vez el término *Project Management* para referirse a la Gestión del Proyecto (1954).

- En 1957, Dupont Corporation creó el método de ruta crítica o Critical Path (CPM) que es una técnica que permite predecir la duración de un proyecto a partir cuáles secuencias de actividades.
- En 1958, la Armada de los Estados Unidos crea la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas o Program Evaluation and Review Technique (PERT), es un método que analizaba las tareas involucradas en la realización de un proyecto.
- En 1962, el Departamento de Defensa de los EE.UU. publicó la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) o Work Breakdown Structure (WBS).
- En 1965, es funda y registrada en Suiza la Asociación Internacional para la Dirección de Proyectos o International Project Management Association (IPMA) dedicada al desarrollo y promoción de la dirección de proyectos.
- En 1969, en el primer simposio PMI® que se celebró en Atlanta - Georgia es fundada en los Estados Unidos el Project Management Institute (PMI®)
- En 1975, Fred Brooks ingeniero de software y científico de la computación publica la obra Mítico Hombre-Mes: Ensayos de Ingeniería de Software (en inglés "The Mythical Man-Month: Essays on Software Engineering").
- Hirotaka Takeuchi y Nonaka publican "The New New Product Development Game" en la Harvard Business Review donde nombran SCRUM como una nueva metodología de trabajo de administración de proyectos. (Sutherland, 2011)
- En 1987, PMI publica la primera versión de la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK®) por el PMI® (1987). El PMBOK surge como un intento por documentar y homologar las prácticas aceptadas en administración de proyectos.
- Se introduce la Teoría de las Restricciones (TOC) por el Dr. Eliyahu M. Goldratt en su novela La Meta o "The Goal" (1989). La Teoría de las Restricciones es una filosofía de gestión empresarial que ayuda a las organizaciones a lograr sus objetivos. Los métodos y algoritmos de la Teoría de las Restricciones pasaron a formar parte de la base de la Administración de Proyectos con Cadena Crítica o Critical Chain.
- Se publica por primera vez la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK®) por el PMI®. (Barato, 2015)
- En 1989, Gestión del Valor Ganado o Earned Value Management(EVM) es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma, recursos y el avance del proyecto.
- La Agencia Central de Informática y Telecomunicaciones del Gobierno del Reino Unido, publicó Projects IN Controlled Environments (PRINCE) (1989) transformándolo en el estándar para todos los proyectos de sistemas de información del gobierno. (Barco, 2014)
- Standish Group desde 1994 publica el famoso "Reporte Caos" referencia obligada sobre el estado de los proyectos de software. El Standish Group clasifica los proyectos en tres tipos: Exitoso (Successful), Desafiante (Challenged) y Fracasado (Failed). (Zabala, 2004)
- La Agencia Central de Informática y Telecomunicaciones del Gobierno del Reino Unido publica PRINCE2® (1996).

- En 1998, el Instituto Estadounidense de Estándares Nacionales o American National Standards Institute, (ANSI) reconoció al PMBOK® como un estándar; donde se enuncia los puntos del método entre los cuales se mencionan: Organización, Planeación, Cronograma y Presupuesto.
- AACE International nombra Gestión de Costo Total (2006) a un proceso donde se aplican habilidades y conocimientos de la ingeniería de costos. Éste también fue el primer método integrado de administración de portafolio, programas y proyectos.
- La Oficina de Comercio del Gobierno de Reino Unido (OGC) (2009) hace una revisión profunda de PRINCE2.
- En 2011, PMI® crea la credencial Agile Certified Practitioner. El Project Management Institute demuestra su apoyo a las metodologías ágiles, donde los procesos de cambio no son deseados, porque pueden ocasionar que el alcance del proyecto se corrompa.
- El PMI® lanza la 6° edición del PMBOK® Project Management Institute (PMI)®, la Guía del PMBOK® hacia el tercer trimestre de 2017 está previsto que los cambios principales son mayor enfoque en la metodología Agile, incorporando la Gestión del conocimiento y definición del rol del Project Manager.
- En 2020, PMI en el cuarto trimestre del año publicará la 7ma edición de la Guía PMBOK se destaca el cambio de un enfoque en los procesos (entradas, herramientas y salidas) a un nuevo enfoque basado en principios de la entrega de proyectos. El PMBOK® pasa de ser un libro estático a un contenido vivo y actualizado de manera continua.

2.2. Evolución histórica del desarrollo de videojuegos

- Fusajirō Yamauchi fundó Nintendo fabricante barajas Hanafuda (naipes japoneses) tuvo un gran éxito (1889). Pero no fue hasta el tercer presidente (Hiroshi Yamauchi, nieto del fundador) cuando esta compañía comienza en el mercado de los videojuegos a principio de los años 70. Nintendo fue líder del sector durante varias décadas.
- Masaru Ibuka y Akio Morita creaban Sony (proviene del vocablo latino sonus “sonido”) Corporation como Tokyo Tsushin Kenkyujo (Instituto de investigación de telecomunicaciones de Tokio (1946) gigante de la electrónica de consumo que surgió de las cenizas de Tokio. (Hood, 1998)
- En 1947, Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann patentaron “Cathode Ray Tube Amusement Device” creando un simulador de misiles que controlaba mediante un circuito analógico la posición y el brillo de un punto con un tubo de rayos catódicos. (Iglesias, 2011)
- Claude Shannon, matemático escribió el artículo Programming a Computer for Playing Chess(1950). Este artículo contenía los principios básicos de un programa que jugara ajedrez.
- Alexander Sandy Douglas creó Noughts and Crosses (1954) para su tesis doctoral en la Universidad de Cambridge, programada para el Electronic Delay Storage Automatic Calculator (EDSAC).
- William Nighinbottham creó el juego Tennis For Two (1957), para implementar este juego utilizó un osciloscopio modificado aprovechando un programa diseñado para el cálculo de trayectorias. Para que los visitantes del Brookhaven National Laboratories en New York. No aplica por patentes, ya que no cree haber inventado nada. (Duch, 2011)

- Morton Heilig en su ensayo "El cine del Futuro" describe cómo el cine de varios sentidos excita al espectador (1957). Se construyó Sensorama, una simulación de un viaje en moto por Nueva York, Sensorama fue patentado en el año 1962. Heilig, dijo en una entrevista que Sensorama era revolucionario para este tiempo. (Muller, 2011)
- Steve Russell, Martin Graetzy y Wayne Wiitanen crea Spacewar (1961) para la computadora creada por DEC Digital Equipment Corporation llamada PDP-1 (Programmed Data Processor-1) del Massachusetts Institute of Technology (MIT), en este videojuego contaba con dos jugadores que controlaban cada uno su nave. El primer juego de computadora interactivo, utiliza terminales de teletipo con CRTs.
- Ralph Baer creó Brown Box (1966), la primera videoconsola de sobremesa con el apoyo económico de Sanders Associates, incluso con una pistola con la que pueden disparar a la TV; en 1970 vende la patente a Magnavox. Es conocido como «el Padre de los videojuegos»
- Ivan Edward Sutherland crea Head Mounted (1968) y de la primera interfaz gráfica de usuario (GUI). Sutherland combinó cascos virtuales y tecnologías televisivas con computadores. Es el precursor del concepto de mundo virtual o Realidad Virtual (RV).
- Nolan Bushnell junto a Ted Dabney comienza Atari que significa "fracaso" en el juego GO al que Bushnell era aficionado, la primera empresa dedicada a la producción de videojuegos en masa (1972). Allan Alcorn fue el diseñador del videojuego Pong. Ted Dafne dejó Atari en 1973. (Diserta, 2016)
- David Crane funda Activision una empresa que tenía el reconocimiento de sus creadores como principal premisa, la primera compañía en producir y crear videojuegos sin generar consolas o cabinas de arcade (1979). Activision fue el primer distribuidor Atari 2600 de manera independiente. (Lafrance, 1994)
- Gemelos Oliver presentaron su primer juego "Road Runner" gracias a un Spectrum ZX (1982), con tan solo 14 años, de manera autodidacta, comenzaron a crear sus propios videojuegos, iguales a los de las máquinas recreativas.
- Howard Scott Warshaw diseñar el videojuego "ET, el Extraterrestre", basado en la película de Steven Spielberg (1982). Es considerado el peor videojuego de la historia y probablemente culpable de iniciar el desplome de la empresa Atari. (Mundo, 2016)
- Shigeru Miyamoto crea Donkey Kong y Mario Bros (ícono principal, y uno de los personajes más reconocidos de los videojuegos) diseñador y productor de videojuegos de Nintendo (1983). Super Mario Bros fue el primer videojuego de plataformas de desplazamiento lateral, aportando nuevas formas de juego y de control del personaje. (Valero, 2011)
- Jaron Lanier funda VPL Research uno de los primeros aparatos de interfaz sensorial, acuñó el término "Realidad Artificial", colabora en el desarrollo de interfaz VR (1984), como guantes y visores. (Herrera, 2008)
- Richard y David Darling: fundadores de la compañía Codemasters(1985), cuando jóvenes utilizando un ZX Spectrum diseñaron grandes juegos como Dizzy, tuvieron un mejor financiamiento que los hermanos Oliver, trabajaron en conjunto. (Nuñez, 2014)

- Alekséi Pázhitnov junto con Henk Rogers funda Tetris Company y se apropia de los derechos de autor del puzzle Tetris (proviene de la palabra tetra - cuadro) cuando estaba trabajando para el Gobierno de la URSS en el Centro de Computación de la Academia de las Ciencias de Moscú (1991). Fue el único programa soviético exitoso que traspasó el telón de acero de la guerra fría. (Gonzalez, 2014)
- Tom Caudell y David Mizell acuñaron el término Realidad Aumentada (1992). Estos investigadores de Boeing con la intención de referirse a la superposición que mezcla gráficos virtuales de alta tecnología eyeware(gafas) por computadora sobre el mundo real. (Cano, 2011)
- Ken Kutaragi crea PlayStation y hizo de Sony un jugador importante en el mercado de los juegos (1994). Se le conoce como "El Padre de la PlayStation" y sus sucesores como la PlayStation 2 (la consola de juegos más vendida de todos los tiempos), la visionaria PlayStation 3 y la PlayStation Portable. Kutaragi fundó Sony Computer Entertainment, una de las divisiones más rentables de Sony.
- Gunpei Yokoi creó Virtual Boy (consola de mesa en 3D y máquina portátil) terminó siendo un gran fracaso, para el padre de la Game Boy su reputación cayó de forma dramática (1996). Yokoi fue tratado de una forma excluyente, antes de presentar su renuncia.
- James Allard (llamado "Padre del Xbox") y Robbie Bach lanzan Xbox, estos formaron parte del equipo responsable del desarrollo. Microsoft incursionó en el mercado de videoconsolas con un sistema basado en la arquitectura de la PC preocupada por el notable éxito de la PlayStation de Sony (2001). El creciente mercado de videojuegos amenazaba el mercado de la PC.
- Palmer Luckey crea Oculus Rift (2016) un prototipo de Head-Mounted Display (HMD). Luckey lanzó su proyecto en Kickstarter (es una de las plataformas de "crowdfunding" o financiación más importante actualmente) con el que inició el desarrollo de los headsets de VR que actualmente llevan a cabo numerosas compañías. (García, 2015)
- John Hanke crea Pokemon GO, el CEO de Niantic división de Google revoluciono el mundo de los videojuegos, al combinar realidad aumentada, la relación entre el mundo real y el virtual, haciendo que el usuario interactúe necesitando realizar una acción en el mundo real para interactuar con el mundo virtual (2016). A finales de 2015, Niantic recaudó \$30 millones para Google, Nintendo y Pokémon. (Araya, 2017).

En la Figura 6.1, se muestra el análisis del estado del arte de la línea del tiempo de la gestión de proyectos contrastándola con la del desarrollo de videojuegos.

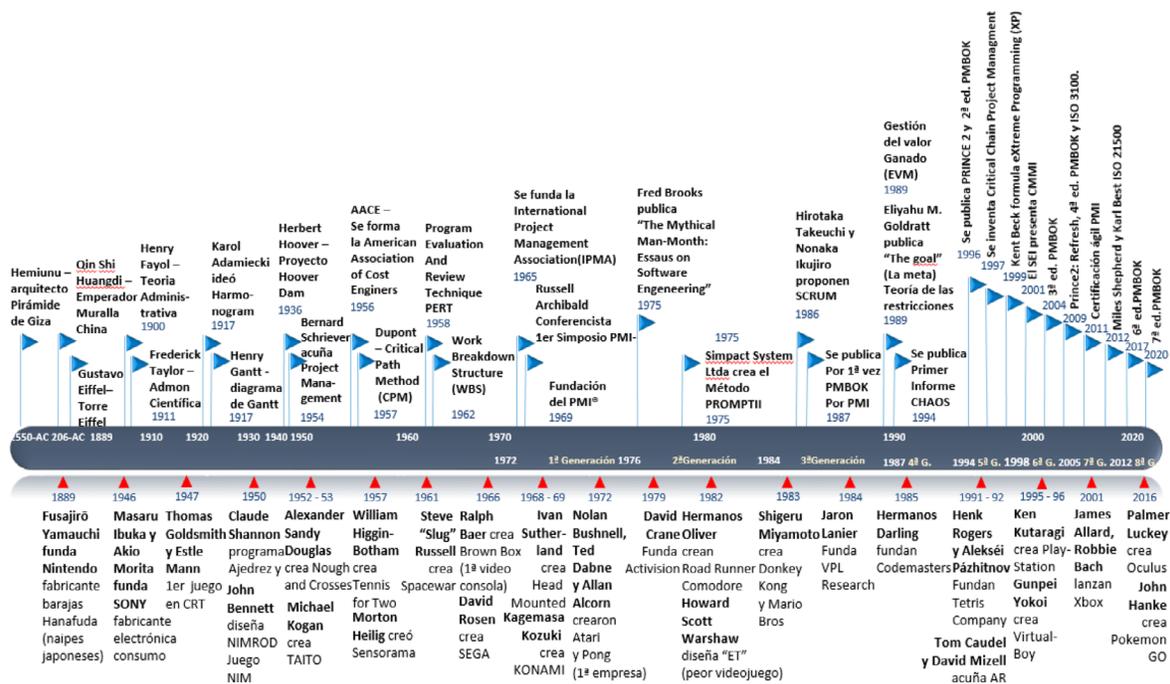


Figura 6.1 Línea de Tiempo de la Gestión de Proyectos y Videojuegos
Fuente: Elaboración propia

2.3 Novedades sobre la guía del PMBOK® séptima edición

El PMI planifica publicar la Guía del PMBOK® Séptima Edición para el último cuarto del 2020. Esta versión propone un cambio de mentalidad entre los cambios más relevantes el nuevo estándar será que para gestionar procesos (entradas, herramientas y salidas). se basa en principios. El PMBOK® enfatizara que los proyectos no deben solo producir entregables sino permitir que los entregables produzcan resultados que reportan valor a las organizaciones y a los interesados. A continuación, se enuncian los 12 principios del borrador de la guía (PMI. 2020):

- Ser respetuoso y afectuoso
- Construir una cultura de responsabilidad y respeto
- Involucrar a las partes interesadas para comprender sus intereses y necesidades
- Centrarse en dar valor a las partes interesadas
- Motivar, influir, entrenar y aprender
- Adapte el enfoque de entrega según el contexto
- Incorporar calidad en procesos y resultados
- Abordar la complejidad utilizando el conocimiento, la experiencia y el aprendizaje.

A continuación, en la Figura 6.2, se muestra los cambios previstos en la versión 7 de la Guía de Conocimientos en Administración de Proyectos:

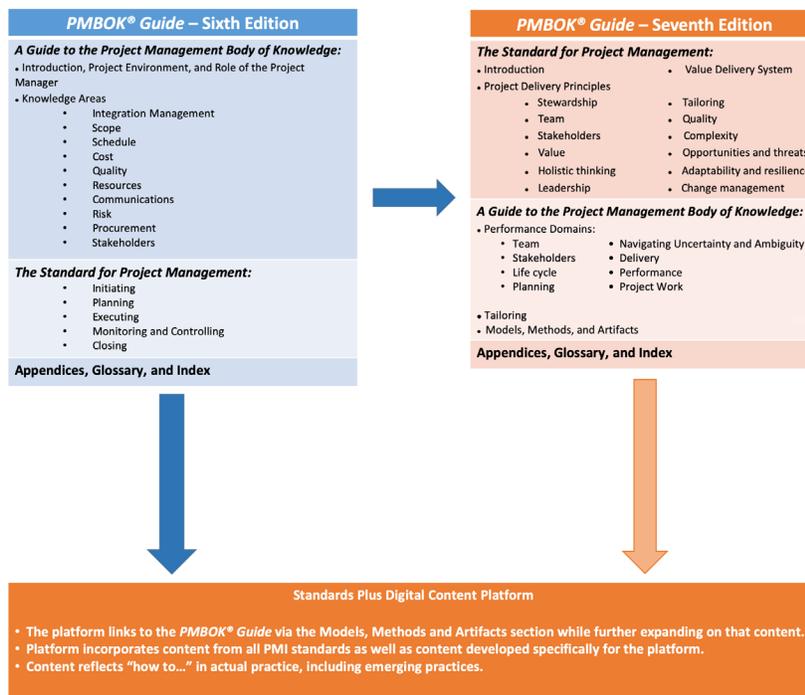


Figura 6.2 Cambios entre el PMBOK® Guide – 6 y 7 Edición.

Fuente: PMI.org

2.4 Estándares y Guías para la Gestión de Proyectos

Hoy en día, muchos investigadores están interesados en desarrollar el tema de gestión de proyectos, por lo que diferentes organismos internacionales se han dedicado al área de proyectos. En la Tabla 6.1, se presentan los diferentes cuerpos del conocimiento. (Stanisław, 2011)

A partir del análisis de las distintas metodologías para la gestión de proyectos, contando con la influencia de norteamérica dada su ubicación geográfica y el nivel de aceptación de la metodología se selecciona la guía del PMBOK que se encuentra dividida en dos parte principales, cinco etapas del proyecto y diez áreas de conocimiento. Para la investigación se seleccionó el área de conocimiento denominada gestión del alcance del proyecto, en la misma al iniciar se deben definir claramente los requerimientos y los objetivos a lograr con el proyecto, además de monitorear constantemente las posibles desviaciones, documentando solicitudes de cambio y gestionar un apropiado proceso integrado de control de cambios.

Tabla 6.1 Cuadro Comparativo ISO 21500, PMI, PRINCE 2 y IPMA

Fuente: Elaboración propia

	ISO 21500	PMI	PRINCE2	IPMA
Objetivo	Busca brindar las mejores prácticas en la gestión de proyectos para ayudar a directores de proyecto mejorando los resultados del negocio.	Busca ofrecer valor a la profesión de dirección de proyectos a través de estándares, certificaciones, publicaciones, cursos y capacitaciones, creando comunidades a nivel mundial.	Busca proporcionar un estándar para la utilización de la dirección de proyectos en cualquier tipo de organización y proyecto.	Busca promover la dirección de proyectos a los negocios y organizaciones alrededor del mundo.
Acreditación	La norma no incluye requisitos y no está elaborada para certificarse.	Norma ISO 17024 Norma ISO 9001:2000	Norma ISO 17024	Norma ISO/IEC 17024 Norma ISO 9001:2008
Niveles de Certificación	Por el momento ISO 21500 no tiene Requisitos por lo tanto no es certificable y si lo fuera en el futuro, sería para las empresas.	<ul style="list-style-type: none"> · Dirección de Tiempos del PMI (PMI-SP) · Dirección de Riesgos del PMI (PMI-RMP) · Profesional en Análisis de Negocios de PMI (PMI-PBA) · Profesional en Dirección de Programas (PgMP) · Profesional en Dirección de Portafolios (PfMP) · Técnico Certificado en Dirección de Proyectos (CAPM) · Profesional en Dirección de Proyectos (PMP) · Practicante certificado por PMI en enfoques ágiles (PMI-ACP) SM 	<ul style="list-style-type: none"> ● PRINCE2 Foundation. ● PRINCE2 Practitioner. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Nivel A Director de directores de proyectos o de directores de proyectos (DDP). ● Nivel B Director de proyecto (DP). ● Nivel C Profesional de la dirección de proyectos (PDP). ● Nivel D Técnico en dirección de proyectos (TDP).
Dirección de proyectos	El ISO 21500 tiene 39 procesos agrupados en: <ul style="list-style-type: none"> · 10 grupos de materia (Integración, parte interesada, alcance, recurso, tiempo, costo, riesgo, calidad, adquisiciones, comunicación). · 5 grupos de procesos (inicio, planificación, implementación, control y cierre) involucran 5 procesos 	Comprende 47 procesos agrupados en: <ul style="list-style-type: none"> · 10 áreas de conocimiento (Integración, alcance, tiempo, costo, calidad, RR.HH., comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados del proyecto). · 5 grupos de procesos (iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre) 	La dirección profesional de proyectos se compone de: <ul style="list-style-type: none"> 7 procesos. 7 principios 7 temáticas 	Comprende 3 ámbitos (técnico, comportamiento y contextual) con 46 elementos de competencia: <ul style="list-style-type: none"> · 20 competencias técnicas de la dirección de proyectos. · 15 competencias de comportamiento profesional del personal de dirección de proyectos. · 11 competencias de la relación de los proyectos.
Estándares y guías	La Norma ISO 21500 provee orientaciones generales sobre la disciplina de la administración de proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> · A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sexta Edición. · Project Manager Competency Development Framework (PMCDF) – Segunda Edición. · Organizational Project management Maturity (OPM3) - Tercera edición 	Managing Successful Projects with PRINCE2 6th Edition	IPMA Competence Baseline (ICB4)

2.5 Metodologías viables de desarrollo de videojuegos

Las metodologías de desarrollo de videojuegos en la actualidad presentan grandes cambios a través de los años involucrando una mayor integralidad, relación con los clientes, cohesión, interdisciplinariedad, en los equipos de trabajo y constancia en los procesos. (Acerenza, 2019)

A continuación en la Tabla 6.2, se describen los modelos, etapas y se valora su aplicación en el desarrollo de videojuegos:

Tabla 6.2 Metodologías viables de desarrollo de videojuegos.

Fuente: Elaboración propia

UNIFIED PROCESS(RUP)	DESCRIPCIÓN	ETAPAS	VALORACIÓN
CASCADA (WATERFALL)	En 1970, surge el modelo en cascada, que es la metodología que ordena las etapas del proceso para el desarrollo de software, de tal forma que el inicio de cada etapa se basa en la etapa anterior.	Análisis de Requerimientos Diseño y arquitectura Desarrollo y programación Pruebas y aseguramiento de Calidad Implementación Mantenimiento	El producto final se demora, ya que cualquier error que se presente en una de las etapas sugiere volver a procesos anteriores para corregirlo. Requiere regresar a etapas anteriores y hacer cambios. Es la metodología más popular de la industria de los videojuegos.
MODELO ESPIRAL (SPIRAL MODEL)	En 1980, Barry Bohem introduce el modelo de espiral, enfatiza el estudio las especificaciones incompletas. En este modelo el desarrollo se incrementa en cada etapa, una actividad empieza cuando se entienden los objetivos y riesgos involucrados.	Definición de objetivos Análisis de riesgos Desarrollo y prueba Planificación de la siguiente iteración	El prototipo del modelo en espiral utiliza un enfoque evolutivo para la ingeniería de software, permitiendo entender y reaccionar a los riesgos en cada nivel del modelo en espiral. Utiliza la creación de prototipos como un mecanismo de reducción de riesgo.
PROCESO UNIFICADO DE RATIONAL O RATIONAL UNIFIED PROCESS(RUP)	IBM crea el proceso iterativo dividido en una serie de disciplinas de desarrollo de software basado en la definición de módulos, donde cada uno se adapta a las necesidades del equipo de trabajo (Kruchten, 2004).	Ingeniería o modelado del negocio Requisitos Análisis y diseño Implementación. Pruebas Despliegue	RUP busca obtener productos de muy alta calidad, cuenta con: varias fases, múltiples iteraciones por fases, pueden provocar que el proceso de desarrollo sea costoso y que no sea adaptable a proyectos de pequeña escala, aunque el hecho de que siga un esquema incremental permitiendo la flexibilidad.
El Proceso Unificado esencial o Essential Unified Process (EssUP)	En 2005, Ivar Jacobson inventó Essential Unified Process en donde busca integrar los elementos CMMI, desarrollo ágil y RUP.	Consiste en integrar las prácticas eficaces que son recursos basados en tres campos principales del proceso: el campo del proceso unificado, los métodos ágiles y el proceso de madurez.	Promueve un buen trabajo en equipo y está preparado para separar el trabajo creativo del mecánico.
OpenUP	Desde el 2007, es un método usado y mantenido por la Fundación Eclipse. La metodología OpenUP fomenta el intercambio de información entre los equipos de desarrollo, de manera que conozcan objetivos, alcances y avances del proyecto.	OpenUP es un método y un proceso mínimo y suficiente, lo que significa que solo el contenido fundamental es incluido. La mayoría de los elementos fomentan el intercambio de información entre los equipos de desarrollo y el entendimiento compartido del proyecto.	La descripción del proceso insiste mucho en la colaboración en equipo y la inclusión de stakeholders como parte del proceso. Es de cierta forma similar a Scrum, a diferencia que en Scrum los stakeholders no participan en las reuniones diarias para comentar el estado del proyecto.
Team Software Process TSP	En 1996, Watts Humphrey lanza la versión inicial del TSP proporcionando un marco de trabajo de procesos definidos y estructurados en fases interconectadas del desarrollo del proyecto, que indican como construir un producto completo.	Es un conjunto de procesos estructurados que indican qué hacer en cada fase del desarrollo del proyecto y muestra cómo conectar cada fase para construir un producto completo. El objetivo principal de TSP es completar con éxito, a través de varios ciclos de desarrollo incremental, un pequeño proyecto de software con calidad, siguiendo fielmente el proceso y manteniendo durante cada ciclo de desarrollo un equipo eficiente y colaborativo.	Proporciona un balance entre proceso, producto y equipo de trabajo. Sus fases y tareas están bien definidas. Contiene todas las formas, guiones y estándares necesarios para poder registrar y seguir el proceso. Lo más interesante de este proceso es el documento Postmortem, en TSP esa retroalimentación ocurre por ciclo, similitud que comparte con Scrum.
Microsoft Solution Framework	Es una serie de principios, modelos, conceptos y guías para diseñar aplicaciones bajo Windows (Keeton, 2006). Este método permite el desarrollo rápido y la refinación del producto, debido al conocimiento progresivo de los requerimientos de los clientes.	Microsoft Solution Framework es una serie de principios, modelos, disciplinas, conceptos y guías para diseñar aplicaciones de Microsoft. Consiste en una serie de ciclos pequeños e iteraciones. Este modelo permite el desarrollo rápido con aprendizaje y refinación continua debido al entendimiento progresivo de los requerimientos de los clientes. Utiliza una metodología pesada y ágil.	La filosofía de MSF es que no hay una sola estructura o proceso que se aplica óptimamente a los requerimientos y ambientes de todo tipo de proyectos, por lo tanto, se puede adaptar y soportar cualquier proyecto sin importar el tamaño o complejidad y reteniendo una serie de principios y perspectivas que podrían ser adaptables al proceso de desarrollo de un videojuego.
Agile software development	El desarrollo ágil de software es un conjunto de métodos basado en el desarrollo iterativo e incremental, donde se evoluciona gracias a la autoorganización y la conformación de unos equipos multidisciplinarios.	Los principios que dan origen al manifiesto implican la satisfacción del cliente mediante entregas tempranas y continuas de software que funcione; requerimientos cambiantes en cualquier etapa del proyecto; participación activa del cliente; simplicidad; equipos de desarrollo motivado y auto-organizados; comunicación efectiva; auto inspecciones y adaptación.	Las metodologías ágiles se caracterizan por el desarrollo iterativo e incremental; la simplicidad de la implementación; las entregas frecuentes; la priorización de los requerimientos o características a desarrollar a cargo del cliente; y la cooperación entre desarrolladores y clientes.
Extreme Programming (XP)	Este enfoque de la ingeniería de software formulado por Kent Beck es uno de los sistemas más importantes de los procesos ágiles. Se enfoca en la adaptabilidad más que en la previsibilidad, por ello plantea que es más viable adaptarse a los cambios de requerimientos en cualquier punto del ciclo de vida del proyecto.	<i>Planning Game</i> <i>Historias de Usuario</i> <i>Entregas Pequeñas</i> <i>Diseño Simple</i> <i>Pruebas</i> <i>Refactoring</i>	El mayor beneficio de las practicas se consigue en la aplicación conjunta y equilibrada puesto que se apoyan unas en otras. La mayoría de prácticas propuestas por XP no son novedosas, sino que en alguna forma ya habian sido propuestas en ingeniería de software e incluso demostrado su valor en la práctica.
Scrum	El concepto de scrum tiene origen en un estudio realizado en 1986 sobre los nuevos procesos de desarrollo donde los equipos de trabajo partían de requisitos muy generales, innovadores y con un rango de plazo de lanzamiento menor que los productos anteriores (Takeuchi, 1986).	Scrum es un desarrollo de software iterativo-incremental utilizado en el desarrollo de software ágil. Está estructurado en ciclos conocidos como Sprints. Durante cada sprint los equipos toman los requisitos de una lista ordenada por prioridades. Al terminar cada sprint, se tiene una versión potencialmente final del producto.	Scrum facilita la iteración, permite a los equipos entregar características pulidas para probar la calidad del juego a lo largo de su desarrollo. Scrum no es solo para programadores, involucra a muchas personas en un solo proyecto. Por estas razones, se considera Scrum ideal para el desarrollo de videojuegos.
Desarrollo Centrado en el Jugador	La idea fundamental del Diseño Centrado en el Usuario involucra al usuario al principio de cualquier proceso de desarrollo, ya que muchos de los problemas del software se deben a una carencia en las fases iniciales del desarrollo, concretamente en las fases de elicitación y de análisis de requisitos.	Los atributos de la Jugabilidad son los siguientes: <i>Satisfacción</i> <i>Aprendizaje</i> <i>Efectividad</i> <i>Inmersión</i> <i>Motivación</i> <i>Emoción</i> <i>Socialización</i>	Esta metodología requiere de la realización de importantes esfuerzos iniciales para lograr obtener prototipos básicos, pero jugables y, por lo tanto, evaluables. Con estos prototipos se inicia un proceso iterativo en el que el equipo de pruebas lo utiliza y proporciona realimentación orientada a la mejora, especialmente de la jugabilidad, pero también de otros detalles que pueden caracterizar el producto final.

Los videojuegos involucran conocimientos de diferentes áreas, desde ciencias formales hasta ciencias sociales que van más allá de un proyecto de software típico e implican creatividad e imaginación, un videojuego combina elementos de narración, música, animación y deporte. El código es como una partitura musical la cual es tocada por una computadora y los juegos se vuelven a veces tan competitivos que se juegan como deporte.

El videojuego al igual que cualquier software, debe pasar por varias fases lo que se conoce como ciclo de vida. El ciclo de vida da la pauta a lo que hay que obtener a lo largo del desarrollo del videojuego para generar un producto final. Estudios han demostrado que no existen procesos específicos para el desarrollo de videojuegos que sean públicos.

El videojuego debe tener una visión general, la esencia que llevará a las personas a jugarlo, dejando un buen sabor en su uso. Describir la mecánica del mismo ese vital para conocer las acciones del jugador, como sus puntajes, cómo controlará el videojuego, su cámara, las interfaces dan la pauta y a su vez hacen atractivo el videojuego, y en la historia como tal del videojuego hay que definir los personajes y demás ítems con los que interactúa.(Fernández, 2010)

El empleo de un videojuego educativo se ha convertido en una herramienta que integra las tecnologías de la información y la comunicación con los procesos pedagógicos, su aprovechamiento en la formación de los niños y jóvenes de esta época.

Un videojuego educativo o software educativo es una experiencia de aprendizaje mediada por un software informático, que integra elemento de un juego (competencia, récords, etc.), de interfaz de usuario (aspecto comunicacional), y elementos técnicos (aspecto computacional). (L & S, 2010)

3. METODOLOGÍA

En esta investigación se aborda el problema aplicando una metodología descriptiva que busca identificar y conocer los procesos aplicados actualmente en las metodologías de desarrollo viables en relación con los proyectos de desarrollo de videojuegos. Con ello se pretende desarrollar un modelo que integre los lineamientos adecuados en la gestión del alcance de dichos proyectos. Por lo cual, se muestra en la Figura 6.3 el modelo para la gestión del prototipo del videojuego diseñado.



Figura 6.3 Modelo para la Gestión del Alcance del Prototipo del Videojuego Educativo.
Fuente: Elaboración propia

La metodología Scrum es una alternativa considerable para aquellos proyectos que no tienen una visión clara y consistente en la definición, dado que se adapta al cambio y el cliente se encuentra involucrado en el desarrollo del proyecto de esta manera el cumplimiento de los requisitos se ajusta a la necesidades en cada iteración con el cliente y con estas alcanzar un producto mínimo viable para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

4. RESULTADOS

4.1 Diseño de Project Management Game Vr (Pmg-Vr)

La propuesta de diseño tiene como base fundamental la metodología Scrum, se establecen detalles, en cada sprint se van revisando las funcionalidades del producto preliminar siendo adaptativo sacando el máximo valor posible productiva y creativamente de la mano de la retroalimentación teniendo en cuenta la guía uniforme en métodos, artefactos, actividades y roles que caracterizan el proceso ágil. El cómo el PMBOK va a quedar desglosado es la clave de la historia desarrollando un código de ética y pautas para la acreditación, estando atentos a cambios solicitados, acciones preventivas y acciones correctivas conectadas a las habilidades interpersonales. (Barco, Guzman, & Vivas, 2014)

Para la implementación del Videojuego como apoyo a los gerentes de proyectos de la guía PMBOK "ProjectGame" se tuvo en cuenta el diseño planteado en la Figura 6.4 donde se observa el Menú Principal del videojuego "ProjectGame", y se encuentran las opciones: Iniciar, Controles, Créditos y Salir.



Figura 6.4 Diseño Pantalla Menú Principal y controles del videojuego

Fuente: Elaboración propia

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un videojuego con módulo de realidad virtual orientado a la gestión de proyectos informáticos para el apoyo al aprendizaje de la guía PMBOK para gerentes de proyectos. Se obtienen los requerimientos funcionales y no funcionales con el fin de detectar los requisitos funcionales y los requisitos no funcionales para que sirva de ayuda al desarrollador con el objetivo de que pueda comprender con mayor claridad lo que se va a construir y las funcionalidades requeridas para desarrollarlo. En la Figura 6.5, se muestran los casos de uso del videojuego.

Después de obtener los requisitos funcionales, los cuales son los que se van a programar, se procederá a extraer de los requerimientos funcionales los casos de uso.

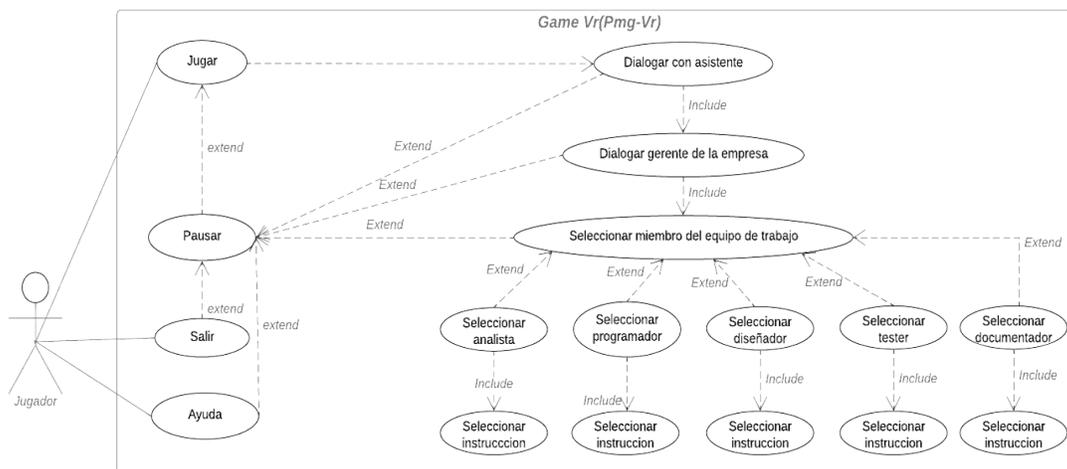


Figura 6.5 Casos de Uso del videojuego.
Fuente: Elaboración propia

4.2 Desarrollo de Project Management Game Vr (Pmg-Vr)

En el documento técnico de diseño se encuentra todo lo relacionado con los principios estéticos del juego: formas, colores, interfaz gráfica, expresiones y lo que se desee transmitir de manera visual. En este documento de diseño técnico se realiza la historia sobre la cual gira el propósito de Project Game. En la Figura 6.6, se representa el diagrama de clases del videojuego PGM-VR que surgen de la necesidad de describir cada una de las características del entorno, personajes y juego en general.

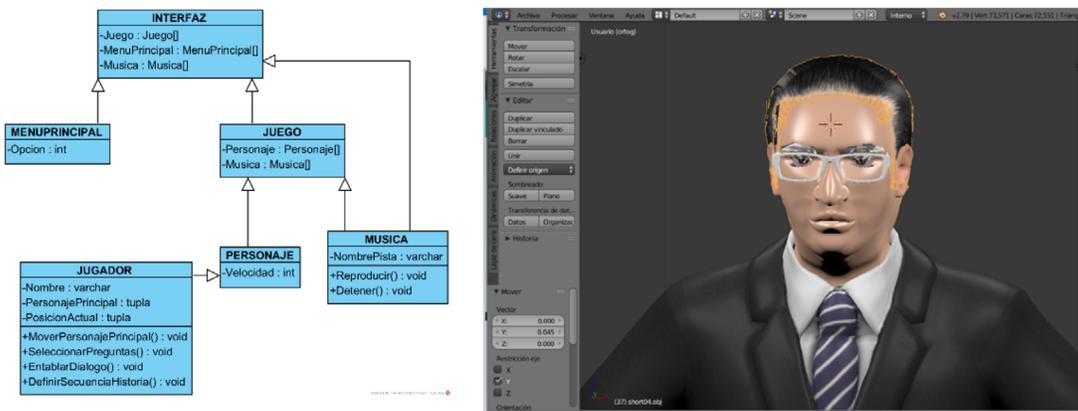


Figura 6.6 Diagrama de Clases y Modelado de Personajes en Blender
Fuente: Elaboración propia

En el Game Design Document (Documento de Diseño del Juego) se dejará asentado lo referente al diseño estratégico y a la historia del videojuego como los niveles, dificultades, background histórico del juego, los controles, las recompensas y los personajes.

El diagrama de GANTT es una herramienta que le permite al director del proyecto modelar la planificación de las tareas a través de una representación gráfica del progreso del proyecto, sirve de comunicación entre las personas involucradas en el proyecto. En la figura 6.7 se observa el Diagrama de Gantt con las tareas planificadas la implementación del Videjuego “ProjectGame” y el escenario del videojuego.

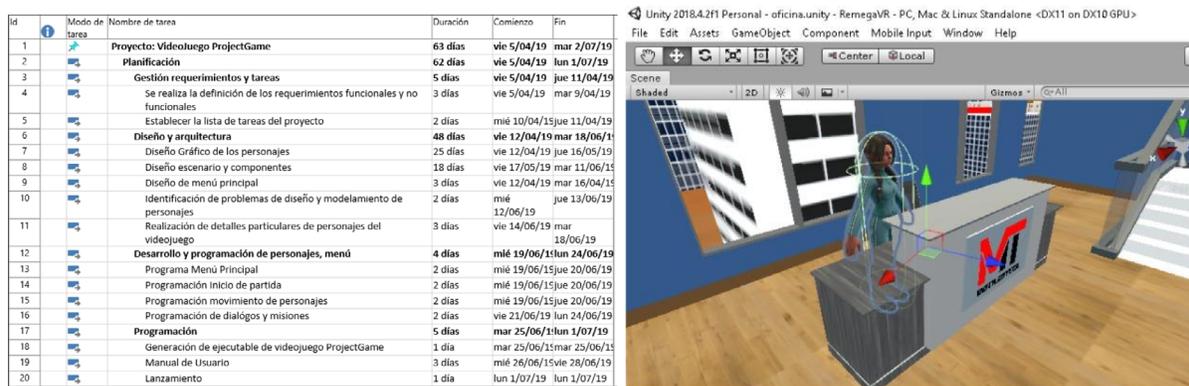


Figura 6.7 Diagrama de GANTT y Escenario ProjectGame

Fuente: Elaboración propia

5. DISCUSIÓN

Generalmente cuando se habla de realidad virtual, se piensa en un solo ejemplar de la misma, en el que el usuario se ve inmerso en un mundo ficticio sobre el cual puede tener influencia directa como si se tratase del mundo del que es nativo; a este tipo de realidad virtual se le conoce como interactiva y es la tecnología más vanguardista de la época, siendo impulsada por las industrias de los videojuegos y los teléfonos móviles, que son de las más poderosas de la época. Sin embargo, este no es el único tipo de tecnología de realidad virtual existente, ya que muchas otras expresiones de la misma que no son llamadas de ese modo, cuentan con los mismos atributos; de acuerdo con Bockholt (2017), también son consideradas como expresiones de la realidad virtual los videos lineales tomados por cámaras de 360°, las plataformas de exploración de mapas o entornos en los que se puede navegar y por supuesto las simulaciones interactivas en 3D.

Dentro de este mercado en crecimiento, una de las tecnologías con mayor popularidad es la Unity 3D, un motor especializado en videojuegos con compatibilidad para cualquier plataforma, de acuerdo con Morant Capellino (2017), el Unity 3D, cuenta con una ventaja significativa sobre su competencia directa, que es Unreal Engine y Cry Engine, debido a su amplia documentación, a pesar de que Unreal Engine cuenta con un mejor soporte en cuanto a la comunidad y mejores acabados fotorealistas, lo cual resulta conveniente para juegos de tipo shooter o con necesidad de detalles a la vista, pero no necesariamente para aquellos cuyo objetivo es el análisis o la estrategia.

Los videojuegos creados con Unity 3D y 2D, pueden ser jugados en consolas como Xbox 360 y One, Playstation, 3, 4 y Vita, Nintendo Wii y Wii U, así como iPad, iPhone, Android, Windows Phone, Oculus Rift, Gear VR y Playstation VR, entre otras opciones, por lo que le permite al público acceder al contenido sin complicaciones de acuerdo con sus posibilidades, tal como lo indica Pachón Cumbe (2016). Otras

ventajas de este motor, es que cuenta con un diseñador de niveles excepcional, que se nutre de los trabajos con licencia libre realizados por otros usuarios de la herramienta. Adicionalmente el store oficial de Unity, se encuentra disponibles modelados de personaje, entornos animaciones, texturas, archivos de audio y scripts, razón por la cual, cualquier usuario sin experiencia en programación, puede desarrollar un juego, a partir de la adición de elementos predeterminados.

Aunque la mayor ventaja que señala Pachón Cumbe (2016), respecto a Unity 3D, es la basta comunidad que existe alrededor de su plataforma, ya que, usuarios menos avanzados pueden ponerse en contacto con otros más experimentados, pudiendo solucionar cualquier inquietud o dificultad que pueda presentarse durante el diseño o implementación de un proyecto.

Así que dados los argumentos a favor de Unity 3D, y la comparación de este motor con las ventajas que ofrece su competencia, se ha determinado que esta opción cumple con todos los requisitos necesarios para desarrollar un videojuego de realidad virtual, que no requiere de trabajo a detalle en el aspecto visual, descartando de ese modo Unreal Engine. Además, como lo indica Cobo Fernández (2017), Unity no solo ofrece herramientas de desarrollo, sino también toda una estructura de apoyo para que los usuarios logren cumplir con sus objetivos eficiente y oportunamente, con espacios como foros, answers, issue trackers y feedbacks, por lo que no solamente se trata de un espacio de interacción entre el usuario y el motor, sino que también provee una especie de red social de desarrolladores, dispuestos a apoyar proyectos y aportar con sus propios métodos de optimización del uso de la plataforma.

El videojuego “ProjectGame” da cumplimiento al objetivo general de implementar una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de la asignatura modelamiento de sistemas de información, tópicos avanzados en ingeniería del software, de la facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad de Pamplona de la ampliación Villa del Rosario, dado que mediante este videojuego el estudiante puede jugar, divertirse y entretenerse mientras aprende de una manera diferente, atractiva y agradable dado que la interfaz del videojuego es llamativa y amigable.

6. AGRADECIMIENTOS

Los investigadores de la Universidad de Pamplona a través del Grupo de Investigación en Ciencias Computacionales “CICOM” y el Grupo de Investigación en Inteligencia de Datos y Computación “GIIDAC”, agradecen a la Universidad de Santander UDES campus Cúcuta y al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA colaborar con su conocimiento para realizar esta investigación.

7. CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada permitió apreciar datos relacionados con el aprendizaje por medio del juego y la implementación de la tecnología en este campo, demostrando que la educación se encuentra envuelta en medio de un profundo cambio estructural que desafiara las concepciones tradicionales de que lo significa enseñar y mucho más lo que significa aprender. Los estudios e informes consultados permitieron apreciar que los videojuegos tienen un efecto significativamente positivo en el desarrollo de ciertas competencias y capacidades, favoreciendo además el aprendizaje, debido a que son muy atractivos, por lo que el sujeto se ve motivado a participar en el mismo y por ende cumplir con las tareas encomendadas para finalizar el juego. Este nuevo modo de involucrar a los individuos en el

aprendizaje por medio de simulaciones entremetidas y emocionantes resulta mucho más efectivo que las acostumbradas clases magistrales en las que la atención y la motivación son muy bajas y el entendimiento de los conceptos abstractos resulta una tarea compleja.

Uno de los campos que mayores beneficios puede recibir de la implementación de herramientas virtuales y gamificadas dentro de su metodología de enseñanza, es el de la gestión de proyectos, ya que en la mayoría de los casos, a pesar de que fuentes como el PMBOK®, cuenta con definiciones, protocolos y ejemplos ideales, diseñados por expertos en la materia certificados por el PMI®, estos conocimientos no logran ser completamente entendidos a menos que se lleven a la realidad, lo cual implicaría tener que poner a prueba dichos contenidos durante la realización de un proyecto, comprometiendo recursos e intereses reales, que resultarían en potenciales pérdidas reales. Por esta razón resulta prometedora la opción de suministrar por medio de simulaciones en realidad virtual la experiencia en casos de gestión de proyectos lo suficientemente reales para que el futuro director, ingrese en el mercado laboral con un dominio completo de los conocimientos adquiridos y una capacidad adecuada de implementarlos en la realidad.

El avance de la computación y más aún, su orientación hacia la realidad virtual, ha llevado a aumentar las posibilidades de calidad que se le puede dar a un producto educativo, pues con la ayuda de los motores gráficos y la tecnología VR, se puede trasportar a los aprendices a una verdadera realidad simulada, en la que pueden cometer todos los errores en los que deban incurrir para perfeccionar sus habilidades, pues de acuerdo con Padilla Suárez, Venera Torres & Zúñiga Suárez (2016), los errores son necesarios en el proceso de asimilación de un conocimiento y representan la forma en la que la mente humana descarta conceptos y concepciones erradas, para llegar a adquirir aquellas que son correctas. Por lo que el Project Management Game VR (PMG - VR), es una transición necesaria, de la forma tradicional de enseñar, que ya no resulta efectiva ni ofrece conocimientos de calidad en todos los casos, a un proceso de optimización del aprendizaje por medio de la utilización de los recursos tecnológicos.

REFERENCIAS

- 1 Acerenza, N. COPPES, A. (2009). Una Metodología para el Desarrollo de Videojuegos. Universidad de la República. Uruguay.
- 2 Araya, J. (2017). Pokémon Go, un fenómeno inesperado. Investiga TEC, 4.
- 3 Archibald, R. (2016). Russell D: Archibald. Obtenido de <http://russarchibald.com/>
- 4 Ares, M. (2015). Videojuegos. Construye tu empresa en 10 pasos - 1a Edición. Editorial MARCOMBO. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- 5 Barato, J. (2015). EL DIRECTOR DE PROYECTOS A EXAMEN. España: Editorial Díaz de Santos.
- 6 Barco, C. G. (2014). CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR SCRUM COMO MARCO DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS. En U. S. Buenaventura. Cali.
- 7 Cano, I. (2011). Sistema de Realidad Aumentada aplicado a la Ciudad de Córdoba, Argentina. Cordoba: Universidad Tecnológica Nacional.
- 8 Climent, A. (2014). Aplicación de EVM a ruta crítica. Estudio de Caso. En U. P. Valencia. Valencia.

- 9 Diserta. (2016). Obtenido de Nolan Bushnell Ingeniero, inventor, "padre" de los videojuegos: <http://www.disertaconferenciantes.com/conferenciante.php?id=6>
- 10 Duch, J. T. (2011). Introducción a los Videojuegos. Barcelona, España: UOC.
- 11 Fernández, C. (2012). Desarrollo de la Mecánica y Dinámica de un Videojuego Serio 3D en Tercera Persona. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú.
- 12 García, Á. (2015). Sistema de simulación inmersiva con Oculus Rift y Wiift. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- 13 GBEGNEDJI, G. (2015) Project Manager's Essential Guide. <https://whatisprojectmanagement.wordpress.com/2014/07/24/5-1-planificar-la-gestion-del-alcance/>. (25 de Julio de 2015).
- 14 Gonzalez, T. (2014). Videojuegos para la transformación social. Aportaciones conceptuales y metodológicas. Deusto: Unviersidad de Deusto.
- 15 Hood, N. B. (1998). Multinational Corporate Evolution and Subsidiary Development. Springer.
- 16 Iglesias, A. B. (2011). Desarrollo de Videojuegos. En U. N. Luján. Buenos Aires.
- 17 Lafrance, J.-P. (1994). El juego interactivo: el primer medio de masas de la era electrónica. Consell de l'Audiovisual de Catalunya.
- 18 L, D. P. R., & S, C. M. M, (2010) Procesos y técnicas de ingeniería de Software para la Modelación de Videojuegos, (9), 54-66.
- 19 Maeso, A. (2016). Netmind. Obtenido de 6a edición de la Project Management Body of Knowledge® Guide 2017: <http://www.netmind.es/knowledge-center/sexta-edicion-de-la-guia-del-pmbok-del-pmi/>
- 20 Marrugo Martínez, R. J., & Rodríguez Lezaca, A. (2016) Descripción del proceso de adaptación de juegos populares colombianos en un videojuego, 83-98.
- 21 Morales, J. (2015). Serious games: Diseño de videojuegos con una agenda educativa y social- 1a Edición. Editorial UOC. Barcelona - España.
- 22 Mulcahy, R. (2009). Project Management Processes In: PMP Exam Prep., V. RCM Publications.
- 23 Muller, S. S. (2011). Historie von Augmented Reality Anwendungen. Institut fur Computervisualistik, Universit ""at Koblenz, 2.
- 24 Nuñez, R. (2014). Motor para videojuegos en HTML5, basados en tiles. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya.
- 25 Olivo, A. (2014). Plantilla para EDT. Raquel Ramos Nevado (Editor). Madrid - España.
- 26 [PMI, 2020]. La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute.

- 27 ProjectManager.com. (17 de 01 de 2016). Recuperado el 2016, de <https://www.projectmanager.com/gantt-chart>
- 28 Sutherland, J. (2011). Scruminc. Obtenido de Takeuchi y Nonaka: Las raíces de Scrum: <https://www.scruminc.com/takeuchi-and-nonaka-roots-of-scrum/>
- 29 Valero, H. (2011). Computación evolutiva aplicada al desarrollo de videojuegos: Mario AI. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- 30 Xifra, J. (2004). La gestión de conflictos potenciales como estrategia de comunicación corporativa: el caso Microsoft. ZER - Revista de Estudios de Comunicación, 77.
- 31 Zavala, J. (2004). ¿Por Qué Fracasan los Proyectos de Software?; Un Enfoque Organizacional. Congreso Nacional de Software Libre 2004, 7.



Sección 3.

Formación en ingenierías

Capítulo 7. Estrategia curricular en los programas de Ingeniería articulados con la formación para la innovación y emprendimiento.

Capítulo 8. Escenarios pedagógicos que aportan al desarrollo e innovación en currículos de ingeniería.

ESTRATEGIA CURRICULAR EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA ARTICULADOS CON LA FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y EMPREDIMIENTO

CURRICULAR STRATEGY IN ENGINEERING PROGRAMS ARTICULATED WITH TRAINING FOR INNOVATION AND ENTREPRENEURSHIP

Ph.D. JP Rodriguez*, MAP. MP Rojas Puentes*, I.C. JM Rodriguez*, Mag. Marling Carolina Cordero Diaz*, Mag. LF Bohórquez Chacón**

***Universidad Francisco de Paula Santander**, Facultad de Ingenierías,
Grupo de Investigación y Desarrollo de Software – GIDIS, Facultad de Ciencias Empresariales, Grupo de
Investigación contable, financiero y fiscal- GICOFF, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en
Transporte y Obras Civiles- GITOC, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
{judithdelpilarrt, pilarojas, jairomartinrt, marlingcarolinacd}@ufps.edu.co

****Universidad de Santander**, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación en Ingeniería de Software-
GISOFT-UDES. Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
le.bohorquez@mail.udes.edu.co

Resumen: Es una preocupación constante a nivel universitario por responder a la demanda del sector productivo y necesidades de los empleadores, para que los profesionales puedan desarrollar trabajos de manera interdisciplinar, que sean innovadores, emprendedores, que cumplan con requerimientos para el ejercicio de su profesión. La investigación es de tipo descriptiva donde se expone la situación que se presentan en las Facultades de Ingeniería y los comités curriculares quienes son los responsables de los diseños curriculares y de fortalecer las habilidades de los futuros profesionales para desarrollar trabajos interdisciplinarios, que sean innovadores, emprendedores, que respondan con requerimientos en el ejercicio profesional. La metodología se centró en un trabajo de campo, centrándose en el estudiante y orientado al perfil de egreso o título que se quiere alcanzar en una carrera profesional, sometiendo a un grupo de estudiantes de últimos semestres de programas de ingeniería evidenciándose que no todos los diseños curriculares presentan problemas y aspectos comunes como la estructura y el desarrollo curricular. Se encontraron asignaturas de manera aisladas y desarticulas entre sus componentes básico y el aplicado. Presentándose como oportunidad hacer una reingeniería de los procesos de enseñanza y aprendizaje en los currículos haciendo que estos sean más dinámicos y flexibles respondiendo a los diferentes estilos de aprendizaje y donde las tecnologías estén presentes.

Palabras clave: formación profesional, diseño curricular, desempeño profesional

Abstract: It is a constant concern at the university level to respond to the demand of the productive sector and the needs of employers, so that professionals can develop innovative interdisciplinary jobs, entrepreneurs, that meet the requirements for the exercise of their profession. The research is descriptive in which the situation presented in the Faculties of Engineering and in the curricular committees, which are responsible for curriculum designs and for strengthening the skills of future professionals to develop interdisciplinary, innovative, entrepreneurial works is presented, which respond with requirements in professional practice. The methodology focused on fieldwork, focusing on the student and oriented to the postgraduate profile or degree to be performed in a professional career, subjecting a group of students in the last semesters of engineering programs, demonstrating that not all design curriculum problems and common aspects such as structure and curriculum development. Subjects were found in isolation and disarticulated among their basic and applied components. Presenting itself as an opportunity to redesign

teaching and learning processes in processing plans, making them more dynamic and flexible, responding to different learning styles and where technologies are present.

Keywords: professional training, curriculum design, professional performance.

1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo es fruto de un trabajo que se viene desarrollando durante más de 2 años de trabajo intenso; el cual ha sufrido transformación y dejando como producto de experiencias e intercambios en Instituciones de Educación Superior (IES), (JP Rodríguez 2018). En este capítulo del libro hace una reflexión acerca del currículo basado en capacidades innovadoras de los profesionales en ingeniería. Se presenta una síntesis de los retos que deben afrontar los profesionales de ingeniería, se presenta una guía para la construcción de un diseño curricular para la enseñanza en Ingeniería.

No obstante, su importancia, las investigaciones sobre las competencias ha suscitado el interés en tener una mirada en las capacidades como elemento fundamental en el proceso formativo. Dónde el referente central en el diseño curricular es identificar el perfil de egreso en términos referentes a aspectos internos y externos. Para el caso de los graduados estas competencias profesionales se concretan en un desempeño laboral exitoso.

Si bien es cierto que hablar de competencia es complejo, el desempeño se puede ver como una habilidad de umbral, es decir, se encuentra en una cima, mientras que las competencias del ámbito cognoscitivo y actitudinal serían ocultas a la observación, estas serían competencias diferenciales, mientras que el conocimiento y actitudes son el medio para tal fin.

Es una preocupación constante a nivel universitario atender a la demanda del sector productivo y necesidades que hacen los empleadores, para que los profesionales puedan desarrollar trabajos de manera interdisciplinar, que sean innovadores, emprendedores, que respondan con requerimientos en el ejercicio profesional se ha convertido en una exigencia y que aporten al desarrollo económico de la región. Esto ha generado una revisión sentida de los Comités Curriculares de los programas académicos (JP Rodríguez 2018), en el rediseño curricular y a la Universidad en una revisión de su función en la sociedad.

De allí, que repensar en un currículo innovador para la enseñanza en Ingeniería, que forme profesionales integrales para el futuro, ingenieros innovadores y con capacidades de enfrentar la situación que se presenta en este mundo cambiante se convierte en un reto.

2. MARCO TEÓRICO

Actualmente la formación profesional cobra relevancia al examinar las causas y efectos de las reformas educativas vienen dando en América Latina, esto ha traído un impacto en los temas de calidad en la educación (Ganga F, González A y Velásquez C, 2016). En este contexto, cada vez se reflexiona más como innovar en los modelos formativos, donde el eje clave son las competencias y articuladas con el

currículo del docente del siglo XXI. Buscando así, optimizar el desempeño de los profesionales basado en los resultados, en las evidencias y donde el estudiante es el centro del proceso de aprendizaje (Delors, J. 1995).

Varios autores e intelectuales utilizan como referencia el Bolonia y Tuning-2003, propuestas como la de Delors son tenidas en cuenta como los modelos basados en competencias puestos son la oportunidad para la formación profesionalice. El Proyecto como el de Tuning han tomado las competencias con una metodología validada y confiable, donde los instrumentos aplicados a los graduados, empleadores, docentes, estudiantes y expertos (Proyecto Sócrates, 2003 de la Universidad de Deuste) ha sido un éxito. Tendencias que han sido ampliadas desde otras perspectivas, las cuales se vienen imponiendo desde la administración del estado, tal como se ha venido imponiendo en el Banco mundial y regiones de América Latina y el Caribe. Mirando las innovaciones realizadas y las futuras ayudan a obtener antecedentes importantes para la misma concepción de la competencia y su potencialidad que permita optimizar los procesos formativos.

En el enfoque de las competencias nace del conductismo de sus resultados y del constructivismo en los procesos; pero la concepción de competencias integra concepciones epistemológicas relacionadas *al saber, saber hacer y saber ser*, es decir, articulando e integrando saberes cognitivos y declarativos a la información (Macchiarola, V. 2007); al saber procedimental relacionado con las destrezas, la disposición y valoraciones de las personas, lo que hace de la disciplina en el ámbito profesional.

2.1 Diseño curricular

En los diseños curriculares las habilidades que se quieren de los ingenieros deben ser elaborados para conocer y describir el perfil profesional. Su estructura va a depender de las condiciones políticas, técnicas, la manera como se organiza y estructura la malla curricular y decisiones que a nivel institucional se opten en el diseño curricular determinado; sin olvidar el objetivo de formar ingenieros que aporten a la región y economía del país.

En la elaboración del diseño curricular (ver Figura 7.1) se vinculan acepciones como el origen, la utilidad, la importancia, enfoques y modelos curriculares; reemplazando así al concepto tradicional de plan de estudios.



Figura 7.1 Actividades en el diseño curricular
Fuente: Elaboración propia

2.2 El concepto de competencia

Hay una diversidad de interpretaciones conceptuales y de término relacionados a competencias y su construcción ha sido definida por diversos enfoques y autores; la comprensión de estas, los profesionales las enmarca en función de lo teórico y lo analítico del creando el concepto visto desde la mirada de la educación superior y desde el ámbito laboral.

Desde el ámbito educativo (Vargas, 2006) se centra en integrar: capacidades, habilidades, actitudes, entre otros, y una acumulación de conocimiento. Mientras en el mundo de la sociedad de la información y del conocimiento, este nace en el mundo laboral para responder a las variaciones que se evidencian actualmente en el mundo, complejos, flexible e inestable y con mayor inclusión de la tecnológica. Estos mundos, acumulan conocimientos, alrededor del término de competencia; permitiendo diferenciar lo que un agente debe saber y lo que el realmente sabe hacer.

Se pueden identificar como un referente en mundo de la educación a: Garcia y Tobón (2008), Navio (2005), Sanz de Acevedo (2010), Rodríguez (2006), Perrenound (2010); Meretns (2006), Bink (1994), quienes centran su interés al ámbito laboral.

Se plantea que quienes poseen capacidades profesionales disponen de conocimientos, destrezas y aptitudes para ejercer una profesión (Bink, 1994) y hay quienes pueden resolver un problema de manera autónoma y están capacitados para colaborar con el entorno profesional y en la organización (Mertens, 2006).

De otra parte, se ha planteado una serie de cuestionamiento al proceso de formación bajo este enfoque (Sladog, (2000), algunos son: Ideológica, Pedagógica, Política, Productiva y Metodológica. Lo cierto es, que asumir un diseño curricular conlleva a un compromiso político, cultural y tecnológico, donde se definen los contenidos y conocimientos de la comunidad académica, la formación del relevo profesional (Maldonado, 2010).

2.3 Concepto de innovación

Este concepto que ha sido tomado por varios autores y entendido como el proceso de ser creativos permitiendo que la economía evolucione. Caronell (Cañal de León 2020) plantea que la innovación educativa agrupa ideas, procesos y estrategias que se introducen en los currículos y permite hacer cambios en la práctica educativa.

Retomando el concepto, la innovación se refiere hacer un cambio o novedad de algo y donde se aplica nuevas ideas, productos y servicios con el objeto de hacer útil el cambio y sea productivo, ver la Figura 7.2, definiciones que han sido tomadas dependiendo del contexto en que se utilice.

Esta definición ha sido tomada en la transformación de conocimiento, que inicia cuando se genera la idea y termina cuando se ha implementado una mejora de un producto o servicio y de esto se obtiene un producto que puede ser un servicio, un proceso o una estructura. Lo anterior, enmarcado en encontrar oportunidades donde las soluciones satisfacen a la sociedad.



Figura 7.2 Innovación y Gestión del Cambio
Fuente: Elaboración propia

En el Manual de Oslo 5ª Edición se describe la innovación como un nuevo servicio o una mejora de un producto de un proceso, de un método comercializado o procedimiento utilizado en las prácticas de una organización, ver Figura 7.3.



Figura 7.3. Innovación y Gestión del Cambio
(Manual de Oslo 2005)

2.4 Formación profesional y orientación práctica

Si bien es cierto que el mundo en la vida universitaria y el mundo laboral se pueden abordar durante el tiempo, existe una relación entre educación y el empleo, el cual gira alrededor de la necesidad de unir la teoría con la práctica. La teórica se aprende en las aulas universitarias, mientras que en la formación práctica profesional se aprende y adquiere en gran medida durante la transición de la universidad y el empleo. Estos aportes obedecen de la orientación de la práctica y del perfil, como se ilustra en la Figura 7.4.

Lo anterior, hace parte de los resultados de la investigación donde se describe que los estudiantes y egresados realizan prácticas y esta es una actividad que propicia vivencia significativa, puesto que saber hacer no es suficiente, siendo necesario tener un sentido profesional.



Figura 7.4 Competencias Profesionales

Fuente: Elaboración propia

2.5 Modelos de formación por competencias

Actualmente se encuentran varios modelos de formación por competencias en universidades (García, 2008). A continuación, se hace una síntesis de tres modelos: el alemán, el inglés y el norteamericano.

2.5.1 Modelo Inglés. Propuesta por Drummond, Nixon & Wiltshire - 1998

Los autores plantean para el desarrollo de capacidades en el currículo: 1. Desarrollo integrado. 2. Desarrollo paralelo y 3. Trabajo basado en proyectos.

1. Modelo desarrollo integrado: En este modelo hacen énfasis a las capacidades desarrolladas transversalmente en el currículo. Ocurre durante el paso del estudiante hasta la graduación, donde su formación se pueden mapear las habilidades progresivas y no progresivas y el desarrollo de proyectos. Su visión es integrada y tiene como ventajas intrínsecas más apreciables que sus alternativas.

2. Modelo desarrollo paralelo. Se centra en el desarrollo de capacidades obtenidas al realizar módulos o asignaturas en paralelo, que no se encuentran vinculados de manera directa con el currículo, un ejemplo es programa de tutorías dados a los estudiantes.

3. Modelo Trabajo basado en proyectos. Los estudiantes desarrollan las habilidades en cuanto a innovación, comunicación, claves de cara a la empleabilidad, se requiere que le dedique un tiempo en su desarrollo y en su práctica.

Estos modelos encierran características compatibles al ser aplicados con otros modelos, el cual se asemeja a la realidad que se vive en las instituciones de educación y que se adaptan según sea el contexto de cada disciplina.

2.5.2 Modelo estadounidense - U.S. Departamento de Educación - 2002

El Departamento de Educación de los Estados Unidos de Norteamérica -2002 crea un marco de referencia a las iniciativas por capacidades de la educación superior. Se identifica aquí las entradas a la formación, el paso o transición a lo largo de la carrera y el egreso de la carrera.

El modelo se basa en aportes y resultados de los estudiantes (Vororhess 2001) destacándose los siguientes componentes:

- Atributos de la persona y capacidades que posee.
- Destrezas, habilidades y conocimiento que se desarrollan según las experiencias de aprendizaje (en aula, hogar, comunidad, entre otras).
- La evaluación de la ejecución de las habilidades.

2.5.3 Modelos de desarrollo competencias genéricas

En universidades australianas (Chanock 2003), el modelo lo han implementado obedeciendo a razones como la rendición de cuentas y la empleabilidad así:

- Realizar una evaluación de competencias a los graduados con pruebas psicométrico desarrollado
- Integrar las habilidades generales y el aprendizaje de la titulación
- Construir módulos donde se forme conciencia al futuro graduado acerca de las competencias
- Construir una matriz de habilidades genéricas de los graduados de todas las asignaturas de la malla curricular, identificando dónde y cómo se enseña.

2.5.4 Modelo propuesto por Bonnet, Dunne y Carre - 1999

Modelo propuesto por Bonnet, Dunne y Carre desarrolla un marco de referencia compuesto por cuatro habilidades genéricas de gestión, estas pueden ser aplicadas a cualquier disciplina universitaria, se describen algunas de ellas.

Gestión de uno mismo:

- Manejar el tiempo
- El cómo establecer objetivos
- Ser responsable de su propio aprendizaje
- Saber emplear habilidades académicas (análisis, síntesis, argumentación)
- Planear y trabajar alrededor de objetivos (medios y largo alcance)
- Manejo de estrés

Gestión de los otros:

- Respeto de valores y opinión de los otros
- Trabajar de manera cooperativa
- Adaptación a la necesidad del grupo
- Tomar iniciativas y liderar

Gestión de la información:

- Empleo de recursos e información apropiados y buen uso de la tecnología
- Presentar ideas e información competentemente
- Utilizar la información en forma innovadora y creadora

Gestión de las tareas:

- Identificar temas claves
- Conceptualizar temas
- Identificar opciones estratégicas a usar y desarrollar estrategias apropiadas
- Evaluar resultados

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación realizada se centró en un trabajo de campo, centrándose en el estudiante y orientado al perfil de egreso o título que se quiere alcanzar en una carrera profesional, pretendiendo analizar las necesidades que enfrentarían ante la sociedad, empresarios y organizaciones de carácter profesional. Para ello, se recogió información acerca de las experiencias vividas por los directores de programas y estudiantes de los últimos semestres de los programas de ingeniería que ayudan a determinar características específicas. Asimismo, se empleó la observación directa como un método que ayudo a estudiar el ejercicio realizado por cada comité curricular en el diseño curricular; obteniendo resultados que pueden ser replicados en otros estudios. Como el estudio se llevó a un grupo de graduados y estudiantes se analizaron los diferentes comportamientos de los sujetos de estudio y los instrumentos aplicados ayudaron a entender mejor las competencias y habilidades que se evaluarían. La investigación se realizó a nivel descriptivo y explicativo inspirado en la investigación del proyecto "Turing".

3.2 Diseño de investigación

La investigación que se desarrolló fue descriptiva donde se quería exponer la situación que se estaba presentando en gran parte por los graduados de carreras de ingeniería las situaciones y hechos que

giraban alrededor de los antecedentes de trabajo, así como definiciones. Se sometió a un grupo de estudiantes de últimos semestres de programas de ingeniería quienes suministraron información y un grupo de graduados, información relevante, sin manipular o controlar. Igualmente, se emplearon datos secundarios, provenientes de fuentes documentas.

3.3 Población y muestra

La población consistió en 176 estudiantes y graduados de tres carreras de ingeniería y la muestra se conformó por 74 estudiantes de último semestre y 102 graduados, fue un muestreo no probabilístico, donde la percepción de las competencias de los estudiantes y graduados de Ingeniería es importante y necesarias para el desarrollo de nuevos programas basados en competencias.

3.4 Materiales y métodos

Para lograr el objetivo alcanzado como la confiabilidad y validez de los resultados se elaboraron y aplicaron instrumentos para medir del cuestionario la percepción de las competencias y habilidades que se tenían en los diferentes programas de ingeniería.

3.5 Desarrollo de trabajo de campo

Para el trabajo se hizo necesario revisar las habilidades y competencias en el momento de diseñar y evaluar un currículo, el fin de realizar cambios necesarios para su actualización y así rediseñar un currículo que articulara una la formación humanística, social, pedagógico, ambiental, investigativo, innovación, sin olvidar el perfil del graduado. Para la investigación se tomó como un referente el Proyecto Turing, con el objeto de tomar aspectos importantes al desarrollar programas académicos que puedan ser comparables. Este proyecto facilitó relacionar el conocimiento y trabajar por las áreas temáticas de los programas académicos, de acuerdo a los perfiles profesionales y académicos deseados.

La idea de trabajar con el Proyecto Turing era poder obtener de los estudiantes el conjunto de competencias sin que afectara lo definido en los objetivos establecidos en los programas académicos, ya que se obtienen indicadores que permiten ser medidos, permitiendo guardar una relación con las necesidades que se abordan en la sociedad en cuanto al empleo. El trabajo de campo se enfocó en un análisis a nivel de los estudiantes de últimos semestres, se describieron las competencias y habilidades que se evaluarían (diseñar el instrumento) y a nivel laboral se enfocó a los graduados. Se empezó por el perfil de egreso y seguidamente se hizo necesario aplicar los instrumentos a la población muestra y obtener los resultados. Posteriormente se consolidaría el perfil de egreso y así conocer, que las competencias habilidades son tan importantes como elemento que guía cuales son los conocimientos indicados que apoyarían el diseño curricular.

3.5.1 Diseño del instrumento

Para cumplir con el fin propuesto se agruparon profesores conocedores del currículo del programa académico (comité curricular) quienes eran los encargados de definir el perfil del graduado. Los comités curriculares se encuentran liderados por el director de carrera y por profesores representando las áreas:

socio humanística, profesional y básica, también lo integran: el representante por los estudiantes y el representante de los graduados; siendo el Comité el responsable directo de la actualización del diseño curricular, elaboración y entrega de documentos ante las instancias respectivas. Para ello, se hizo necesario capacitar a los integrantes del comité con el objeto de que dominarán el tema a tratar, se hicieron aportes en las sesiones de trabajo y se redactaron conclusiones en consenso y acuerdos para dar continuidad al trabajo.

Se analizó la Misión y Visión de la Institución, se revisó el perfil del graduado, se analizaron las características de los estudiantes de cada programa de ingeniería, valores, aptitudes, las capacidades, características competitivas e innovadoras.

También fue necesario realizar una autoevaluación de los programas (se desarrollaron y aplicaron instrumentos), un diagnóstico para detectar las bondades, oportunidades, debilidades con las que contaban los programas.

3.5.2 Análisis e interpretación de datos

Se trataron los datos siguiendo un análisis estadístico tradicional, permitiendo obtener resultados e identificar las habilidades y competencias de desempeño profesional de la población estudiada. Se hizo necesario tratar y depurar la información recolectada permitiendo hacer la comparación de la oferta formativa.

El diagnóstico realizado inicialmente permitiendo determinar las habilidades y competencias de los estudiantes y graduados. Se identificaron las fortalezas y debilidades que se presentaban en los programas académicos, se definieron perfiles de egreso, apoyándose del análisis de la misión y visión y objetivo del Programa, se identificaron las competencias a evaluar (reflejan las necesidades del perfil de egreso). Seguidamente, se analizan las capacidades en la construcción del diseño curricular.

Se describen algunos de los resultados:

- Docentes con conocimiento amplio en su área de conocimiento
- Trayectoria en la formación de profesionales a nivel regional
- Formación sólida de valores y ética
- Respeto entre compañeros y docentes
- Divulgación de oferta de empleo
- Reconocimiento en la región en el ámbito educativo
- Repetición de asignaturas
- No hay continuidad en algunas asignaturas
- Falta de doble titulación
- Falta de asignaturas de inglés
- Escases de mujeres en los programas de ingeniería

Esta problemática se ha venido mejorando a nivel de los programas de ingeniería con los procesos de actualizaciones que se han presentado durante los últimos años en el país.

Igualmente, al trabajar con el proyecto Turing se listaron las competencias con una correspondencia con temas propios que identificaran a los programas de ingeniería. Se clasificaron en instrumentales, sistemáticas, e interpersonales. Fue necesario agrupar por programa académico las características que el proyecto Turing enuncia e incluir competencias a nivel del desempeño ético y responsabilidad social. Se realizó una correlación entre ellas y se clasificaron para obtener un listado único en cada área que conformaban cada programa académico; posteriormente se revisaron y cruzaron estos listados para obtener un solo listado único de competencias, se dejó claro a cada comité curricular que estas debían relejar las necesidades del perfil del graduado de la institución al igual de cada programa académico.

Estas competencias se agruparon de tipo:

- **Competitivas:** Tomar decisiones, análisis y síntesis, capacidad de comunicarse, resolver problemas, investigación, capacidad oral y escrita, entre otras.
- **Competencia:** Capacidad de aprender, Liderazgo, ético, de trabajar en contexto regional-nacional e internacional, iniciativa innovador y emprendedor, capacidad de aprender, organizar el tiempo, capacidad de delegar, negociación, capacidad de adaptarse en nuevas situaciones, entre otras.
- **Desempeño ético y responsabilidad social:** respeto a la diversidad, responsabilidad social, motivación por el trabajo bien hecho, etc.

Identificar las habilidades y competencias fue una alternativa para la formación de los profesionales de ingeniería, en este proceso la formación empieza a operar como una transformación donde las habilidades y capacidades son transversales a todo el currículo (Avolio, 2004). En el diseño curricular se detallaron todas las habilidades y capacidades a desarrollarse en los procesos de formación de cada programa académico, para que pueda obtener competencias suficientes para que en el futuro pueda desenvolverse con facilidad en cualquier ambiente de trabajo.

Al tener el listado de las competencias anteriormente descritas se enumeraron las 28 competencias identificadas y se les asignaron un número y color para identificarlas (hacer mas simple el trabajo) y se agruparon de manera que al ser distribuidas se pueda tener el perfil de egreso deseado.

Se recomendó promover una enseñanza donde se privilegie cómo se aprende, la flexibilidad y el trabajo en equipo. Las competencias abordadas (Tobón, 2005) deben darse desde un dialogo entre:

- Las necesidades del mercado laboral empresarial y profesional
- Las necesidades de la sociedad
- La administración y afianzamiento de lo ético.

Esto implicaría que su construcción se debería presentar a través del proceso enseñanza y aprendizaje, donde la relación es cada vez más delgada entre sociedad y la universidad. En el ámbito de las habilidades profesionales es un “saber hacer” complejo, que reúne conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que garantice eficiencia de un ejercicio profesional responsable. En este sentido, la habilidad como profesional se expresa en un alto grado de generalización y modo de actuar como profesional.

Además, se plantearon necesidades de explorar nuevas formas educativas, donde los esquemas abiertos y a distancia sean tenidos en cuenta, compartir recursos, las tecnologías se usen y apropien en los procesos de enseñanza y aprendizaje e incorporar nuevos métodos de enseñanza. Esto significaba un cambio en los diseños curriculares donde la innovación no solo se quedará en los libros sino en el actuar.

4. RESULTADOS

Se evidencio que no todos los diseños curriculares presentan problemas y aspectos comunes como la estructura y el desarrollo curricular. Se encontraron asignaturas de manera aisladas y desarticulas entre sus componentes básico y el aplicado.

El trabajo realizado señaló que la formación de los ingenieros en sus currículos en cuanto a capacidades innovadoras es poca, siendo esta la capacidad de ser y hacer, oportunidad para desarrollarse como persona. Si bien es cierto, los ingenieros deben ser transformadores, creativos y emprendedores.

Se revisaron aspectos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, determinando la necesidad de incorporar las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), Tecnologías para el aprendizaje y el conocimiento (TAC) y las Tecnologías para el empoderamiento y la participación (TEP) en estos procesos educativos; aspectos que hay que trabajar posteriormente con el profesorado.

Es claro, que la educación superior se ha enfrentado a dificultades y muchos de los estudiantes que ingresan a carreras de ingeniería, no ingresaron por que querían estudiar estas carreras, mas sin embargo, las cursan sometiéndose a actividades tanto obligatorias como opcionales pero con intensidades horarias que desestabiliza al estudiante con unos contenidos intensos.

El diagnostico también permitió conocer la necesidad de empezar a fortalecer el espíritu de emprendimientos e innovación en el quehacer diario. Tarea que no fue fácil, porque era necesario hacer cambios y reformas a nivel institucional y curriculares que despierten y hagan reflexionar a la comunidad académica, realizar discusiones al interior de los comités curriculares siempre que no se afecte el aprendizaje y se estimule el desarrollo de autonomía de los estudiantes.

4.1 Concepciones del diseño curricular desde el perfil profesional

A partir del perfil profesional (Avolio, 2004), el desempeño esperado de una persona en un área ocupacional resolvería problemas que se presenten. Esto responde, al escenario de un trabajador con capacidad de resolver problemas y propone mejoras para solucionarlos, tomar decisiones e involucrándose en el proceso de la planificación de sus actividades. Por otra parte, responde a estudios del aprendizaje, donde se propone una organización favoreciendo no solo el aprendizaje significativo, sino poder consolidar los procesos que estén articulados y fortalezcan la formación en innovación en ingeniería promoviendo el desarrollo de competencias de emprendimiento que sean declaren en el perfil del graduado.

Se debe promueve que se articulen las exigencias del mundo productivo y la formación profesional. A nivel de general del currículo, lo integran las competencias de los graduados, la planificación y estructura del plan de estudio. Independiente de cuál sea el modelo que seguir, se debe tener presente, que la mirada está dirigida en el estudiante, donde el docente es un guía y debe pensar en cambios en sus procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ahora bien, en el proceso formativo, las habilidades y competencias son un elemento fundamental, giran alrededor de la formación profesional y el desarrollo de estas en los graduados para un desempeño efectivo. Para ello, se determinaron las siguientes características:

- Crear un perfil orientado en el proceso formativo.
- Identificar las habilidades y capacidades que van a constituir a partir de los objetivos generales del diseño curricular.
- Desarrollar un enfoque donde se integre las dimensiones a tratar.
- Integrar las capacidades, contenidos declarativos, procedimentales y actitudinales, la teoría, la práctica, las evaluaciones.
- Adoptar en el desarrollo un enfoque de enseñanza y aprendizaje significativo.
- Establecer capacidades, las que deberán adquirir durante su formación, consolidar el aprendizaje de las asignaturas.
- Definir estrategias pedagógicas que fortalezcan el currículo y la formación de ingenieros éticos, con un compromiso al desarrollo del país, con fundamentos científicos y técnicos, e ingenieros con conciencia frente al manejo sostenible de los recursos.
- Reconocer el desarrollo y apropiación de las TIC-TAC-TEP, la virtualización, la innovación, la globalización y todos los actores nuevos de la educación en ingeniería.

4.2 Planificación diseño curricular

Para una propuesta curricular debe ser claro la dinámica entre los saberes técnicos (adquisición de los conocimientos disciplinares) que será aplicado y la adquisición de los saberes metodológicos capacidad o aptitud para realizar procedimientos y operaciones en diferentes prácticas. La definición de los núcleos básicos de la educación, la cultura y sociedad son los núcleos transversales de estas propuestas curriculares; estos permitirán integrar la formación básica con conocimiento disciplinar del área socio humanístico y con la formación específica de la carrera universitaria por medio de las didácticas específicas y disciplinares, relacionadas con el núcleo transversal de la investigación y la práctica profesional. (Pérez, 2014b, p. 11)

Lo mencionado, requiere garantizar los problemas que resolvería los profesionales en los diferentes sectores de interés públicos y privados. En este sentido el uso de las Tecnologías de información y Comunicación -TIC le permitiría que la formación de los profesionales de respuesta a las problemáticas de la región y del país. Se hace necesario también, priorizar las experiencias significativas de aprendizaje desde la reflexión, la práctica y la realidad que se vive, así como el aprendizaje colaborativo, la comprensión y confianza entre sus colegas (González, 2014).

Para las universidades la formación profesional en ingeniería ha sido calificada por la misma comunidad universitaria, por el mercado laboral, por los entes de acreditación, entre otros; siendo un compromiso su vinculación con la sociedad. Es por ello, que al construir un currículo este debe estar organizado desde la mirada de los humanístico, pedagógico, investigativo, ambiental y social, respondiendo a los retos de la globalización del conocimiento, la ciencia y la tecnología.

Debe ser discutidos en los programas de ingeniería, como se adecuará a las necesidades locales y regionales actuales como las futuras. Siendo entonces revisar la estructura curricular, los contenidos garantizando una formación integral.

4.3 Identificación del objeto de estudio

Es importante identificar el objeto de estudio determinado por los aspectos que establece lo que se estudia (programa académico), su quehacer y fines en el campo educativo, la formación profesional. Se

estudian las teorías filosóficas, el desarrollo de pensamiento, epistemología, las corrientes pedagógicas, tendencias y enfoques pedagógicos y metodológicos, sin perder de vista la ideología de género, la inclusión, los derechos, la interculturalidad.

Para el perfil de competencias de egreso es necesario considerar aspectos del contexto institucional que los condiciona (Solar, 2005).

- Competencias genéricas y competencias específicas en términos de resultados de aprendizaje
- Contenidos y estructura curricular (módulo, micro currículo)
- Proceso de enseñar y el proceso de aprendizaje
- Las actividades educativas que alcancen los resultados de aprendizaje
- La evaluación de estos resultados (rubricas, instrucciones entre otros)

Paralelo a este ejercicio se plantea la necesidad de formar a los estudiantes de ingeniería en desarrollar habilidades de comunicación desde lo gráfico, oral y escrita.

El acercamiento cada día de la universidad con la industria es más necesaria, promover y promocionar las capacidades que los graduados deben tener en cuanto a crear proyectos que favorezcan a los estudiantes y a la misma empresa, el servicio que prestan en laboratorios, las consultorías, pasantías y prácticas empresariales son vitales para ir estructurando el perfil de egreso.

En este orden de ideas, los currículos de ingeniería deben asegurar que los futuros ingenieros adquieran habilidades en el manejo de hardware y software, análisis y síntesis, que evalúen y presenten alternativas de solución. De manera similar, la formación en innovación y emprendimiento debe ser una estrategia para desarrollar estas habilidades, por lo tanto, pensar que el profesional que se quieren formar.

Sumando lo anterior se permite tener un conjunto de requerimientos que ayudarían a crear el perfil de egreso.

Una vez se ha identificado el objeto de estudio y requerimientos de ingreso y egreso es fundamental iniciar la formulación del currículo basado en competencias: conocimientos, habilidades y actitudes. Para ello, se hace un comparativo entre los elementos que constituyen una competencia y los contenidos que se han clasificado. Posteriormente se vinculan los contenidos conceptuales, las habilidades con los contenidos procedimentales y las actitudes con los contenidos actitudinales.

Se recomienda agrupar las competencias en las asignaturas o unidades y a partir de estos se planifica su adquisición (Yaniz y Villardón, 2006), una matriz de competencias es de mucha ayuda para las asignaturas, allí se debe indicar las acciones a trabajar para cada una de las competencias tanto específicas y generales. Igual, los indicadores de logro deben acompañar a cada competencia, permitiendo identificar el nivel de complejidad del alcance que se requiere. La Figura 7.5 se presentan algunos elementos que debe entregarse en el proceso del diseño curricular.

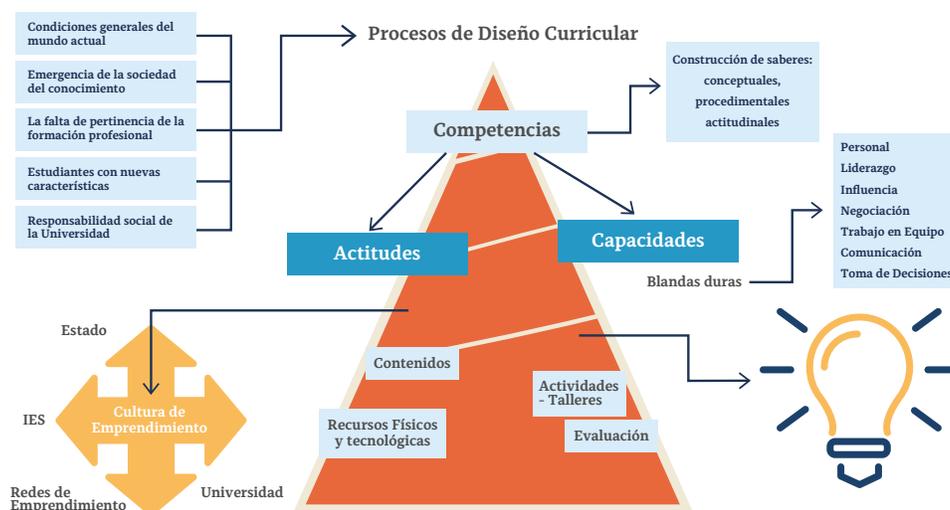


Figura 7.5 Elementos a integrar en el proceso del diseño curricular en ingeniería
Fuente: Elaboración propia

4.4 Identificación de requerimientos de egreso a la universidad

Son elementos claves en el diseño curricular, los componentes pedagógicos-didácticos y la práctica educativa: Los objetivos, los contenidos, la metodología, las secuencias de contenidos y de materiales, los criterios de enseñanza y aprendizaje, la evaluación. Se sugiere seguir las siguientes tareas:

- Identificar las competencias que harán parte en la construcción de los objetivos de formación.
- Analizar las competencias e identifique los componentes (conocimientos, habilidades y actitudes)
- Identificar las asignaturas o módulos y de que manera el docente va intervenir (como va a desarrollar los contenidos, habilidades y actitudes), se recomienda elaborar una matriz de competencias
- Formular los objetivos de aprendizaje
- Proyectar los objetivos relacionados al aprendizaje y el desarrollo de habilidades, estrategias de aprendizaje y enseñanza y la evaluación de las competencias

Son claves para la planificación de estas actividades, el trabajo entre docentes y coordinadores de programa (Águeda y Cruz, 2005). La construcción del diseño curricular articula características, necesidades de formación y las perspectivas de las prácticas profesionales con el proceso formativo.

Las tendencias tecnológicas, la investigación y los ejercicios de innovación deben marcar la línea a seguir para construir el objeto de estudio de los futuros ingenieros.

4.5 Organización del curriculum

Para la organización del curriculum debe asignar a cada unidad curricular, el número de horas de trabajo presencial del estudiante que debe realizar y el trabajo independiente. Se calcula en proporción de horas que corresponden a los créditos determinados. La planificación del tiempo como el contenido y el tipo de actividad se realiza desde la perspectiva del trabajo del estudiante, la definición de las competencias debe dar respuesta sobre lo qué hace el estudiante, cómo lo hace, cuándo y para qué. Se recomienda desglosar una competencia para facilitar la formulación de objetivos que se trazó la carrera.

Identifique las áreas de formación en relación a las competencias propuestas. Se pueden definir desde la perspectiva disciplinar o desde temáticas u otro tipo de perspectiva, la Tabla 7.1 representa este cruce entre las áreas de formación vs competencias haciendo hacer visible que áreas contribuyen al desarrollo de las competencias propuestas.

Tabla 7.1 Áreas de formación vs competencias
Fuente: Elaboración propia

Competencias	Área 1	Área 2	Área 3
Competencia 1		X	X
Competencia 2	X	X	X
Competencia 3	X		X
Competencia 4	X	X	
Competencia 5		X	X

Una vez tenga las áreas de formación crúcela con los contenidos empalmados con las competencias y sus indicadores de logro; estas deben estar acordes con la lógica y transversales en el diseño curricular. Similarmente es necesario tener claro las capacidades de innovación a nivel universitario, puesto que tienen como fundamento el desarrollo humano. A partir de lo anterior y conociendo lo que debe ser capaz el ingeniero se apoyaría a tomar matices para tomar una postura a su formación.

Articular la relación entre las competencias y los indicadores de logro. Una vez se tiene lo anterior, el paso a seguir es articular la relación entre las competencias y los indicadores de logro para continuar con los contenidos pertinentes. Esto se constituye la primera aproximación para establecer un diseño curricular. La clave de lo expuesto es tener clara las competencias como asociarla a cada contenido, seleccionar el indicador de logro y empezar a planificar la didáctica y evaluación.

Para planificar la didáctica es importante que cada docente realice una planeación de las actividades que debe seguir de acuerdo a la metodología que va a desarrollar, teniendo en cuenta las competencias, el nivel y alcance de estas según el contenido respectivo, enmarcado a nivel institucional y al cumplimiento de las en actividades pedagógicas.

4.6 Gestión curricular

Es importante atender la manera como el docente enseña, como es su papel en el proceso educativo. El docente es fundamental en este proceso, porque se requiere de un trabajo metódico, reflexivo y sistemático. Donde el participe desde el momento de la definición de las competencias, la planificación de las didácticas y la evaluación.

Adoptar estos enfoques en la educación superior, respondería adecuadamente al cambio tecnológico, social, como:

- La definición del perfil profesional sería el referente al mundo productivo
- Responder a las habilidades que la persona necesita desarrollar en su contexto
- Los criterios para aprobar los módulos que se basan en la evaluación definida

4.6.1 Definición de perfiles profesionales en ingeniería

Al hablar de competencias profesionales siempre se ha balado de tres niveles a tratar: competencias básicas, las genéricas y las específicas. Estas competencias conforman dimensiones como el desempeño profesional (perfil de egreso) y lo ético.

1. Competencias básicas: Los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para transitar por su paso por carrera universitaria.
2. Competencias genéricas: Llamadas también transversales, cubren competencias: conocimientos, habilidades, actitudes.
3. Competencias específicas: Son relativas al desarrollo de la disciplina en general y la profesión

A estas competencias se empezaron articular y armonizar al currículo para fortalecer el desarrollo de las competencias en emprendimiento.

4. Competencias de emprendimiento. Son las necesidades y problemas que giran a su alrededor, la práctica de los profesionales, el mercado laboral que requieren los profesionales. Toda esta combinación, permite conocer demandas que van a orientar la formación profesional (Ceneval, 2004), y por ende establecer el perfil de egreso.

En la construcción del currículo se reconocen las necesidades, problemas y las demandas del mercado laboral. (Ceneval, 2004).

En la definición del perfil de egreso, la consulta a académicos y a especialistas de la disciplina, los graduados de otras universidades, la consulta a empleadores y a expertos es una de las mejores prácticas de este ejercicio.

Para identificar las competencias que el mercado exige, es necesario que cada programa defina un perfil de egreso claro y expresado en atributos del desempeño laboral; validarlo y actualizarlo. El perfil de egreso se expresa en términos de lo que el egresado sabe hacer al término de un programa académico.

Esta información será de mucha utilidad, en el momento de preguntarse qué se quiere obtener o que se quiere que sepa hacer el futuro profesional. En todos los casos las competencias se definen a través de una frase. Frase que describe de manera detallada de lo que se espera para cada competencia en cada perfil que selecciona.

5. DISCUSIÓN

Es una responsabilidad de las Facultades de Ingeniería buscar la trilogía, Universidad-Empresa-Estado. Pero la responsabilidad directa corresponde a los Comités Curriculares de los Programa Académico consolidar las áreas e iniciativas creadas en proyectos que se establezcan con el Estado y Empresa.

En cuanto a los diseños curriculares de los programas de ingeniería se debe optimizar con sus mallas, fortalecer y promover el desarrollo de las competencias de emprendimiento e innovación que se declaren en el perfil de egreso. Lo cierto es que estos diseños curriculares deben ser pensados en que se pueden

instalar estas competencias formativas, promoviendo esta cultura apoyando el emprendimiento a través de proyectos con comunidades donde los estudiantes gestan son quienes can a liderar, pero son distorsionar el compromiso social.

Al implementar los currículos se presentan problemas que normalmente no son tenidos en cuenta, ya que en ocasiones no se articulan la formación de los estudiantes con las asignaturas que se tienen, esto porque están descontextualizadas y no se articulan con las áreas respectivas. Esto apunta a que, al realizar un cambio, significa que hay que rehacer, o quizás restaurar y poner en práctica una nueva propuesta donde la innovación presenta nuevos valores positivos.

En los currículos de ingeniería y bajo la mirada de innovación implica que se articulen los procesos, se cree más dinamismo y transformaciones a nivel institucional y los actores que participan en estos procesos. Estas transformaciones implican que las practicas educativas cambien, emplear nuevos métodos y planteamiento didácticos y pedagógicos.

En cuanto al diagnóstico realizado se discutió con los integrantes de los comités curriculares que se debe trabajar en innovación como un nuevo paradigma implicando modificar los tiempos de trabajo, dándole mayor importancia al trabajo grupal. Fomentando durante todo el proceso de formación la creatividad e iniciativas para emprender.

6. CONCLUSIONES

Según el estudio realizado y los resultados obtenidos, es necesario incluir contenidos que le ayuden a las nuevas profesiones de ingeniería a ser formados en competencias blandas como: la comunicación, ser líder, trabajo en equipo, motivados, emprender ismo, asertividad, entre otras. Competencias emocionales y sociales, competencias técnicas. Al construir estos currículos en ingeniería las todas estas competencias se habilitarían espacios para que el futuro ingeniero se forme integralmente.

Para las Facultades de Ingeniería es una oportunidad hacer una reingeniería en los procesos de enseñanza y aprendizaje en sus currículos, incluir las tecnologías de Información y Comunicación, las Tecnologías para el aprendizaje y el conocimiento (TAC) y las Tecnologías para el empoderamiento y la participación (TEP) permitirán presentar contenidos más dinámicos y flexibles que respondan a los diferentes estilos de aprendizaje. Los programas de ingeniería son conscientes de revisar y actualizar sus procesos académicos, centrarse más en los resultados de aprendizaje y estar en permanente renovación ante la rápida obsolescencia de estos. A partir de las TIC y las TAC se permiten contenidos dinámicos y flexibles que responden a los diferentes estilos de aprendizaje y el docente que se motive a utilizar las TEP trasciende a modelos innovadores, promoviendo la colaboración en el marco de la interacción y una reflexión y construcción del aprendizaje.

Sea cual sea el modelo seleccionado se requiere pensar en integrar poco a poco las competencias, es decir, de las más simples a las más complejas. Al construir la identidad profesional del futuro ingeniero se ve influenciada por aspectos personales culturales, sociales.

No es suficiente hacer estos cambios si no se cuenta con docentes que acepten estos cambios, docentes que cambien sus hábitos y comportamiento, docentes que construyan un proceso donde son consumidores pasivos. El docente debe ser capaz de anticiparse a los procesos de aprendizaje, generar nuevos conocimientos, diseñar ambientes de aprendizaje, formarse para generar iniciativas y que tome decisiones, entre otros.

Los programas de ingeniería vienen desarrollando ejercicios que favorezcan el aprendizaje y estimulen el desarrollo y autonomía en los estudiantes. Para ello, el ingeniero debe profundizar en su preparación para abordar con éxito los objetivos de emprendimiento, en este contexto las tecnologías contribuyen a que los estudiantes estén en contacto y obtengan experiencias con otros.

En el presente capítulo se hace como un posible aporte, cuyo beneficio debe ser analizado por cada Programa Académico que, quien responderá a la comunidad académica y a todos los requerimientos de calidad y responsabilidad social. En este sentido para su elaboración y diseño de esta propuesta se tomó como base los trabajos realizados en el grupo de investigación de ingeniería de software-GIDIS.

REFERENCIAS

- 1 Rodríguez, JP. (2018). *La docencia universitaria en el contexto de enseñanza y aprendizaje por competencias*. Proyecto Investigación-07-2018-UFPS.
- 2 Ganga F, González A y Velásquez C (2016). *Enfoque por competencias en la Educación Superior: algunos fundamentos teóricos y empíricos*. Capítulo 2. Universidad de los Lagos Chile.
- 3 Delors, J 1995. *La educación encierra un tesoro. Informe para la educación del siglo XXI*. UNESCO, País.
- 4 Cañak, P (2002). *La innovación educativa*. Editores Akal, España ISBN: 84-460-1755-5.
- 5 Turing (2003). *Una introducción a Tunnig Educational Structures in Europe*. La contribución de las universidades al proceso de Bolonia.
- 6 Teodoro Schultz y Gary Beker (1961). *Human capital and economic growth*, Universidad de Chicago, Universtity Chigago press.
- 7 Vargas M, 2006, *curso - taller. Desarrollo curricular por competencias curriculares-* Curso impartido en la casa ANUIES del 22 al 24 de marzo 2006.
- 8 Garcia y Tobón (2008), Navio (2005), Sanz de Acevedo (2010), Rodríguez. *Las competencias docentes: el desafío de la educación superior*.
- 9 Mertens (2006). *Formación docente: hacia una definición del concepto de competencia profesional docente*. Revista de Estudios y Experiencias en Educación Vol. 16 N° 31, agosto 2017, pp. 129 - 154.
- 10 Bink (1994). *La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA*. Revista europea de formación profesional. Dialnet.uniroja.es.
- 11 Macchiarola, V. 2007. *Curriculum basado en competencias*. Sentido y críticas. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. Año 8. No. 14. Pp39-46.
- 12 Sladog, M (2000). *La recentralización del diseño curricular. El perfil profesional y la definición de competencias profesionales*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica Dirección Nacional de Educación Técnico-Profesional, Buenos Aires.

- 13 Maldonado M, (2010). *Currículo con enfoque de competencias*. Ecoe Ediciones. 1 Edición. 222p.
- 14 García, P. (2008). *Realidad y perspectivas de la formación por competencias en la Universidad Autónoma de Barcelona*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- 15 Vororhess, R, (2001) *Modelos de aprendizaje basados en competencias: un futuro necesario*. Volumen2001, Número 110. Pp 5-13. Doi.org/10.1002/ir.7. Publicado el 28 de enero 2002.
- 16 Chanock, K. (2003). *Challenges of the graduate attributes movement*. En K. Deller-Evans & P. Zeegers (Ed.), *Proceedings of Fifth National Language and Academic Skills Conference*. Adelaide: Flinders University. Disponible en <http://www.flinders.edu.au/SLC/Chanock2.pdf> (Último acceso: 20-03-2020).
- 17 Barbier, Jean-Marie (1999). *Prácticas de Profesión. Evaluación y profesión*, Ed. Novedades Educativas, Serie Documentos, Buenos Aires.
- 18 Tobón, S (2005). *Formación Basada en Competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*, Bogotá, ECOE Ediciones.
- 19 Avolio, B. (2004). *Multifactor leadership questionnaire*. Third Edition Manual and sampler set. Mind Garden, Inc., California, 2004.
- 20 Pérez Gómez, Á. (2014b). *Nueva pedagogía, nueva escuela y nuevos perfiles profesionales del docente en la era digital*. Sexto taller para las Carreras de Educación. Recuperado de: www.ces.gob.ec
- 21 González, E. (2014). *Nuevos contextos educativos y organización del aprendizaje en la educación superior: hacia la integralidad del sistema educativo y la formación de los ciudadanos del mundo*. Primer seminario internacional. Nuevas tendencias epistemológicas de los aprendizajes y modelos pedagógicos para la transformación de las carreras de educación del Ecuador. Recuperado de www.ces.gob.ec
- 22 Solar, M. (2005). *El currículum de competencias en la educación superior: desafíos y problemática*. Pensamiento Educativo. Vol. 36, Santiago de Chile.
- 23 Yaniz, C. y Villardón, L. (2006). *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje*. Bilbao: Publicaciones Universidad de Deusto.
- 24 Agueda, B. y Cruz, A. (2005). *Nuevas claves para la docencia universitaria*. Madrid: Narcea.
- 25 Zalba, E. (2005). *Competencias. Los conocimientos previos necesarios para el ingreso y permanencia en la Universidad*. Fascículos 1-4. Mendoza.
- 26 De Miguel, M. (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario para el espacio europeo de educación superior*.
- 27 Ceneval (2004), "6x4 seis profesiones en cuatro ejes, un diálogo universitario", en *Seminario Evaluación y Prospectiva del Proceso de Construcción del Espacio Común de Educación Superior de América Latina y el Caribe*, Yucatán, mayo.

PEDAGOGICAL SCENARIOS THAT CONTRIBUTE TO DEVELOPMENT AND INNOVATION IN ENGINEERING CURRICULA

ESCENARIOS PEDAGÓGICOS QUE APORTAN AL DESARROLLO E INNOVACIÓN EN CURRÍCULOS DE INGENIERÍA

PhD. T. Velásquez-Pérez*, Esp. A.L. Sánchez-Perilla*, PhD. A. Pardo Garcia**, PhD. M. L. Pinzón-Bedoya**, PhD. S. Caicedo V**MsC. A. M. Puentes-Velásquez***

*Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GITYD,
Ocaña, Norte de Santander, Colombia.
{tvelasquezp, alsanchezp}@ufpso.edu.co

**Universidad de Pamplona, Grupo de investigación de Automatización y Control, Grupo de Investigación en Recursos Naturales, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
{apardo13, mlpinzon, subocavi}@unipamplona.edu.co

*** Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Grupo de investigación CEDRUM NDS SENA – Regional Norte de Santander, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
apuentesv@sena.edu.co

Abstract: The purpose of this research work is the analysis of different pedagogical settings in engineering curricula focused on innovation and technological development, generated from research processes, as fundamental stages towards continuous improvement of teaching-learning processes. This adaptation was carried out through a strict pedagogical base oriented to the application of some work tools, which allow strengthening innovation in a complementary way to the research process, so that engineers in training can implement the achievements made in the research carried out throughout the curricula, pointing towards an evolving globalized world that tends on the way to economic sustainability. Since competitiveness is one of the scenarios that future professionals in this area of knowledge will face, indisputably the capacity for innovation and continuous improvement will be a major aspect to strengthen in the development of the curricula of engineering programs. To this end, some aspects of these programs were discussed from all public universities and two private universities in the department, taking these as a reference. The methodology used was the qualitative paradigm focused on the hermeneutical method, which reflects the strategies and the impact within the study population. As a result, it is found that regardless of the public or private nature of the Higher Education Institutions (IES) in the region, the pedagogical models used are critical dialogue, social constructivism, pedagogical thought and research, all of them focused on making their graduates are analytical, critical and reflective professionals, taking research as the engine of transformation. Based on national results published by the National higher education information system (SNIES), it can be concluded that developments in the improvement of pedagogy strategies and their implementation have significantly reduced the dropout rate in these programs in the last two years 2018-1 to 2019-2, this is how in public universities the desertion is 6.56% and private universities at 8.93% well below the national average which is at 12.36%.

Keywords: Pedagogical Settings, Innovation, Academic Desertion, Engineering Curricula, and Didactic Action.

Resumen: El propósito de este trabajo de investigación es el análisis de diferentes escenarios pedagógicos en currículos de ingeniería enfocados hacia la innovación y el desarrollo tecnológico, generando estos a partir de procesos investigativos, como etapas fundamentales hacia el mejoramiento continuo de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta adaptación se realizó mediante una estricta fundamentación

pedagógica orientada hacia la aplicación de algunas herramientas de trabajo, que permiten fortalecer la innovación de forma complementaria al proceso investigativo, de tal manera que los ingenieros en formación puedan poner en práctica los logros obtenidos en las investigaciones realizadas a lo largo del currículo, apuntando hacia un mundo globalizado en evolución, que tiende hacia la sostenibilidad económica. Dado que la competitividad es uno de los escenarios a los cuales se van a enfrentar los futuros profesionales de esta área del conocimiento, indiscutiblemente la capacidad de innovación y de mejoramiento continuo será un aspecto primordial a fortalecer en el desarrollo de los currículos de los programas de ingeniería. Para ello se analizaron algunos aspectos en estos programas de todas las universidades públicas y dos universidades privadas del departamento, tomándose estas como referente. La metodología utilizada fue la de paradigma cualitativo enfocado bajo el método hermenéutico, lo cual refleja las estrategias y el impacto dentro de la población objeto de estudio. Como resultado se encuentra que independiente del carácter público o privado de las Instituciones de Educación Superior (IES) de la región, los modelos pedagógicos utilizados son el dialógico crítico, el constructivista social, el pensamiento pedagógico y el investigativo; todos ellos enfocados hacia el logro de profesionales analíticos, críticos, reflexivos, siendo la investigación el catalizador de esta transformación. Con base en los resultados nacionales arrojados por el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), se puede concluir que la evolución en el mejoramiento de las estrategias pedagógicas y su implementación han permitido disminuir considerablemente la deserción en estos programas en los últimos dos años 2018-1 a 2019-2, es así como en las universidades públicas la deserción está en un 6,56% y las privadas en un 8,93% muy por debajo del promedio nacional que está en un 12,36%.

Palabras clave: Escenarios pedagógicos, innovación, deserción académica, currículos de ingeniería y acción didáctica.

1. INTRODUCCIÓN

El quehacer educativo, encierra un cúmulo de elementos epistemológicos, gnoseológicos y ontológicos que permiten cumplir el fin esencial del proceso educativo, de acuerdo con (Méndez y Gutiérrez 2016), quienes señalan que: “El estado del conocimiento permite dar cuenta de los campos de estudio realizados por aquellos que han mantenido el interés en la búsqueda de explicaciones acerca de los procesos de aprendizaje y del conocimiento, uso o desarrollo de estrategias tanto de enseñanza como de aprendizaje”. (p.iii). Afirmación, que viene a sumergirse en una interrogante que se centra en lo siguiente: ¿qué estrategias pedagógicas se emplean en los currículos de ingeniería específicamente del Norte de Santander? Tal vez las respuestas pueden ser múltiples; sin embargo, están enmarcadas en el uso e impacto de las estrategias pedagógicas en lo que son los programas de ingeniería y es de allí donde surge la intención del aporte reflejado en el objetivo general del presente trabajo, enmarcado en el hecho de: “develar las estrategias pedagógicas aplicadas en currículos de ingeniería, adaptadas en una muestra representativa de Instituciones de Educación superior (IES) del Departamento del Norte de Santander”.

Razón que da pie para pasarse por fundamentos teóricos que han sustentado a lo largo de la historia las estrategias pedagógicas, pues se convierten en herramientas y/o recursos instruccionales para que el profesor pueda impartir sus conocimientos de una manera efectiva; y es así que vale tomar como punto de partida los enfoques de enseñanza basados en las teorías universales de la enseñanza como por ejemplo: la teoría del aprendizaje por descubrimiento (Jerome Brunner); la teoría del conductismo (Jean Piaget), la teoría del aprendizaje constructivista (Vigotsky) y por supuesto el enfoque que ha aglomerado algunas teorías que se ha denominado socio-constructivista donde convergen los aportes dados por

Ausubel David, Lev. Vigotsky y Jhon Dewey (citados en Díaz Barriga, 2006). Todos estos abriendo paso a lo que es el modelo dialógico-crítico que se emplea en este caso en algunas instituciones de la región y que ha permitido una integralidad conceptual en el manejo de las estrategias pedagógicas.

En el presente trabajo se describen las estrategias pedagógicas que confluyen en el proceso de formación y capacitación de los futuros egresados de los programas de ingeniería cursados en el Departamento del Norte de Santander, que permitan desarrollar todos los aspectos del saber: saber, saber hacer y saber ser. Para dar coherencia al aporte de estas estrategias, es preciso indicar los componentes del marco teórico que permitan reflejar las categorías desarrolladas en función a los elementos epistemológicos, gnoseológicos y ontológicos. Posteriormente, se plantean los elementos de la metodología, apegándose al paradigma cualitativo; bajo el método hermenéutico. Para ello se describen, fases, escenarios e informantes claves, técnicas e instrumentos de recolección de la información y las técnicas de análisis de la información. Luego se describen los resultados, en donde se presenta el análisis de cada una de las entrevistas aplicadas a las IES objeto de estudio, presentándose al mismo tiempo la discusión y análisis de los mismos, los cuales convergen en una contrastación teórica que trae como resultado la propuesta que se pretende implementar y el cúmulo de conclusiones que se llegan a establecer a partir de los resultados obtenidos.

2. MARCO TEORICO

Teniendo en cuenta que el propósito de esta investigación es el de analizar las estrategias pedagógicas adoptadas en los currículos de ingeniería en Norte de Santander, la fundamentación teórica se abordará mediante tres grandes ítems, correspondiendo estos a la fundamentación desde el aporte epistemológico, el gnoseológico y el ontológico teniendo presente que los tres tienen estrecha relación y complementariedad entre sí, enfatizando en cada uno de ellos los aportes hacia la generación de análisis y reflexión.

Para lograr estos aportes es significativo partir de los elementos visionarios que han surgido de estudios previos, los cuales se convierten en antecedentes que abren caminos y senderos para alcanzar la aplicación de diversas teorías en cuanto al hecho pedagógico desarrollado en los programas de ingeniería. Por supuesto a partir de su fundamentación, se realiza una adaptabilidad de los elementos que han dejado a su paso los modelos universales de enseñanza, lo que permite una aproximación a la posible realidad de los hechos, lo cual conlleva a establecer las bases de la posible propuesta que se pretende implementar. En tal sentido, se establecen los componentes de las estrategias pedagógicas para la enseñanza en las carreras de ingenierías, pues es necesario revisar lo que acontece para estar a tono y dar fortalecimiento y solidez a lo que es la parte teórica del aporte.

2.1 Antecedentes investigativos

En cuanto a los antecedentes investigativos, en este aporte se muestran tres estudios considerados los más importantes; puesto que, es necesario tener una aproximación al fenómeno en estudio; por lo tanto, se tiene el trabajo desarrollado por: la Subdirección de Currículo y Evaluación, (2017) cuyo título se enmarcó en: "Manual De Estrategias Didácticas: Orientaciones Para Su Selección", del Centro de Formación Técnica, Instituto Profesional y Universidad Tecnológica de Chile INACAP; bajo la coordinación de Katherine Campusano Cataldo Asesora de Currículo y Evaluación y Catherine Díaz Olivos Subdirectora de Currículo y Evaluación. Mencionado trabajo se centra en establecer un cúmulo

de estrategias metodológicas para promover el aprendizaje efectivo en las carreras de ingeniería; de hecho, Subdirección de Currículum y Evaluación, (2017) centra sus objetivos en que:

Para responder a los variados estilos de aprendizaje que pueden tener los estudiantes que cursan una misma asignatura. Por este motivo, es fundamental que una estrategia sea utilizada como eje didáctico central, pero que pueda ser integrado con el uso de técnicas que fortalezcan o potencien el aprendizaje. Para favorecer el desarrollo de habilidades y actitudes tales como: pensamiento crítico y creativo, responsabilidad ante el aprendizaje, búsqueda, organización, creación y aplicación de información, promoción del aprendizaje colaborativo y autorreflexión sobre el propio aprendizaje. Todas ellas características deseables en un estudiante y un profesional, y, por cierto, vinculadas directamente con las competencias genéricas que la Institución ha optado por desarrollar. (p.1).

Como se logra apreciar investigaciones como estas permiten un acercamiento a los diferentes escenarios que surgen dentro de la aplicación de las estrategias didácticas o en su defecto pedagógicas como suele llamarse. De hecho, estos trabajos poseen una relación directa con el que se viene planteado, pues refuerza los intereses y las bases de lo que se pretende alcanzar. Ahora bien, se tiene el trabajo realizado por: (Visbal, Delimiro; Mendoza, Díaz, 2017) titulado: “Estrategias de aprendizaje en la educación superior”. Realizado en la Universidad La Gran Colombia Quindío, Colombia. Su objetivo fue “identificar las estrategias de aprendizaje que ellos emplean, su relación con las variables: rendimiento académico, género, estrato social, tipo de colegio y el tipo de ingeniería que estudian”. (p. 71). De igual manera, es importante indicar que “se evaluó la relación que existía entre el rendimiento académico de los estudiantes y las demás variables de estudio con un 61,3 % de predicción de casos correcta, en los resultados obtenidos con el árbol de decisión se observa una coherencia con lo mostrado por la regresión logística”. (p.71).

Aportes como el anterior se concatenan con el trabajo que se viene planteado, debido a que se establece una relación entre lo que se plantea y lo que se percibe en el momento de la aplicación de las estrategias de aprendizaje, las cuales deben estar en constantes cambios y adaptaciones para que se pueda cubrir las exigencias de los estudiantes que a diario se enfrentan a nuevos posicionamientos metodológicos en función de su desempeño profesional. De esa manera se logra concretar acciones en función de las tendencias existentes en los diferentes programas en el campo de las ingenierías, ya que es evidente que la formación y capacitación debe ser cada día más exigente, lo que trae consigo el reto de adaptarse a nuevas apreciaciones y nuevas maneras de abordar y encontrar la mejor alternativa para un mejoramiento constante en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

2.2 Plano epistemológico

La parte epistemológica descansa en los aspectos conceptuales del aporte investigativo; tal es el caso que en el desarrollo de la presente investigación se refleja en: estrategias pedagógicas, currículo, programas de ingeniería y lo cual da origen al marco conceptual que posee determinada investigación en cualquier universidad.

2.2.1. Estrategias pedagógicas. Se logran definir como el camino a seguir para llevar conocimientos a los estudiantes dentro de lo que es la educación formal; puesto que, confluyen en lo que señala la Subdirección de Currículum y Evaluación, (2017), quienes aseguran que: “Son procedimientos organizados que tienen una clara formalización/definición de sus etapas y se orientan al logro de los aprendizajes esperados.

A partir de la estrategia didáctica, el docente orienta el recorrido pedagógico que deben seguir los estudiantes para construir su aprendizaje”. (p.2). Como se logra develar las estrategias son las herramientas y/o recursos que poseen los profesores para llevar el conocimiento a sus discípulos y de esa manera fortalecer los elementos conceptuales necesarios para su desenvolvimiento ante la sociedad que lo rodea. Atendiendo a dichas disposiciones es conveniente según lo planteado por (Alarcón et Rodríguez., 2019); quienes afirman: “Las estrategias de aprendizaje en el nivel universitario están centradas en el estudiante e implican centrar todo el proceso de cimentación del conocimiento, mucho más activo y autónomo, dada la madurez del aprendiz. En donde, el estudiante va regulando sus aprendizajes y seleccionando sus estrategias”. (p. 12). Efectivamente, estos procedimientos permiten generar sistematizaciones que confluyen en ofrecer caminos o metodologías para lograr lo que se pretende alcanzar en función de los objetivos previstos.

2.2.2. Currículo educativo (currículo oficial). El currículo se encuentra enmarcado en modelos de enseñanza aplicados a diversas carreras; en efecto, en este caso vinculadas con las ingenierías tal como lo expresan: (Bernal et Peñafiel., 2019) quienes señalan: “El término currículum ha tenido variedad de interpretaciones, a veces se utiliza para identificar un nivel, otros para la formación académica de una red de conocimientos y hasta lo relacionan específicamente con una asignatura. Todo currículum tiene no sólo una concepción académica, sino también una concepción del mundo, o sea, siempre en toda concepción curricular están presentes intereses de clases”. (p.11). Lo cual conduce a reflexionar en función de los objetivos que se pretenden alcanzar en determinadas asignaturas o en su defecto carreras, lo cual conduce al entendimiento y comprensión de los diversos elementos que están presente en lo cotidiano.

Así mismo, los autores (Bernal et Peñafiel., 2019) reafirman al analizar algunas concepciones que: “el currículum es un proyecto educativo integral por lo que no se refiere a un aspecto determinado del proceso educativo, además se evidencia que los diseños curriculares tienen que concebirse como una tarea de investigación con un carácter dinámico, donde los alumnos y maestros se impliquen con una posición afectiva por el conocimiento, para darle solución a los problemas y proyectarse hacia el futuro”. (p. 12). Con estas apreciaciones se logra alcanzar tener claro para dónde va el currículo de determinada carrera lo cual converge en aprendizajes efectivos para que los estudiantes se puedan desempeñar de una manera óptima a fin de garantizar calidad en los procesos de formación y capacitación.

2.2.3. Programas de ingeniería. Los programas de ingeniería poseen un cúmulo de particularidades que contribuyen a la formación y capacitación de los futuros ingenieros con potencialidades que conduzcan a

2.3. Proceso de enseñanza y aprendizaje

Dentro del proceso de enseñanza y de aprendizaje intervienen un número de componentes que es necesario tener en cuenta; debido a que allí están inmersos los padres, representantes y acudientes y a ello se une los docentes y los estudiantes; cada uno con los intereses de acuerdo a sus percepciones y perspectivas; puesto que según (Bernal et Peñafiel., 2019) señalan: “el proceso docente – educativo mediante un análisis más profundo del objeto o sistema propio de la didáctica, nos permite apreciar nuevas cualidades o características” (p.47). Aspectos que sin duda alguna permiten entender y comprender la sistematización de los procesos, debido que en el hecho pedagógico confluyen elementos gnoseológicos y hasta axiológicos; pues en ese ámbito se coloca de manifiesto la parte de los valores y la ética, tanto del docente como de los estudiantes.

De hecho, el proceso de enseñanza y aprendizaje está relacionado según (Alarcón et Rodríguez., 2019) con: “La integración de la habilidad – conocimiento – potencialidad educativa del contenido, en la formulación

del objetivo supera una limitación didáctica de separar lo instructivo de lo educativo, fundamentalmente en el tema o la clase debido a que en la medida que se disminuye en el volumen de los contenidos desde la instancia de carrera hasta la disciplina, asignatura, tema y tarea es más restringida la posibilidad que tiene el contenido para contribuir a la formación de convicciones y sentimientos". (p. 62). Lo cual conduce a reflexionar y profundizar sobre los diversos intereses que confluyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

2.4. Plano gnoseológico

En relación a lo gnoseológico es conveniente tomar en cuenta algunas teorías que son base fundamental para el desarrollo de la aplicación de las estrategias para la enseñanza en las carreras de ingeniería, basadas en cuatro teorías fundamentales para que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea efectivo; en este caso las teorías a saber son: la teoría general de sistemas, las teorías socio-constructivistas pedagógicas, la teoría de la comunicación y las teorías de la complementariedad. De hecho, es preciso develar su impacto para tener un acercamiento al respecto y en este caso se sintetiza en la siguiente Tabla 8.1:

*Tabla 8.1 Teorías de aplicabilidad para la enseñanza en las carreras de ingeniería
Fuente: Elaboración propia*

Teorías	Argumentación
Teoría general de sistemas.	La misma se aplica en la concreción de los conocimientos considerando que los componentes se enmarcan en los tres elementos fundamentales como lo es: entrada, proceso y salida y los conocimientos se desarrollan en función de esa sistematización teniendo presente que se plantean de acuerdo a la evolución profesional que tienen cada uno de los futuros ingenieros.
Teorías socio-constructivistas pedagógicas.	En cuanto a esta parte las teorías socio-constructivistas pedagógicas en ocasiones se apoderan de los postulados de los modelos teóricos de enseñanza y aprendizaje de acuerdo a las teorías del aprendizaje significativo (Ausubel D), las teorías del aprendizaje por descubrimiento (Jerome Bruner), las teorías del aprendizaje por el constructivismo (Vigotski); entre otras. Las cuales se colocan de manifiesto según lo que el docente considere pertinente emplear en el momento de desarrollar las acciones pedagógicas.
Teorías de la comunicación.	Las teorías de la comunicación son fundamentales para que se logre concretar el proceso de enseñanza y aprendizaje, teniendo en cuenta allí se plantean los lineamientos de la comunicación asertiva, teniendo presente que se debe comunicar de una manera efectiva; es decir se emplean modelos de comunicación circulares con la finalidad que los procesos se logren retroalimentar cuando se encuentra algunas debilidades; razón que permite canalizar acciones en función de ser precisos en el momento de trasladar el conocimiento desde lo que plantea el profesor hasta llegar a los estudiantes.
Teorías de la complementariedad.	En el proceso de enseñanza se visualiza la parte de la complementariedad, debido a que en las ingenierías es preciso utilizar esta teoría teniendo presente que la teoría se complementa con la práctica a fin de canalizar acciones en función de la profesión de cada quien; puesto que, mediante la complementariedad se alcanza solidez y fortalecimiento en el manejo de las habilidades, destrezas y técnicas que confluyen en aprendizajes de marcada importancia para la formación y capacitación de cada uno de los ingenieros.

Atendiendo a las teorías anteriores conviene señalar que las mismas forman parte de los modelos que se emplean en las instituciones y se levantan de allí las bases teóricas de lo que se pretende proponer en función de lo existente. Por lo tanto, estas teorías se convierten en la estructura que define el asiento

gnoseológico que se debe considerar en el momento de emplear las estrategias de enseñanza en las carreras de ingeniería; puesto que, son fundamentos que al conjugarlo con las herramientas y recursos instruccionales se convierten en la guía a seguir para llevar a cabo el hecho pedagógico.

2.5. Plano ontológico

En relación a este plano es conveniente plantear que los elementos básicos de la realidad del ser con su entorno, lo cual juega un papel importante en la formación y capacitación de los ingenieros teniendo en cuenta que en la actualidad se manejan los postulados teóricos en función de la canalización de interpretar y adaptar lo aprendido en las carreras a su entorno que lo rodea. (Ver Figura 8.1).



Figura 8.1 Visión ontológica de la enseñanza dentro de la carrera de ingeniería.
Fuente: Elaboración propia

Como se logra apreciar, en la figura 1 anteriormente expuesta, el plano ontológico es una recopilación de los componentes que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje y convergen en la forma y manera de llevar los contenidos y por ende los conocimientos a los estudiantes. De hecho mediante esta práctica a partir del desarrollo del trabajo se logran concretar acciones en función de una pedagogía de calidad en la formación y capacitación de los futuros profesionales egresados de los programas de ingeniería de la región.

3. METODOLOGÍA

La metodología planteada se enmarca en el paradigma cualitativo, reflejado en lo que es la investigación cualitativa apoyada en el método hermenéutico que conduce a una proximidad sobre el fenómeno u objeto de estudio. Es pertinente tener presente que en algunos aspectos es conveniente complementar la información con datos estadísticos para develar una sistematización de la información y lograr acogerse

a argumentos precisos para demostrar la ruta metodológica empleada y que en este caso se plantea en una tabla denominada según los autores, acoplamiento metodológico; tal como se evidencia en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2 Acoplamiento metodológico

Fuente: Elaboración propia

Indicador	Descripción
Paradigma	<p>Cualitativo: Se plantea dado que el paradigma cualitativo está caracterizado por la profundidad y reflexión que se alcanza gracias a la información recolectada. Adicionalmente, permite la complementariedad de la misma gracias al manejo de algunos datos tal como lo señala Díaz Herrera, (2017) quien afirma: Los estudios cualitativos poseen una raíz weberiana, la cual analiza de una forma comprensiva al actor social. Esto porque el sujeto es capaz de interpretar mediante esta comprensión o Verstehen la acción social en su propio contexto (Weber, 2005). Ahora bien, la decisión por un enfoque de investigación, no es una elección deliberada, irracional o de sentido común para el investigador, sino que surge a partir de procedimientos metodológicos sustentados en una episteme que definirá y orientará la elección metodológica. (p. 122). Es importante tener presente que el trabajo se inscribe bajo este paradigma, considerado por los autores el más adecuado para el desarrollo de la ruta investigativa, que converge en acercarse a los elementos esenciales del objeto de estudio.</p>
Método	<p>Hermenéutico: Este método se utiliza dado que es la herramienta de apoyo de la que puede hacer uso el investigador, como apoyo para lograr alcanzar los objetivos previstos. En este el específico de los procesos investigativos, se emplea desde dos perspectivas: herramienta para interpretar información y para lograr acercarse al fenómeno investigado, lo cual permite concretar las bases que se establecen en función a las estrategias de enseñanza que se emplean en los diferentes programas de ingeniería.</p>
Fases de la Investigación	<p>Fase documental: Esta fase se encuentra conformada por una revisión y análisis de la información, lo cual correspondería a una aproximación real de la fundamentación teórica necesario para la implementación de la práctica en este tipo de programas. Fase de planeación: Corresponde a todas las actividades necesarias para generar un lineamiento o plan a seguir en el desarrollo de la investigación, lo cual conlleva a definir claramente las etapas, la forma y manera de recolectar la información, así como también lo que corresponde a los instrumentos a aplicar para la recolección de la información. Fase de ejecución: Tiene que ver con la fase donde se concreta el desarrollo de la guía metodológica bien sea en la forma como se realizaran las preguntas de la entrevista en función de la profundidad en el abordaje de los temas, teniendo claro que permite en esta fase se concreta la proximidad al objeto de estudio a fin de alcanzar las apreciaciones de los informantes claves. Fase de sistematización: En cuanto a la sistematización es conveniente tener presente que se muestra una información cuantitativa que a la final permite la concreción de las categorías previas con la finalidad de tener un reflejo más claro del proceso llevado a cabo. Fase de conclusión: En relación a esta parte se plasman los argumentos que definen los objetivos previstos con la finalidad de brindar un aporte a la enseñanza en la educación universitaria mediada por este híbrido metodológico, teniendo presente que muestra un acercamiento a los hechos pedagógicos existentes.</p>
Sistematización de Categorías	<p>En cuanto a las categorías previas es conveniente tener presente el manejo de las mismas de manera centralizada, las cuales se soportan en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estrategias pedagógicas. 2. Currículo educativo. 3. Programas de ingeniería. 4. Proceso de enseñanza y aprendizaje.
Técnicas de Recolección y Procesamiento de la Información	<p>En relación a esta parte es pertinente tener en cuenta que aplicar la entrevista en profundidad permitió tener una visión más cercana al objeto de estudio. Ello conduce a tener en cuenta las observaciones necesarias para desde esa postura poder generar una aproximación a lo que se enfrenta los docentes en la formación y capacitación de los futuros egresados de estos programas, lo cual sin duda alguna coadyuva a mejorar la calidad de los procesos educativos en los programas de ingeniería de la región.</p>

4. RESULTADOS

Este estudio fue desarrollado en el departamento Norte de Santander, tomando como referentes los programas de Ingeniería tanto de las universidades públicas como una muestra representativa de las universidades privadas. Este apartado está estructurado inicialmente contextualizando sobre los programas académicos de las universidades objeto de estudio, así como un análisis de la deserción presente en las facultades de ingeniería de las IES.

4.1. Programas de Ingeniería en las instituciones de educación superior del Norte de Santander.

Se inicia con una revisión de las ofertas académicas que se brindan en las instituciones de educación superior: Universidad Francisco de Paula Santander sede central y secciona, Universidad de Pamplona sede central y Villa del Rosario, Universidad de Santander Sede Cúcuta y la Universidad Simón Bolívar (Ver Figura 8.2).

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (CÚCUTA)			
Ing. Civil	Ing. Sistemas	Ing. Electrónica	Ing. Ambiental
Ing. Industrial	Ing. Minas	Ing. Mecánica	Ing. Agonomía
Ing. Agroindustrial	Ing. Biotecnológica	Ing. Electromecánica	
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (OCAÑA)			
Ing. Civil	Ing. Sistemas	Ing. Mecánica	Ing. Ambiental
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA (PAMPLONA)			
Ing. Ambiental	Ing. Alimentos	Ing. Sistemas	Ing. Eléctrica
Ing. Electrónica	Ing. Industrial	Ing. Mecánica	Ing. Mecatrónica
Ing. Química	Ing. Civil	Ing. Telecomunicaciones	
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA (VILLA DEL ROSARIO)			
Ing. Alimentos	Ing. Sistemas	Ing. Eléctrica	Ing. Industrial
Ing. Mecatrónica	Ing. Telecomunicaciones		
UNIVERSIDAD DE SANTANDER (CÚCUTA)			
Ing. Industrial	Ing. Sistemas		
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR (CÚCUTA)			
Ing. Industrial	Ing. Sistemas	Ing. Mecánica	Ing. Multimedia

Figura 8.2 Oferta Académica de las facultades de Ingeniería
Fuente: Elaboración propia

También es importante analizar cuál ha sido el comportamiento de la deserción estudiantil de los programas en mención, para lo cual se revisó los últimos 10 años. Se relacionan a continuación, del año 2010 al 2015 primer y segundo semestre, comparando tanto la deserción nacional, como la deserción presente en las facultades de ingeniería de cada institución (Ver Figura 8.3). Cabe señalar que la información de las universidades UDES y Simón Bolívar está no sólo de la sede de Cúcuta sino a nivel nacional; esto se debe a que tienen un registro unificado de los programas.

DESERCIÓN ANUAL GENERAL	2010 - 1	2010 - 2	2011 - 1	2011 - 2	2012 - 1	2012 - 2	2013 - 1	2013 - 2	2014 - 1	2013 - 2	2015 - 1	2015 - 2
DESERCIÓN NACIONAL	11,83%	12,37%	11,09%	12,96%	10,32%	11,87%	10,19%	10,11%	10,04%	10,99%	10,41%	9,76%
UFPS OCAÑA	14,96%	11,67%	16,61%	13,88%	18,04%	19,90%	12,08%	11,93%	10,02%	12,84%	12,54%	11,00%
UFPS CÚCUTA	11,75%	11,38%	11,49%	13,53%	13,70%	16,00%	18,67%	14,97%	12,35%	12,33%	12,01%	11,52%
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	16,46%	17,70%	14,00	15,30%	15,79%	14,14%	10,08%	9,64%	13,20%	11,88%	12,10%	11,16%
UDES	14,07%	14,85%	13,39%	12,49%	9,87%	17,44%	12,28%	9,16%	12,23%	8,98%	9,74%	13,16%
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR	18,75%	21,03%	0,00%	38,81%	69,56%	70,44	8,58%	11,23%	13,60%	16,10%	15,28%	13,09%

Figura 8.3 Deserción académica de los programas de ingeniería 2010-2015
Fuente: SPADIES (Consultado 20/07/2020)

De igual manera es importante analizar el comportamiento desde el 2016 al 2019, donde se puede apreciar el comportamiento descendente de la deserción (Ver Figura 8.4).

DESERCIÓN ANUAL GENERAL	2016 - 1	2016 - 2	2017 - 1	2017 - 2	2018 - 1	2018 - 2	2019 - 1	2019 - 2
DESERCIÓN NACIONAL	10,38%	11,2%	9,94%	12,13%	9,61%	12,1%	7,85%	12,36%
UFPS OCAÑA	19,44%	11,62%	13,36%	13,12%	6,95%	6,38%	6,20%	5,19%
UFPS CÚCUTA	7,72%	9,32%	11,01%	8,08%	6,88%	6,68%	6,10%	6,01%
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	14,53%	11,70%	12,99%	12,48%	9,86%	9,11%	8,82%	8,48%
UDES	9,31%	8,64%	12,64	15,27%	11,24%	9,95%	9,84%	10,00
UNIVERSIDAD SIMÓN BOLIVAR	11,04%	11,38%	11,75	9,53%	12,03%	7,22%	12,36%	7,86%

Figura 8.4 Deserción académica de los programas de ingeniería 2016-2019
Fuente: SPADIES (Consultado 20/07/2020)

En el análisis gráfico (Ver Figura 8.5) sobresalen algunos elementos como un valor elevado en el año 2016 primer semestre en la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, al indagar sobre este hecho se pudo evidenciar unos traslados hacia la sede central, al analizar la causa de estos traslados en mesa de trabajo realizada con los estudiantes de movilidad se pudo percibir que algunas prácticas no estaban siendo acordes con el modelo planteado y estaban provocando una inadecuada relación docente-estudiante afectando su rendimiento académico; todo esto provocó en las directivas unos cambios y acompañamiento en el proceso. Los seguimientos continuos en los procesos de autoevaluación evidenciaron mejoras hasta lograr la acreditación del programa; de igual manera se puede ver en el indicador de deserción académica, como esto se hace más evidente sobre todo a partir del año 2018.

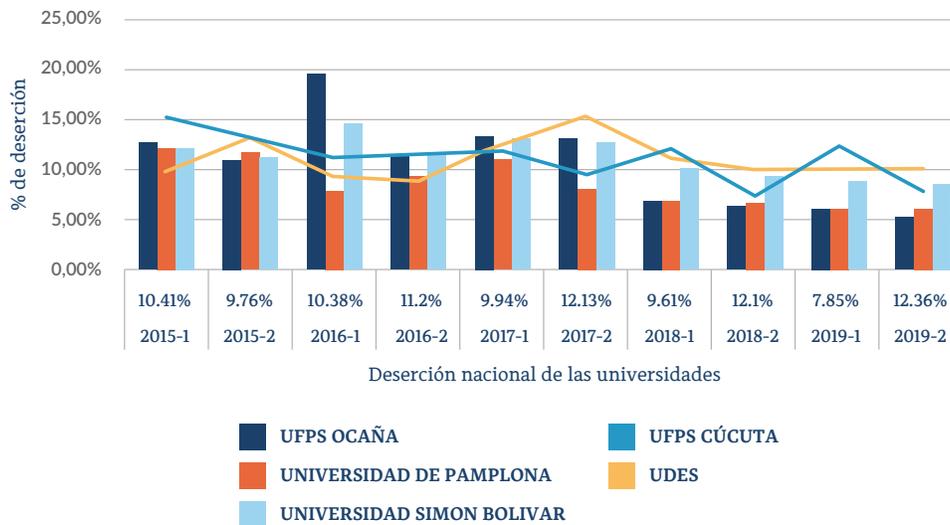


Figura 8.5 Deserción de los programas de la facultad de Ingeniería
Fuente: Elaboración propia

4.2. Modelos pedagógicos de las universidades

Dentro de las IES públicas se analizaron el total de instituciones presentes en el Norte de Santander: La Universidad Francisco de Paula Santander Sede Central y Seccional Ocaña y la Universidad de Pamplona, En la Universidad Francisco de Paula Santander sede central (UFPS), se define como modelo pedagógico el “dialógico crítico”, desde finales de la década de los noventa se iniciaron programas de formación para los docentes tanto de planta, como ocasionales y catedráticos donde se pretendía sensibilizar a los mismos sobre la importancia de adoptar modelos pedagógicos constructivistas que reemplazaran el enfoque tradicional, estos se desarrollaron con talleres, se creó la especialización en práctica pedagógica universitaria, posteriormente la maestría en práctica pedagógica y mediante resolución 011877 del 13 de noviembre de 2019, el Ministerio de Educación Nacional otorgó el registro calificado para el doctorado en Educación.

Para ingresar un docente, independiente de su modalidad de contratación, debe cursar diplomados en docencia; adicionalmente como estrategia al inicio de los semestres dentro de la programación de los cursos de formación profesoral, se programan unas sesiones donde se refuerza el modelo pedagógico adoptado por la universidad, al igual que dentro del plan de formación docente se incorporan foros y congresos que fortalecen la formación en esta área. De parte de la vice rectoría académica de la universidad se implementan estrategias para incorporar estrategias por facultades, siendo la facultad de ingeniería en la que se requiere un mayor esfuerzo, porque a pesar de todos los esfuerzos todavía existen profesores que tienen resistencia sobre estos temas y piensan que es facilismo.

El modelo pedagógico dialógico crítico adoptado por la institución según Urbina: “reconoce a los sujetos en sus múltiples dimensiones humanas como constructores y protagonistas de su propio aprendizaje, y asume el acto pedagógico como un ejercicio ético, creativo y transformador, en la que el maestro funge como demiurgo y comparte el principio de auto-estructuración de los saberes”. (Urbina Cárdenas, 2017). Indica que los fundamentos filosóficos del modelo son entender la pedagogía como un enfoque holístico reconociéndolo como un acto ético, creativo y transformador, también se puede considerar como el arte de preguntar y la búsqueda constante de respuestas, se puede ver como un laboratorio de

investigación formativa, siendo ser humano el centro del proceso formativo, y el papel o rol del docente como orientador y provocador de aprendizajes (Urbina Cárdenas, 2017).

En la investigación con el experto de la universidad en el tema indicaba que los docentes expresaban frases como: “Si, el modelo dialógico critico es extraordinario es, me parece muy bueno pero aquí es inaplicable, ósea no se puede aplicar,” sobre todo a los inicios del proceso, esto ha cambiado y se ven avances hasta lograr la sensibilización del tema, como lo expresa el experto indicando que “gracias a las estrategias que hemos tomado básicamente es ser persistente, hemos venido defendiendo el modelo como universidad y lo hemos ido posicionando de alguna manera a los procesos, alta calidad lo ha podido asegurar”.

Se pudo también evidenciar el proceso de evaluación desarrollado en procesos de autoevaluación y por medio de investigaciones de trabajo de grado. De igual manera incorporando la percepción de los estudiantes, repensando las políticas de autoevaluación docente que incorpora cuatro elementos la evaluación del estudiante, la evaluación que se hace el docente, la evaluación que hace un par y la evaluación de su jefe inmediato. Según el experto, la universidad requiere “una reforma de paradigmático pensamiento, los docentes nos tocan hacer un cambio de chip en ese sentido que es difícil”.

En la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (UFPSO) se adaptó el modelo constructivista social, el enfoque dialógico/critico es más general, siendo parte integral el constructivismo social, el experto opina que podrían consolidarse los dos modelos y que es importante revisar la implementación de acuerdo a las diferentes disciplinas evidenciándose en “Micro currículo aterrizado”, acompañado de un proceso de sistematización. Según el entrevistado “La universidad desde el 2015 comenzó un trabajo con un equipo interdisciplinario de docentes con conocimientos de pedagogía, la idea era establecer como llevar el modelo pedagógico al micro-currículo. Este trabajo se desarrolló a través de mesas de trabajo, se tomaron las competencias y micro-currículos de cada programa, logrando establecer cuáles fueron las competencias genéricas más importantes o fundamentales para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la universidad para que los profesores lo lleven las competencias genéricas a las competencias de los micro-currículos; esto con el fin, de alinear el proceso de enseñanza y aprendizaje curricular mediante el modelo pedagógico constructivista social que es un modelo que permite que el desarrollo curricular se dé entre estudiantes y profesores”. En trabajo elaborado por (Páez 2017) se logró evidenciar la trazabilidad del modelo pedagógico a partir del enfoque constructivista social establecido en el Proyecto Educativo Institucional PEI de la institución. En este trabajo se lograron identificar las competencias genéricas y diez ejes temáticos, fruto del análisis de las competencias considerando el proyecto Tuning para Europa y Latinoamérica, así como los estándares dados por el MEN. De igual manera se plantearon todas las estrategias de lecto-escritura y verbales, estrategias visuales o prácticas, tecnológicas, las guías respectivas, el plan de evaluación por competencia con su rúbrica de evaluación y la guía de recursos institucionales.

En una investigación realizada en la universidad en la cual se quiso determinar cuáles son las prácticas docentes y su relación con el modelo pedagógico de la seccional, se reflexionó sobre la concordancia de las prácticas adaptadas con el modelo, determinándose que para que cualquier modelo pedagógico funcione, es fundamental que las diferentes prácticas docentes estén en concordancia con el mismo, siendo las prácticas realizadas las que inciden en las aptitudes y actitudes, habilidades y destrezas que los estudiantes desarrollen; por lo que las estrategias educativas deben estar ajustadas a los estilos de aprendizaje y a los marcos de re conceptualización que la educación y el contexto de hoy exige. Se indica la importancia de la realización de un autoexamen de criterios como: Formación personal, teórica, disciplinar, investigativa, promulgación de valores (Durán, Gracia, & Pérez, 2016).

Trabajos similares elaborados por docentes de ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, donde se evaluaron las Tecnologías de la Información (TIC) y la comunicación como

una herramienta para la práctica Docente, abordada desde un enfoque cualitativo a fin de determinar la apropiación de estas por parte del docente, reflejando como resultado que los docentes aún no se apropian de estas como una herramienta para su quehacer docente, encontrándose en un periodo de transición para poner en práctica el uso de las mismas, influyendo sobre esta apropiación factores como la edad, la formación disciplinar el tipo de contratación, el nivel de escolaridad y su propia percepción del uso de esta herramienta en su práctica docente (Duran-Chinchilla, C. M., & Rosado-Gómez, A. A., 2017). De manera similar, en esta misma IES, se realizan trabajos que abordan la metodología del aprendizaje activo (AR) como una alternativa para que los estudiantes de ingeniería enfrenten desde su formación académica el reto al que han de enfrentarse en su quehacer profesional, el cual está inmerso en un mundo permeado constantemente por los avances tecnológicos. El propósito de esta investigación es el de abordar la implantación de esta metodología como una herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual está más acorde con el hecho de que los estudiantes de ingeniería aborden otras prácticas pedagógicas, que estén más a tono con el mundo laboral cambiante e inmerso en requerimientos tecnológicos, de innovación y desarrollo, a fin de generar mucho más impacto positivo en el ámbito laboral de los profesionales egresados de los programas de ingeniería. En tal sentido, en este trabajo se realiza una revisión de aquellas experiencias significativas implementadas y con resultado positivo en los programas de ingeniería del país Chinchilla, C. M. D., & Gómez, A. A. R. (2020)

En la Universidad de Pamplona (UP), el Proyecto Educativo Institucional - PEI, expresa que el Pensamiento Pedagógico en la UP asume la investigación como práctica central que cruza, apoya y nutre todos los procesos de formación que se generan en el ámbito institucional. (Pamplona, Universidad de, 2012, p.8). Así mismo, se establecen estrategias como fomentar una cultura de la investigación, la innovación y la creatividad, en términos de excelencia; promover, preservar y fortalecer el capital intelectual de la institución y la adecuación a los planteamientos del aprendizaje como una construcción colectiva del conocimiento y del saber; así como el fortalecimiento de la investigación, la creación artística y cultural e innovación orientada a la solución de problemas, inter, multi y transdisciplinarios. (Pamplona, Universidad de, 2012, p.8).

En la Universidad de Pamplona se tiene implementado el pensamiento pedagógico, desde el año 2000, según el entrevistado se realizó una unificación de criterios en conferencias, clases y prácticas. Las estrategias de implementación del modelo se dan a través de procesos de sensibilización y capacitación tanto en docentes como en estudiantes. Otro elemento a tener en cuenta como es la libertad de cátedra que se da en nuestro país, lo que en ciertas ocasiones impide un seguimiento más adecuado al proceso de enseñanza-aprendizaje que se realiza en el aula de clase. Como estrategia para evita la deserción es importante la actitud del docente, logrando esa empatía con los estudiantes que produzca el efecto que el estudiante se enamora de las materias que conforman el programa que cursa. Se debe considerar adicionalmente, según el entrevistado que se deberían hablar en las diferentes instituciones el mismo idioma (modelo pedagógico).

Dentro del desarrollo y la puesta en marcha de estos currículos, los diferentes programas de Ingeniería de la Universidad de Pamplona, se han dado a la tarea de hacer uso de las metodologías de aprendizaje de vanguardia para el cumplimiento satisfactorio de su cometido: la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. Uno de los referentes sustanciales de la metodología del aprendizaje en ingeniería está circunscrito en un marco colaborativo innovador denominado CDIO (Concebir-Diseñar-Implementar-Operar), que es una metodología que promueve el aprendizaje de la fundamentación básica de cada disciplina en las diferentes ramas de las ingenierías, bajo un entorno que aborda los referentes específicos de cada una de ellas en el ejercicio profesional bajo un contexto apropiado para el aprendizaje, considerándose esta como una nueva visión para la educación en los programas de ingeniería (Tianbao, W., & Weidong, C. 2010).

No obstante, la aplicación de esta metodología, adicionalmente se han realizado pruebas con metodologías híbridas, como es el caso de la Metodología de Aprendizaje Avanzado (AdLM), como una mejora del trabajo colaborativo asistido por el profesor, cuyo propósito es fortalecer las competencias en el desarrollo del trabajo en equipo, al mismo tiempo que cierra las brechas en el proceso de Investigación para la Acción (AR). La Investigación para la Acción o Acción-Investigación (AR) es un proceso metodológico para realizar las actividades de mejora que se consideren pertinentes y mantener todo aquello en lo que se ha mejorado, es decir, corresponde a un proceso parmente de ajuste cuyo principal objetivo es avanzar hacia el mejoramiento continuo (Maqués Andrés, M., & Ferrández Berrueco, R, 2011).

Este modelo híbrido de la Metodología de Aprendizaje avanzado (AdLM), se implementó en un curso de profundización en el programa de Ingeniería de Sistemas, sobre Computación de Alto Rendimiento (HPC) como objeto de aprendizaje. La aplicación de este modelo validó el progreso de la apropiación del conocimiento, aplicando una evaluación en tres momentos diferentes: al principio, en el intermedio y al final del curso. Los resultados indicaron que AdLM proporciona una alternativa en la participación activa y colaborativa de los estudiantes. Adicionalmente propone una medición cuantitativa del progreso de la apropiación del conocimiento en estudiantes de ingeniería de sistemas, la cual puede ser replicada en otros cursos en diferentes áreas de las ingenierías (Corredor, J., & Pinzón-Bedoya, M L, 2018).

Como experiencia significativa, vale la pena mencionar que, en la Universidad de Pamplona, desde el primer semestre de 2015, se ha tratado de implantar la metodología e-learning en ciertas asignaturas que se cursan en la totalidad de los programas que se ofertan, incluyendo los programas de ingeniería. Esta iniciativa fue impulsada por la Vicerrectoría Académica a través de la Unidad Especial para el Uso y Apropiación de las TIC en la Educación (JETIC), correspondiendo a un plan piloto para el aprovechamiento de las diferentes herramientas digitales con que cuenta la institución.

De acuerdo con lo anterior, y obedeciendo a una prueba piloto, se implementó la metodología e-learning en las asignaturas de educación ambiental, Habilidades comunicativas, Cátedra Faria y Formación Ciudadana y Cultura de la Paz (Cívica), utilizando la plataforma Moodle con una configuración propia para una fácil comprensión y acceso, como una medida de flexibilizar los currículos haciendo uso de la virtualidad a través de la mediación tecnológica, haciendo uso de esta plataforma.

El propósito de esta estrategia en la Universidad de Pamplona, es el de coadyuvar a la formación de profesionales que tengan la capacidad de gestionar adecuadamente su tiempo y recursos para conseguir sus objetivos profesionales permeados por las condiciones familiares y personales, promoviendo la investigación autodidáctica, propiciando espacios y herramientas tecnológicas para un adecuado desempeño en diferentes áreas del conocimiento, sin dejar de un lado el trabajo colaborativo y en equipo, mediado por las tecnologías de la información y la comunicación.

Esta estrategia promueve además la innovación y el hecho que los docentes sientan la necesidad de reinventarse, al enfrentarse al uso de estas tecnologías, propiciando de esta manera la aplicación de este tipo de tecnologías hacia el mejoramiento de los procesos de aprendizaje en la comunidad académica a partir de los ambientes virtuales de aprendizaje. Adicionalmente, creó un espacio virtual para el apoyo de las asignaturas presenciales, en la cual se puede publicar material de estudio y asignar trabajos complementando los métodos tradicionales de enseñanza. Como resultado de lo anterior, se ha evidenciado que la participación y compromiso por parte de los estudiantes en este proceso ha ido mejorando con el transcurrir de los semestres, puesto que se han integrado cada vez más mecanismos de comunicación acertados en estos entornos, generando una participación y aceptación masiva en el estudiantado. Finalmente vale la pena resaltar que la puesta en marcha de esta estrategia ha sido fundamental para la adaptación a los cambios que han debido realizar tanto docentes como estudiantes en estos momentos para abordar la crisis sanitaria que actualmente vive la humanidad por el COVID-19.

A nivel de universidades privadas se desarrolló la investigación con la Universidad Simón Bolívar y la Universidad de Santander, ambas sedes Cúcuta. La Universidad Simón Bolívar sede Cúcuta, adopta el modelo pedagógico Horizonte Pedagógico Socio Crítico. El proyecto educativo institucional, se indican como objetivos del modelo pedagógico, el cumplimiento de la misión de la universidad en la formación integral incorporando ética, cultos, autónomos y con liderazgo, constructores de una sociedad democrática, justa, solidaria y sostenible. (Bolivar, 2015). La institución incorpora fundamentos antropológicos, sociológicos, psicológicos, epistemológicos de la ciencia de la educación y la pedagogía crítica, elementos relevantes en el Horizonte pedagógico Socio Critico, para esto existe un compromiso de aplicar a la práctica educativa los ideales sociales y educativos del fundador José Consuegra Higgins, a través de una pedagogía que evidencie lo crítico y oriente la praxis. (Bolivar, 2015). Se resalta el compromiso social de la universidad, el entrevistado indica que “en el contexto de la criticidad, se quiere formar estudiantes autónomos, democráticos, un estudiante que no coman entero, tenga la capacidad de formular preguntas en reflexión constante”. Dentro de los problemas que indica está “el reflejado el modelo en el aula de clases”, se establece como estrategia: “la socialización a través de talleres, en todos los niveles”. Otro elemento a considerar es la forma de llegarle al estudiante lo que incide muchas veces en los problemas de deserción estudiantil.

Lo que se quiere con el Horizonte Pedagógico Socio Crítico es darle valor a la autonomía en la cotidianidad y experiencia de los procesos educativos, por lo que promueve o apoya los espacios para pensar, interactuar y hacer posible la formación del estudiante con ética, creatividad y estética, visión que se deriva del fundador de la universidad pensando en el nuevo siglo y sus nuevos retos, teniendo en cuenta los valores que puede ofrecer un docente comprometiendo los estudiantes mediante actos y acciones formativas. (Bolivar, 2015). Como aspectos relevantes del modelo se encuentran: Contiene elementos teóricos de la ciencia de la educación crítica, de la teoría crítica y del carácter histórico-social de la praxis y la ciencia educativa; prioriza la praxis frente a la teoría; trata de descubrir, a través de la crítica; orienta su implementación el deseo de mejorar la praxis; apunta hacia la reflexión; concibe la educación como un proceso colectivo; soluciona constructivamente la relación entre la teoría y la praxis en el acto de educar y formar y demanda un permanente debate teórico-práctico acerca de lo pedagógico-evaluativo, del currículo y del sentido teórico- conceptual y metodológico para su puesta en escena, con el propósito de mejorar el proceso de formación. (Bolivar, 2015, p. 38).

La Universidad de Santander UDES Cúcuta se apoya en la teoría crítica con el enfoque dialogante y constructivista, la institución complementa estos dos enfoques, dentro de estos el actor primario del proceso de enseñanza es el estudiante, dentro de su filosofía implementa el pensamiento crítico en los alumnos, según el entrevistado: “entonces esas dos corrientes nos va orientar para que nuestro estudiantes de alguna manera se formen de manera autónoma de manera crítica y de manera reflexiva, tratando de formar ciudadanos integrales”. El modelo está articulado con la misión y visión de la universidad, constituye el eje rector fundamentado en la formación integral para la vida, concibe al ser humano en la búsqueda de la reflexión crítica racional y permanente, con el objeto de transformar la realidad mediante el reconocimiento de la otredad y el respeto por la diversidad. (Santander, 2013).

Para la institución la teórica crítica se asume como el pensamiento orientado a la solución de problemas y la toma de decisiones, en las realidades del contexto, se desarrollada mediante los enfoques dialogante y constructivista. El enfoque dialogante media las relaciones entre el profesor, el estudiante y el grupo; el enfoque constructivista concibe el aprendizaje como el resultado de un proceso de construcción personal y colectiva. Este enfoque incluye la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, por descubrimiento de Bruner y las zonas de desarrollo próximo de Vigotsky (Santander, 2013, p.12).

5. DISCUSIÓN

A nivel de las universidades públicas los modelos pedagógicos encontrados son el dialógico crítico, el constructivista social y el pensamiento pedagógico. El Pensamiento Pedagógico formulado en la Universidad de Pamplona, centraliza el proceso en la investigación, como características se tiene el fomento de la cultura investigativa, la innovación y la creatividad; así como promover, preservar y fortalecer el capital intelectual de la institución. A nivel de la Universidad Francisco de Paula Santander sede central está planteado el modelo dialógico-crítico, plantea un dialogo igualitario, basados en argumentos, conlleva a una transformación social, ayudan a una construcción y educación al interior del sujeto (Vygotsky, 1995). En la seccional Ocaña se toma el Constructivismo social, con rasgos definitorios: la unidad de subjetividad-intersubjetividad, la mediación semiótica y la construcción conjunta en el seno de relaciones asimétricas. La intersubjetividad, la compartición de códigos compartidos y la co-construcción con aceptación de la asimetría pueden lograrse porque, por medio de actividades simbólicas, los seres humanos tratan su entorno significativo como si fuera compartido (Serrano & Pons, 2011). En la articulación de los modelos de la UFPSO con el UFPS Cúcuta de la sede central, se analiza que el dialógico/critico es un modelo más universal y reconoce al constructivismo social como parte de él, donde logrando mejorar el constructivismo social implementado en la universidad de Ocaña.

A nivel del sector privado, se presentan dos modelos o enfoques, la universidad Simón Bolívar presenta el horizonte pedagógico socio-crítico y la universidad de Santander con el modelo dialogante constructivista, toma los conocimientos, actitudes y habilidades, a través el enfoque constructivista se apropia de nuevos conocimientos y con el enfoque dialogante se da la doble vía de saberes entre docente y estudiante teniendo en cuenta el pensamiento crítico y la formación integral en un contexto determinado. La universidad Simón Bolívar con su modelo pedagógico llamado Horizonte Pedagógico Socio Crítico, que se enfoca en el pensamiento crítico y social. Como vemos en todos tenemos elementos en común como el nuevo rol del estudiantes en el proceso, el dialogo como factor determinante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, generar en el estudiante la actitud crítica, la investigación como centro para la transformación del entorno.

Ahora bien, con la intención de tener una mejor visión de la proximidad de lo encontrado, es pertinente tener en cuenta que de los aportes dados por cada una de las universidades se logra concretar lo concerniente a las categorías previas y a las categorías que surgieron dentro de la red semántica de acuerdo a la intencionalidad de las categorías en cada una de las Universidades. Razón que conlleva a establecer mediante el apoyo del software Atlas TI un acercamiento a lo encontrado que establece una relación entre lo que la investigación pretende alcanzar y lo que se desea mostrar gracias a todo lo concerniente según los informantes claves que reflejan en la siguiente Figura 8.6:

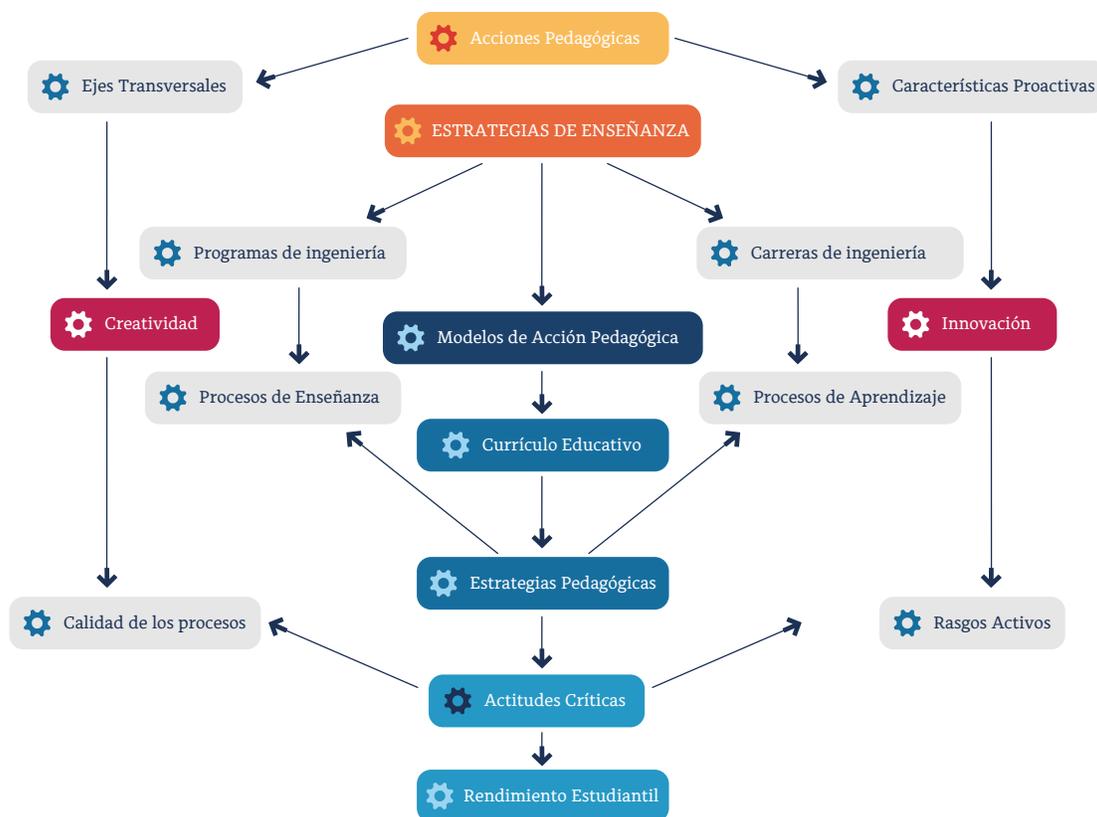


Figura 8.6 Red semántica encontrada en la información recolectada.

Fuente: Elaboración propia

Como se logra evidenciar en la figura antes descrita surgida de las redes semánticas que emergen de las categorías previas generadas con la herramienta ATLAS TI; es conveniente señalar que los centros de las estrategias de enseñanza encajan en lo que es los modelos pedagógicos es importante tener claro que ese proceso de enseñanza y aprendizaje se concreta de acuerdo a los intereses de cada quien y se develan según las perspectivas de lo que plantea cada Universidad. Atendiendo a lo que exige en la actualidad la sociedad y es por eso que se busca mejorar la calidad de las mismas en su formación y capacitación. Efectivamente, el rendimiento estudiantil se ve como un producto el cual gracias a los procesos anteriores se consolidan en función de la calidad de las estrategias de enseñanza en cada una de las categorías; ahora bien, mediante dichos señalamientos se logra concretar nuevos recursos instruccionales para que el docente adquiera las habilidades y destrezas necesarias en el momento de enseñar.

De hecho, las estrategias de enseñanza poseen un cúmulo de elementos los cuales confluyen en los procesos de formación y capacitación, debido a que tienen relación entre si y el docente se apodera de dichos aspectos con la finalidad de establecer las bases para un nuevo conocimiento teniendo presente que su aplicación puede contribuir a mejorar la calidad de los procesos de acuerdo a las exigencias de las carreras en la actualidad donde se hace necesario reforzar la teoría con la práctica a fin de canalizar acciones que conlleven a la calidad de la formación entendiéndose que todos deben estar vinculadas con lo que es la capacitación de los futuros ingenieros en cualquiera de las ramas, pues pertinente tener claro que todo ello permite una adecuada proximidad al fenómeno u objeto de estudio.

6. CONCLUSIONES

En la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta se tienen cuatro programas de ingeniería acreditados (Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Agronómica e Ingeniería biotecnológica), la seccional Ocaña tiene dos programas (Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica); la Universidad de Pamplona cuenta con cinco programas acreditados (Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Telecomunicaciones e Ingeniería Eléctrica). Todos estos programas son presenciales, de diez semestres, siete de ellos tienen con 164 créditos y el que más tiene 177; el costo de matrícula para alumnos nuevos va de 438.902 a 877.800 para el 2019. Si se quiere considera la deserción académica en las instituciones objeto de estudio, se ve que en las universidades públicas se tiene un promedio para el segundo semestre de 2019 de 6,56%, mientras que en las privadas está en el 8,93%, todas estas de un dígito y menores al 12,36% de promedio nacional. Esto contrasta con la presentada en el segundo semestre del 2015 donde en promedio las cinco instituciones tenían una deserción del 12% (siendo las públicas del 11,22% y las privadas del 13,13%), mucho más alta con la presentada a nivel nacional que estaba en 9,76%. Los anteriores resultados indican que se tienen en los últimos años cifras menores que las presentadas en el promedio nacional, asimismo se presenta disminución de la deserción en las diferentes instituciones.

Revisado el material documental y las estadísticas encontradas en las Universidades objeto de estudio se logró determinar que las estrategias empleadas para la enseñanza en las carreras de ingeniería son los elementos motivadores e impulsores para que los futuros ingenieros puedan adquirir las técnicas, herramientas, recursos, conocimientos, habilidades y destrezas para que se puedan desenvolver de una mejor manera en el momento que desarrollen o coloquen en práctica su profesión; es público y notorio que dependiendo de los modelos de enseñanza empleados y de la forma como se aplique, los estudiantes permanecen y culminan sus carreras, ahora bien, con estos aspectos se logra que la deserción disminuya tal como se puede apreciar en las tablas y gráficas manejadas en el abordaje teóricos; pues allí se logra evidenciar que en los últimos años la deserción ha disminuido y eso es un buen dato para seguir perfilando los modelos en función de procesos de calidad para que la formación y capacitación de los futuros ingenieros se encuentre ajustada a los requerimientos de la sociedad actual.

Estos escenarios pedagógicos han permitido generar en el estudiante características que le permiten un carácter analítico, una actitud crítica, focalizarse en la investigación como centro para la transformación del entorno; esto se evidencia en los proyectos que se han podido desarrollar y que trascienden los espacios académicos, donde con aliados estratégicos o fuentes de financiación entre ellas regalías se han podido desarrollar proyectos como: “Identificación y análisis de los factores genéticos nutricionales y sanitarios que afectan los índices de gestación a partir de los embriones in vitro en bovinos en el Note de Santander”, beneficiándose 35 familias por municipio en Pamplona, Chinácota, Arboleda, el Zulia, el Tara y Ocaña. De igual manera el proyecto “Desarrollo de nano vehículos para el transporte y liberación específica de principios terapéuticos contra el cáncer de colon” se presentó con universidades aliadas a nivel nacional e internacional.

Otro aspecto en los que se ha venido avanzando desde las universidades es un esquema para consolidar el proceso de transferencia tecnológica que parten de los resultados de las investigaciones a una divulgación responsable de manera indirecta (Publicaciones), análisis de su viabilidad, protección y estrategias de transferencia apuntando al objeto final que es el sector productivo y sociedad, si el resultado de estas se da en el contexto académico institucional deberá comunicarse a la oficina encargada de la transferencia quien analizará las observaciones y experimentos durante una investigación, muchas veces estas conducen a resultados que se traducen en descubrimientos e invenciones que pueden corresponder a

la creación de un proceso, artefacto, máquina, composición de materiales, o cualquier mejora respecto de algo existente anteriormente lo que permite su divulgación académica de manera responsable y que no se afecte los derechos institucionales ni del autor para su explotación brindando todo un escenario seguro para el inventor y la institución (Ver Figura 8.7).

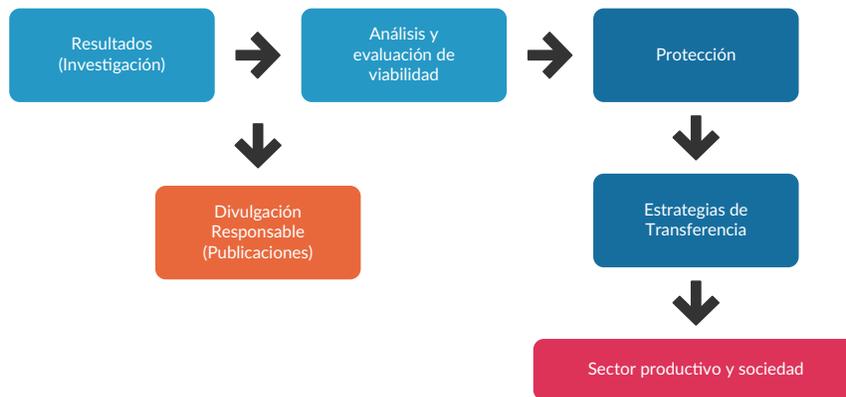


Figura 8.7 Estructura de Transferencia adoptado

Fuente: Elaboración propia

Es oportuno señalar que la metodología empleada descansa en el paradigma cualitativo, bajo el método hermenéutico; es preciso señalar que allí se da un procedimiento en fases y se hace necesario incluir algunos datos estadísticos como elementos complementarios que dejen reflejar la intención de mostrar las tantas estrategias que se aplican en el momento de enseñar determinado contenido. Es importante señalar que uno de los resultados de mayor análisis y reflexión se demarca en el bajo nivel de deserción pues en los últimos tiempos ha disminuido con relación a años anteriores y eso conlleva a visualizar que se han realizados mejoras en, los modelos y en las estrategias que se manejan actualmente en las diferentes disciplinas de las ingenierías.

Existen evidencias de trabajos aislados de cada IES para abordar los procesos de enseñanza-aprendizaje en los programas de ingeniería, haciendo uso de metodologías acordes con el desarrollo profesional de estas disciplinas, con el propósito de lograr que los egresados de los programas de ingeniería desarrollen capacidades cada vez más coherentes con el mundo laboral cambiantes y tecnológicas al cual se van a enfrentar.

Finalmente, se debe señalar que sin temor a equivocación los modelos de enseñanza y las estrategias empleadas en la enseñanza de las diferentes carreras de ingeniería conduce a marcar los perfiles de los profesionales y es allí donde se plantea un cúmulo de aspectos que permiten establecer cierta diferenciación entre los egresados; pues a pesar de tener el mismo título en ocasiones las características y los perfiles cambian enormemente y eso se puede evidenciar en los procesos de formación y capacitación, teniendo presente que de esa manera se crea la calidad de los profesionales entendiéndose que su formación varía según el modelo empleado y según las estrategias que se usan para llevar el conocimiento a los futuros ingenieros, dejando con ello aspectos dignos de seguir investigando para seguir generando cambios y aportando a los nuevos escenarios del aprendizaje.

REFERENCIAS

- 1 Alarcón, A., Alcas, N., Alarcón, H., Natividad J., & Rodríguez, A. (2019). *Empleo de las estrategias de aprendizaje en la universidad. Un estudio de caso. Propósitos y Representaciones, Propósitos y Representaciones* 7(1), 10-32. Doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.265>.
- 2 Bernal Álava, Cevallos Villamar, Guerrero Vallejo, Cedeño Cedeño, Goyes Robalino, Peñafiel Moncayo, (2019) *El Diseño Curricular Y La Didáctica, Ejes Fundamentales En La Educación Superior Contemporánea*. Área De Innovación Y Desarrollo, S.L. C/ Els Alzamora, 17 - 03802 - ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com Primera edición: julio 2019 ISBN: 978-84-120057-7-6.
- 3 Bolivar, U. S. (2015). *Proyecto Educativo Institucional*. PEI.
- 4 Chinchilla, C. M. D., & Gómez, A. A. R. (2020). *Aprendizaje Activo e Innovación en Estudiantes de Ingeniería*. Revista Tecnologías de Avanzada, ISSN: 1692-7257. 1(35).
- 5 Corredor, J., & Pinzón-Bedoya, M. L. (2018). *Advanced learning methodology, based on action research and collaborative work for the teaching of high-performance computing*. JPhCS, 1126(1), 012044.
- 6 Díaz Barriga, Frida (2006). *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. México: McCrawHill. 171pp.
- 7 Díaz Herrera, (2017) *Investigación cualitativa y análisis de contenido temático*. Orientación intelectual de revista Universum. Revista General de Información y Documentación ISSN: 1132-1873.
- 8 Durán, C. M., Gracia, M. C., & Pérez, T. V. (2016). *Los modelos pedagógicos y su influencia en la práctica docente de la Universidad Francisco de Paula Santander*. Revista Ingenio, Vol. 9 N°1, pág. 77-88.
- 9 Duran-Chinchilla, C. M., & Rosado-Gómez, A. A. (2017). *Evaluación de la apropiación de las TIC, en la práctica docente del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña*. Revista Educación en Ingeniería, 12(23), 64-68.
- 10 Ibáñez E, Moren A. (2018). *Estudio del pensamiento triádico en Ingeniería de Sistemas*. Revista Tecnologías de Avanzada, ISSN: 1692-7257.
- 11 Jácome M, Torres C, Araujo C. (2017). *Enseñanza del procesamiento digital de imágenes a través de objetos virtuales de aprendizaje en entornos e-learning*. Revista Tecnologías de Avanzada, ISSN: 1692-7257.
- 12 Maqués Andrés, M., & Ferrández Berruero, R. (2011). *Investigación práctica en educación: investigación-acción*. JENUI 2011: XVIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (2011), p 337-343.
- 13 Méndez Zúñiga y Gutiérrez Rico, (2016) *Estrategias De Enseñanza Y Aprendizaje. Una Mirada Desde Diferentes Niveles Educativos*. Primera edición. México. ISBN: 978-607-9063-63-4.
- 14 Ovalles Pabón, (2017) *Retos y tendencias de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) frente al Desarrollo del Sector Productivo*. Revista Espacios. Vol. 39 N° 14.

- 15 Pamplona, Universidad de. (2012). *Proyecto Educativo Institucional*. PEI. Pamplona, Colombia.
- 16 Pérez, T. V., García, M. C., Montes, L. S. P., Chinchilla, C. M. D., & García, F. M. C. (2014). CDIO. *Una primera aproximación para los currículos de ingeniería en la UFPSO*. In Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2014.
- 17 Quintana, H. A. (2017). *Matriz de competencias. Identificación de competencias de acuerdo a los ejes temáticos definidos por la institución*. Colombia.
- 18 Sánchez Otero, García Guiliany, Steffens Sanabria y Hernández- Palma, (2019). *Estrategias Pedagógicas en Procesos de Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior incluyendo Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Información Tecnológica Vol. 30 N°.3. 277-286.
- 19 Santander, Universidad de. (2013). *Proyecto Educativo Institucional*. PEI. Bucaramanga-Colombia.
- 20 Serrano, J., & Pons, P. (2011). *El constructivismo hoy: Enfoques constructivistas en educación*. Revista electrónica de investigación educativa (redie), Vol. 13 N°1.
- 21 Subdirección de Currículum y Evaluación, (2017) *Manual De Estrategias Didácticas: Orientaciones Para Su Selección*. Centro de Formación Técnica, Instituto Profesional y Universidad Tecnológica de Chile INACAP. Coordinación de Katherinne Campusano Cataldo Asesora de Currículum y Evaluación y Catherine Díaz Olivos Subdirectora de Currículum y Evaluación.
- 22 Superior, U. d. (2013). *Proyecto Educativo Institucional –PEI- de la Universidad de Nariño* Obtenido de <http://secretariageneral.udenar.edu.co/archivos/035-PEI.pdf>
- 23 Tianbao, W., & Weidong, C. (2010). *Study and Practice on Innovative Engineering Talent Cultivation Model Based on CDIO*. Research in Higher Education of Engineering, 1, 25-31.
- 24 Urbina Cárdenas, J. (2017). *Enfoque Pedagógico dialógico/crítico. Concurrencias con el constructivismo social*. Ocaña.
- 25 Visbal Cadavid, Delmiro; Mendoza Díaz Santana, (2017). *Estrategias de aprendizaje en la educación superior*. Sophia, vol. 13. N°.2. pp. 70-81.
- 26 Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.