

Apropiación social del conocimiento investigación, innovación y extensión



Autores Varios

Apropiación social del conocimiento investigación, innovación y extensión

José A. Soto Mejía
Manuela Gómez Suta
Jorge Augusto Montoya Arango
Andrés Prieto M.
Giovanni Morales Palacio
John Jairo Ocampo Cardona
Willmer Alexis Leguizamo Rincón
Erika Juliana Hernández Valencia
Laura Andrea Florez Bedoya
Jorge Iván Montes Monsalve
Rubén José Dorantes Rodríguez
Beatriz Cruz Muñoz
Jhon Jaime Correa Ramírez
Natalia Agudelo Castañeda
Edwin Mauricio López
Claudia Viviana Hurtado Loaiza
Cecilia Luca Escobar Vekeman
Diego Alejandro Chaves Obando
Eliana Noelly
Reyna Quiceno
Dilan Andrey Montoya
Elizabeth Anaya Henao
Marcia Valencia Alvarez
María Gladys Agudelo Gil
Luz Marina Henao Restrepo

Yorman Julian Gonzalez Ramirez
Olga Lucia Bedoya
Luis Guillermo Garcia Garcia
Leidy Mariana Mosquera Rivera
Jorge Iván Montes Monsalve
Beatriz Cruz Muñoz
Rubén Dorantes Rodriguez
Leidy Mariana Mosquera Rivera
Manuela Gómez-Suta
Julián D. Echeverry-Correa
José A. Soto-Mejía
Nelcy N Atehortua-Sanchez
Julián D Echeverry-Correa
Edison Henao Castañeda
Carlos Alberto Romero Piedrahita
Héctor Fabio Quintero Riaza
Juan Camilo Mejía Hernández
Juan David Ramírez
Oscar Gómez Carmona
Mauricio Granada Echeverry
Carlos Julio Zapata Grisales
María Camila Benítez A.
Miguel Ángel Santana D.
Luis Guillermo Gaviria A.
José Luis Tristancho R.



Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión
Universidad Tecnológica de Pereira

2020

Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión
Apropiación social del conocimiento investigación, innovación
y extensión / Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y
Extensión. – Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2020.
545 páginas. – (Colección Trabajos de investigación).

eISBN: 978-958-722-499-3

1. Conflicto armado – Colombia 2. Políticas públicas 3. Gases
refrigerantes 4. Interacción urbana 5. Urbanismo 6. Calentadores
de agua 7. Corregimientos urbanos – Risaralda 8. Lingüística -
Risaralda (Colombia) 9. Gastronomía – Risaralda (Colombia) 10.
Vehículos – Sistema eléctrico

CDD. 300

Apropiación social del conocimiento investigación, innovación y extensión

© Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión

© Universidad Tecnológica de Pereira

eISBN: 978-958-722-499-3

Publicación financiada con recursos de la Vicerrectoría de Investigaciones , Innovación y
Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira

Trabajo de Investigación

Universidad Tecnológica de Pereira
Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión
Editorial Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Coordinador editorial:

Luis Miguel Vargas Valencia

luismvargas@utp.edu.co

Teléfono 313 7381

Edificio 9, Biblioteca Central “Jorge Roa Martínez”

Cra. 27 No. 10-02 Los Álamos, Pereira, Colombia

www.utp.edu.co

Montaje y producción:

María Alejandra Henao Jiménez

Universidad Tecnológica de Pereira

Pereira

Reservados todos los derechos

CONTENIDO

CAPÍTULO UNO.

Generación semiautomática de red semántica para describir comunidades víctimas del conflicto armado colombiano como insumo para la formación de políticas públicas / Semi-automatic generation of semantic network to describe communities' victims of the Colombian armed conflict as input for the formation of public policies8
José A. Soto Mejía, Manuela Gómez Suta

CAPÍTULO DOS.

Desarrollo y optimización del proceso de recuperación y regeneración de gases refrigerantes /
Development and optimization of the refrigerant gas recovery and regeneration process.....36
Jorge Augusto Montoya Arango, Andrés Prieto M., Giovanni Morales Palacio

CAPÍTULO TRES.

Interacciones rururbanas del corregimiento de alta gracia/
Rurban interactions of alta gracia village69
*John Jairo Ocampo Cardona, Willmer Alexis Leguízamo Rincón,
Erika Juliana Hernández Valencia*

CAPÍTULO CUATRO.

Fabricación de absorbedores solares para calentadores de agua de baja temperatura, herramienta para la mitigación del cambio climático /
Manufacturing of solar absorbers for low temperature water heaters, a tool for climate change mitigation 110
*Laura Andrea Florez Bedoya, Jorge Iván Montes Monsalve,
Rubén José Dorantes Rodríguez, Beatriz Cruz Muñoz*

CAPÍTULO CINCO.

Sabores de Risaralda: Construcción de un inventario intercultural del patrimonio gastronómico de la región /
Risaralda's flavors: Intercultural inventory construction of the gastronomic heritage of the region 139
Jhon Jaime Correa Ramírez, Natalia Agudelo Castañeda, Edwin Mauricio López

CAPÍTULO SEIS.

Reconstruyendo la Historia desde Adentro: Una Experiencia Significativa en la Ciudad de Pereira, Risaralda: San Isidro- Puerto Caldas. /
Rebuilding History from the Inside: A Significant Experience in the City of Pereira, Risaralda: San Isidro - Puerto Caldas..... 161
*Claudia Viviana Hurtado Loaiza, Cecilia Luca Escobar Vekeman,
Diego Alejandro Chaves Obando, Eliana Noelly Reyna Quiceno,
Dilan Andrey Montoya, Elizabeth Anaya Henao, Marcia Valencia Alvarez*

CAPÍTULO SIETE.

- Un instrumento para diagnosticar y caracterizar lingüísticamente las afasias en el contexto risaraldense. /
An instrument to diagnose and linguistically characterize aphasias in Risaralda context 208
María Gladys Agudelo Gil, Luz Marina Henao Restrepo

CAPÍTULO OCHO.

- Uso de data miner en la captura de imaginarios urbanos: transformaciones de los croquis ciudadanos de pereira (2009-2019). /
Use of data miner in the capture of urban imaginaries: transformations of the citizen croquis of pereira (2009 - 2019)..... 261
Yorman Julian Gonzalez Ramirez, Olga Lucia Bedoya

CAPÍTULO NUEVE.

- Hay festival minivoleibol U.T.P /
There is a minivoleibol festival U.T.P..... 290
Luis Guillermo Garcia Garcia

CAPÍTULO DIEZ.

- Fabricacion de superficies selectivas sobre sustratos metalicos utilizando las tecnicas cvd asistida por aerosol y aspersion. /
Manufacture of selective surfaces on metallic substrates using the techniques of spray and cvd assisted by aerosol 323
Leidy Mariana Mosquera Rivera, Jorge Iván Montes Monsalve, Beatriz Cruz Muñoz, Rubén Dorantes Rodriguez, Leidy Mariana Mosquera Rivera

CAPÍTULO ONCE.

- Propuesta para la construcción semi - automática de conceptos coherentes en el aprendizaje ontológico mediante textos en español. /
Proposal for the semi - automatic construction of coherent concepts in ontology learning through texts in Spanish..... 353
Manuela Gómez-Suta, Julián D. Echeverry-Correa, José A. Soto-Mejía

CAPÍTULO DOCE.

- Predicción de parámetros del movimiento del suelo implementando algoritmos de estimación para la evaluación probabilística de amenaza sísmica / Predictions of soil movement parameters implementing estimation algorithm for probabilistic evaluation of seismic hazard 392
Nelcy N Atehortua-Sanchez, Julián D Echeverry-Correa

CAPÍTULO TRECE.

- Diseño, construcción e instrumentación de un banco de pruebas para caracterización de pérdidas mecánicas en motores de encendido por chispa de bajas potencias /
Design, construction and instrumentation of a test bench for mechanical losses characterization in low power spark ignition engines..... 426
Edison Henao Castañeda, Carlos Alberto Romero Piedrahita, Héctor Fabio Quintero Riaza, Juan Camilo Mejía Hernández, Juan David Ramírez

CAPÍTULO CATORCE.

Herramienta computacional para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas secundarios de distribución / Computer software to calculate technical losses in secondary energy distribution networks.....	468
<i>Oscar Gómez Carmona, Mauricio Granada Echeverry, Carlos Julio Zapata Grisales</i>	

CAPÍTULO QUINCE.

Caracterización y modificaciones del motor honda gx-35 y diseño del sistema eléctrico del vehículo tipo prototipo shell eco-marathon / Characterization and modifications of the honda gx-35 engine and desing of the electrical system of the shell eco – marathon prototype vehicle.....	511
<i>María Camila Benítez A, Miguel Ángel Santana D, Luis Guillermo Gaviria A, José Luis Trisancho R.</i>	

1

**CAPÍTULO
UNO**

**Generación semiautomática de red
semántica para describir comunidades
víctimas del conflicto armado colombiano
como insumo para la formación de
políticas públicas**

**Semi-automatic generation of semantic
network to describe communities' victims
of the Colombian armed conflict as input
for the formation of public policies**

*José A. Soto Mejía
Universidad Tecnológica de Pereira
jomejia@utp.edu.co*

*Manuela Gómez Suta
Universidad Tecnológica de Pereira
madegomez@utp.edu.co*

RESUMEN

Este documento expone una red semántica que describa comunidades víctimas del conflicto armado. La red fue generada semiautomáticamente a partir de datos textuales, empleando herramientas de minería de textos y técnicas de análisis multivariado. Con los resultados documentados y la representación de la red semántica, futuras investigaciones podrán generar un modelo ontológico, que facilite el desarrollo de procesos automáticos y ejecutables por máquinas computacionales.

Palabras Claves: Red semántica, políticas públicas, minería de textos, técnicas de análisis multivariado.

ABSTRACT

This document presents a semantic network that describes communities victims of the armed conflict. The network was generated semi-automatically from textual data, using text mining tools and multivariate analysis techniques. With the documented results and the representation of the semantic network, future research will be able to generate an ontological model that facilitates the development of automatic processes that can be executed by computational machines.

Keywords: Semantic network, public policy, text mining, multivariate analysis techniques.

INTRODUCCIÓN

La situación de violencia en Colombia ha producido dinámicas que escapan al control del Estado y dificultan que las instituciones edifiquen la agenda pública, al poseer limitaciones para describir los elementos del entorno social y político que la formación de las políticas públicas. Para suplir estas limitaciones, la mayoría de las instituciones nacionales emplean estudios cualitativos o

parten de investigaciones estadísticas; estos insumos aun cuando son valiosos presentan ciertas falencias. Otra metodología no explorada a nivel nacional colombiano, pero que se lleva a cabo en otros contextos internacionales es la utilización de redes semánticas para la descripción de comunidades, así brindar un insumo que las instituciones puedan emplear para reconocer los pilares cruciales en la formación de políticas públicas. En el presente documento, se expone el proceso para la generación semiautomática de una red semántica a partir del tratamiento de datos textuales, empleando herramientas de minería de textos y técnicas de análisis multivariado. El siguiente apartado presenta el planteamiento y justificación del problema abordado.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La violencia en Colombia ha producido dinámicas que escapan al control del Estado, debilitando sus estructuras y produciendo que su autoridad desaparezca en gran parte del territorio, ya que dichas instituciones son las encargadas de edificar la agenda pública, mediante la caracterización del escenario (Alzate, 2010). Adicional a la desaparición de la autoridad del Estado, la naturaleza de las instituciones está guiada por un modelo de gestión pública, cuya premisa es satisfacer las necesidades de los ciudadanos a través de la efectividad en el diseño y la aplicación de políticas, mediante la profesionalización de la administración de lo público. En este orden, la edificación de la agenda pública queda enmarcada en las competencias de los funcionarios delegados, cuando se esperaría que este sea el espacio en el cual diversos actores sociales, vinculados o no al gobierno, evidencien sus posiciones, argumentos y necesidades frente a una misma situación (Alzate, 2010).

Lo anterior obstaculiza el proceso de formación de la política pública, ya que como señala Kingdon (1984), durante este es preponderante reconocer y analizar: i) los elementos del entorno social y político que influyen en la configuración de una política

pública y ii) las preferencias, creencias e intereses de los actores involucrados. El Estado consciente de su responsabilidad ha buscado herramientas que le permitan caracterizar y describir la comunidad de interés a la luz de la formación de la agenda pública.

En este orden, a las instituciones estatales se les han ofrecido herramientas cualitativas y estadísticas que les ayudan a obtener información sobre la comunidad de interés y sus problemáticas. No obstante, estos insumos aun siendo valiosos para la comprensión profunda del medio sociocultural, presentan una serie de falencias: los proyectos antropológicos, sociológicos y etnográficos cualitativos requieren masivas investigaciones detalladas sobre una región o grupo, pueden llevar años y sus resultados no son escalables porque los métodos utilizados son a menudo específicos del contexto (Carley, Bigrigg, & Diallo, 2012); por otro lado, las investigaciones estadísticas parten del análisis de observaciones en un solo punto en el tiempo o de pocas en un intervalo limitado.

En el escenario internacional, investigadores, analistas y encargados de formular políticas hacen uso de redes semánticas que facilitan la comprensión rápida sobre la disposición de la comunidad afectada y los recientes cambios en el entorno sociocultural (Carley et al., 2012), porque constituyen formalismos para capturar el conocimiento humano en una abstracción adecuada para el procesamiento por medio de entidades inteligentes como las computadoras (Brachman, 1977).

La propuesta de emplear la red semántica se sustenta al reconocer que desde las investigaciones de carácter cualitativo se procesan y analizan textos de fuente abierta a través de los cuales etnógrafos, antropólogos y sociólogos comprender la realidad del entorno de interés (Carley et al., 2012). No obstante, el actual volumen de textos que se debe analizar para caracterizar a una comunidad sugiere la necesidad de un nuevo enfoque

automatizado (van Holt et al., 2012) donde el conocimiento quede esquematizado en un formato mediante el cual entidades inteligentes puedan manipularlo.

En este sentido, los autores del presente documento han identificado que la red semántica es una representación oportuna para describir información concerniente a las comunidades víctimas del conflicto armado colombiano y las dinámicas que este conlleva, con el fin de crear un insumo que las instituciones empleen en su desempeño como actores en la construcción de la paz durante la formación de políticas públicas y planes de desarrollo.

OBJETIVO

El objetivo del presente artículo es documentar el proceso para la generación de una red semántica que describa comunidades víctimas del conflicto armado, considerando como caso de interés la comunidad de Arauca durante el periodo 2013-2018. La red se genera siguiendo el método de Aussenac-Gilles, Biebow, & Szulman (2002). Así mismo se propone emplear herramientas de minería de textos y técnicas de análisis multivariado para su construcción semiautomática, en especial se realiza una propuesta para la identificación de los conceptos que pertenecen a la red y facilitan describir a la comunidad de interés.

El siguiente apartado expone el sustento teórico que justifica la ejecución del estudio documentado, así como la naturaleza metodológica del mismo.

REFERENTE TEÓRICO

Roth (2002) expone que una política pública existe siempre y cuando instituciones estatales asuman total o parcialmente la tarea de alcanzar objetivos estimados como deseables o necesarios, por medio de un proceso destinado a cambiar una situación percibida

como problemática. La política pública alcanza sus objetivos por el ciclo de la política que está conformada por las siguientes etapas: i) identificación y estructuración del problema que conlleva la lectura y discusión que diferentes actores realizan del problema desde su perspectiva (Kingdon, 1984) con el fin de describir la situación a abordar, ii) formulación de soluciones al clarificar, mediante el primer paso del ciclo, cuáles son las necesidades de los actores involucrados en el problema (Quintana, 2014), iii) implementación y evaluación de soluciones que permiten redefinir las características del problema.

Así la identificación y estructuración del problema es crucial para su correcta formulación, el adecuado establecimiento de metas y las actividades a ejecutar, además esto incide en la evaluación que haga la institución de su capacidad para describir el problema que se desea resolver. Por consiguiente, es relevante conocer las herramientas empleadas por las instituciones para describir las regiones y sus respectivos problemas, ya que es a través de estas que se recolecta y analiza la información con la cual se formulan las políticas públicas.

Al analizar dichas herramientas se identifican que desde el ámbito nacional no ha sido explorada la utilización de redes semánticas (Carley et al., 2012; van Holt et al., 2012) las cuales se originan en el trabajo de Quillian (1969) como un mecanismo asociativo general para catalogar los significados de las palabras con el fin de desarrollar un esquema de codificación formal y uniforme que reflejará la estructura semántica del fenómeno a modelar, para que este pueda ser manejable mediante procedimientos generales. En el caso particular de emplear las redes semánticas como instrumento de apoyo en la formación de políticas públicas, el fenómeno a modelar o representar es la comunidad que padecerá la ejecución de la agenda pública.

La red semántica es candidata para la descripción de una comunidad víctima del conflicto armado colombiano, que soportará la potencial ejecución de una política pública, porque esta representación del conocimiento usa el lenguaje natural de forma axiomatizada, al emplear nodos y enlaces que plantean la intensión del fenómeno a simbolizar, con lo cual se pueden reconocer las características de la comunidad que se desea estudiar. Dadas las ventajas de emplear redes semánticas para la descripción de un entorno social, diferentes estudios de carácter internacional se han focalizado en la construcción de estas. A continuación, se mencionan algunos de estos esfuerzos.

El modelado de conocimiento mediante redes semántica ha sido usado para describir comunidades con marcadas dificultades políticas y sociales, por ejemplo, van Holt et al. (2012) caracterizaron a través de una red de información construida con fuentes textuales, el conflicto étnico de Sudán entre 2003-2010. Así mismo se encuentra la investigación de Carley et al. (2012) quienes obtuvieron como resultados una red de información textual que caracterizaba la dinámica de Afganistán durante el 2010 – 2013. Igualmente, las redes semánticas han sido aprovechadas para reconocer la dinámica de grupos de interés, ejemplo de esto es el trabajo de Hutchins & Benham-Hutchins (2010) quienes realizaron un análisis multimodal de datos estructurados y no estructurados, para entender las relaciones entre las personas que conformaban la red criminal de narcotráfico en parte de los estados unidos de américa.

La red semántica que se propone surge del empleo de datos textuales porque durante la creación de etnografías, la mayoría de los investigadores evalúan los datos de texto de fuente abierta para proporcionar orientación sobre las principales características de una región (van Holt et al., 2012). Así mismo, este enfoque es posible dado el tremendo crecimiento en la cantidad de información digital disponible, en gran parte en forma no estructurada o de texto.

Desde un nivel general Drumond & Girardi (2008) exponen que la edificación de una red semántica a partir de datos textuales conlleva:

- Selección del vocabulario: Es usual que este proceso lo ejecute un experto (o varios de ellos) de forma manual (Carley et al., 2012; van Holt et al., 2012; Hutchins & Benham-Hutchins, 2010). En algunas ocasiones previo a la formación del vocabulario, se ponderan los términos siguiendo una medida seleccionada por los investigadores, después se filtran aquellos que posean un valor menor a un límite deseado (Carley et al., 2012). Así mismo existen proyectos que usan un corpus etiquetado, es decir, textos que ya han sido indexados en categorías predefinidas. Investigaciones como las de Zhu, Wang, & He (2016) utilizan bases de datos que facilitan el reconocimiento de entidades nombradas dentro del corpus, sin necesidad que los documentos estén etiquetados.

- Establecimiento de conceptos: Se realiza mediante la ponderación de los términos que pertenecen al vocabulario, en otras palabras, los investigadores a partir de una métrica seleccionada jerarquizan los términos y aquellos con mayor ponderación son reconocidos como conceptos cuya semántica recoge otras expresiones presentes en los textos analizados (Carley et al., 2012; van Holt et al., 2012; Zhu et al., 2016).

- Las relaciones entre términos y conceptos: Usualmente se da mediante análisis de coocurrencia en el corpus (Schrodt & Van Brackle, 2013; van Holt et al., 2012; Zhu et al., 2016), al partir del supuesto que los términos son mutuamente dependientes cuando su utilización conjunta es muy común.

No obstante, estas propuestas metodológicas poseen falencias sobre los tiempos de generación, por ejemplo, la formación manual del vocabulario retrasa la construcción de la red (Zhu et al., 2016), por ende, aminora una de sus principales ventajas. Igualmente, el etiquetado manual de texto previo al procesamiento de datos limita la escalabilidad de la red, ya que cada nuevo texto que se desee procesar debe estar indexado (Carley et al., 2012).

La calidad de los conceptos identificados mediante la ponderación de términos es dependiente de: i) pasos preprocesamiento de texto y ii) la métrica utilizada para jerarquizar la relevancia de las palabras (Astrakhantsev et al., 2015). Establecer las relaciones entre las unidades textuales de la red mediante medidas de coocurrencia, no se identifican conexiones subyacentes en el texto, es decir, aquellas implícitas, ya que sólo se analiza la información textual del corpus.

Dadas las debilidades de los actuales planteamientos para construir redes semánticas, desde este proyecto se propone emplear herramientas de minería de textos y técnicas de análisis multivariado con el fin de superar parte de las falencias de las investigaciones mencionadas. En este sentido, la contribución metodológica de esta propuesta consiste en el establecimiento de conceptos y subconceptos, al utilizar técnicas de análisis factorial y análisis de componentes principales; bajo este esquema, identificar relaciones entre las unidades textuales de la red. El abordaje propuesto se diferencia a los mencionados previamente porque no restringe la identificación de conceptos a experiencias humanas, modelos teóricos anteriores, diccionarios semánticos, bases de conocimiento o ponderación de términos. En el siguiente apartado se ahonda en la propuesta expuesta, así como en los métodos, procesos y procedimientos asociados.

METODOLOGÍA

La presente investigación no contaba con ningún tipo de representación de conocimiento que describiera comunidades víctimas del conflicto, por consiguiente, el insumo inicial fue el conjunto de textos a procesar (también denominado corpus) en lenguaje natural. En este sentido, el método seleccionado es el propuesto por Aussenac-Gilles et al. (2002) quienes establecen una serie de procesos con el fin de establecer la conceptualización de la red semántica a partir del estudio de un corpus. Al construir representaciones de conocimiento como lo son las redes

semánticas, es usual que el cuello de botella sea la adquisición del conocimiento que describa el fenómeno a modelar, así como la conversión de estos datos a conceptos y relaciones relevantes. Con el fin de reducir esta dificultad, diversas investigaciones (Carley et al., 2012; Schrodtt & Van Brackle, 2013; van Holt et al., 2012; Zhu et al., 2016) han empleado herramientas de minería de textos (MT). Así se establecieron tres procesos que se describen a continuación.

Extracción de términos para la formación del vocabulario

Los procedimientos de extracción de términos se enfocaron en localizar un conjunto específico de palabras que se hayan en documentos de interés. Los procedimientos que se ejecutaron fueron:

- Establecimiento del corpus, teniendo en cuenta el fenómeno que se deseaba modelar eran las comunidades víctimas del conflicto armado colombiano, teniendo acentuado interés en la comunidad de Arauca.
- Preprocesamiento de los datos textuales considerando tokenizar el corpus, normalizar los caracteres a minúscula, eliminar la puntuación y signos diacríticos.
- Colección de candidatos donde se ploteo las actividades como filtrar los caracteres que contuvieran números, determinar las alternativas de escritura, eliminar palabras de paradas.
- Cálculo de características donde se modelaron los términos bajo la hipótesis de la bolsa de palabras y se empleó la ponderación TD – IDF; después se esquematizaron los datos mediante la “matriz término documento (MTD)”.
- Inferencia basada en características, se realizó a partir de evaluación de expertos.

Identificación y etiquetado de conceptos, así como de subconceptos

Para manipular los datos se inicia con la MTD, no obstante, esta matriz es dispersa y poco informativa, por lo tanto, se realiza una transformación mediante la técnica de análisis latente semántico que permite recopilar todos los contextos dentro de los cuales aparecen los términos del vocabulario y establecer factores comunes que representen conceptos subyacentes.

Una vez planteada la matriz mejorada, se realizó un análisis factorial exploratorio con el fin de identificar los conceptos subyacentes a los términos ponderados en los diferentes documentos. Es así como el análisis factorial facilita la formación de conceptos cuando estos surgen de los factores latentes que reúnen algunas variables originales. Dentro del análisis factorial se considera la rotación *varimax* que preserva la incorrelación entre los factores (conceptos) y favorece la interpretación de estos ya que permite visualizar aquellos rasgos comunes dados por las características de las variables asociadas.

El etiquetado del factor fue realizado por los autores del presente documento quienes interpretaron el significado de aquellos términos que poseían mayor puntuación en el respectivo factor y sumado al conocimiento de dominio, nombraron cada concepto. Durante el desarrollo de esta actividad, se consideró que la fundamentación del análisis factorial plantea que los factores resultantes son ortogonales entre sí, por ende, los atributos a través de los cuales se interpretaban y nombraban debían posibilitar que los conceptos fueran diferenciables entre ellos.

Para hallar los subconceptos asociados a cada concepto etiquetado, se ejecutó la técnica de análisis de componentes principales con la cual se ubicó a cada individuo (documento) en el espacio factorial (de conceptos) y después se calculó una distancia coseno entre cada texto y concepto etiquetado, de esta

forma se identificaron aquellos documentos que apoyaban en mayor medida la creación de cada concepto y, por ende, contenían información sobre los subconceptos. Para cada concepto, se estableció un conjunto de documentos que fue procesado nuevamente bajo todas las actividades previamente mencionadas, por ende, se identificaron los subconceptos mediante análisis factorial y se etiquetaron manualmente.

Reconocimiento de relaciones entre las unidades conceptuales

Las relaciones entre conceptos y subconceptos se establecieron al analizar la composición de cada factor. En este orden, el enfoque metodológico ejecutado permitió identificar que existía una relación entre unidades conceptuales, pero no el tipo de enlace, por esta razón los autores del trabajo establecieron la naturaleza de la conexión a partir de conocimiento de dominio. Por último, se representaron las unidades conceptuales y las relaciones entre ellas a través de un esquema gráfico no legible por las máquinas, sin embargo, se seleccionó esta representación porque facilita al ser humano interpretar y comprender la información contenida en él.

Para realizar un ejercicio de verificación de la red, se solicitó a un experto responder una serie de preguntas usando sólo el conocimiento que se hallaba en la red, de forma posterior, parte de los autores del documento verificaron que las respuestas brindadas no presentaran información contradictoria a la esquematizada en la red, además que las contestaciones del experto no contradijeran la información de los documentos analizados, en este sentido, parte de los autores del manuscrito estudiaron cuidadosamente los textos.

En el siguiente apartado se presentan los principales resultados al ejecutar la metodología planteada.

RESULTADOS

El corpus empleado para este trabajo constaba de 100 publicaciones periódicas escritas en el idioma español y seleccionadas manualmente. Los documentos fueron extraídos mediante un buscador de internet, considerando que los criterios de selección consistían en que cada texto hubiera sido publicado entre el 2013 a 2018 y que su contenido estuviera relacionado con la comunidad de Arauca.

Una vez capturado el corpus, se estudiaron las palabras asociadas que surgió de analizar la matriz de correlación entre los términos y el posterior juicio de expertos. A manera de ejemplo, se identificó una relación positiva perfecta entre “*conflicto armado*” y “*conflicto interno*”, más adelante haciendo uso de juicio de expertos se reconoció que dicha relación era correcta, por ende, se estableció que estas palabras estaban asociadas y que cada vez que surgiera en el corpus el segundo de los términos mencionados se debía reemplazar por el primero, con el fin de que las actividades subsecuentes no fueran sesgadas por la múltiple aparición de palabras que semánticamente eran semejantes (Manning & Schutza, 2000).

A partir de la colección de candidatos y el cálculo de características, se estableció un conjunto de términos que se compararon con aquellos determinados por el grupo de expertos, a quienes se le solicitó etiquetar el 25% de los textos. Las métricas de comparación se retomaron de Astrakhantsev et al. (2015) quienes proponen emplear precisión (P), recuperación (R) y medida – F (F). De esta manera, se obtuvo , y .

Así se identificó que, dadas las características metodológicas descritas para la extracción de términos, se alcanzó un 88,5% de precisión (proporción de términos recuperados relevantes dado el juicio de expertos), un 93.46% de reconocimiento (es la razón entre ítems relevantes recuperados y el total de términos

relevantes). Igualmente, la medida promedio entre la precisión y el reconocimiento fue de 90%. Lo anterior demuestra que el proceso de extracción empleado permitió hallar términos relevantes para el dominio de interés (comunidad de Arauca- víctima del conflicto armado), lo que garantiza que son datos de entrada coherentes en la construcción de conceptos para la red semántica buscada.

Para la identificación y etiquetado de conceptos, los datos son esquematizados en una MTD (matriz termino-documento) y posterior mejora la calidad de esta matriz mediante la aplicación del análisis latente semántico. Para ejecutar esta técnica; primero, se extrajeron los valores propios de la MTD normalizada considerando que dicha extracción se dio mediante la descomposición de valor singular (SVD- *singular value decomposition*) (Deerwester et al., 1990); segundo, se seleccionaron los k valores propios que eran mayor a la unidad; tercero, se obtuvo la versión troncada de la MTD, es decir, a partir de las matrices resultantes después de ejecutar la SVD, se eligieron los k valores singulares que habían pasado el criterio de selección y sus respectivas columnas.

De esta manera, se obtuvo una matriz de las mismas dimensiones que la MTD, pero más informativa ya que el análisis latente semántico recopila todos los contextos dentro de los cuales aparecen las palabras del vocabulario y establece factores (latentes) que representen información común subyacente.

En este orden de ideas, se aplicó la técnica de análisis factorial exploratorio por lo cual se consideraron los siguientes planteamientos de Uriel & Aldás (2005):

- Evaluar que el determinante de la matriz de correlación fuera igual o cercano a cero, con el objetivo de reconocer que las variables observables (términos del vocabulario) estuvieran altamente intercorrelacionadas entre sí y hubiera evidencia que soportará el desarrollo del modelo factorial.

- Establecer la matriz de componentes tipificados mediante el método de componentes principales para la extracción de factores. Se empleó el criterio de la media aritmética para la retención de factores. Es así como se hallaron 28 factores (conceptos) del corpus seleccionado.
- Valorar el modelo factorial estimado al estudiar el valor absoluto de la diferencia entre los coeficientes de correlación observados y reproducidos.
- Analizar la comunalidad de las variables originales en el modelo factorial. Es así como se reconoció que la varianza de todos los términos del vocabulario, producto de los factores comunes estaba entre 0.97 y 0.99. Lo anterior es una buena señal de la bondad del modelo.
- Rotar la matriz de factores tipificados con el fin de analizar fácilmente las interrelaciones entre las variables.

Es así como se identificaron 28 conceptos. A continuación, se ejemplifica para el concepto (factor) número cuatro, el análisis a través del cual fue etiquetado. En la Tabla 1, se presentan los términos cuyas cargas son representativas en el factor de interés y las palabras asociadas a cada término.

Se identificó que los términos con alta ponderación en el factor cuatro, poseían una fuerte relación con la violencia contra la mujer. En la Tabla 1, los términos número uno y cuatro representan componentes en las formas de violencia contra la mujer araucana, es decir, los valores altos en “rangos altos” se pueden asociar con las relaciones desiguales que tienen hombres y mujeres en contextos como los grupos insurgentes, donde los altos rangos aprovechan su estatus de poder para entablar relaciones con milicianas y estas no tienen la posibilidad de negarse por miedo a contradecir a alguien superior en nivel jerárquico y sufrir las consecuencias que esto conlleva. Así mismo el término “compañeras sentimentales” hace referencia a las compañeras de los miembros de la policía que han

sufrido violencia sexual, física y feminicidios a mano de actores del conflicto (como los paramilitares, grupos guerrilleros, entre otros) por emprender relaciones sentimentales con miembros de la fuerza pública, caso específico se hallan las pocholeras.

La “hipermasculinidad” hace relación a la cultura sexista que conlleva el conflicto armado, donde los soldados debían representar fortaleza y violencia, en este orden para demostrar su poder atacaban a personas inferiores y de menor fuerza física como las mujeres. El término número dos en la Tabla 1, expresa el centro nacional de memoria histórica (cnmh) quien es el encargado de documentar las formas de violencias que se dieron durante el conflicto en el período de tiempo analizado, en especial esta entidad ha tenido como responsabilidad registrar la violencia sexual ejercida por el “bloque vencedores de Arauca (bva)”. El término bva puede ser interpretado como: i) uno de los principales actores de violencia de género en el departamento de Arauca, o ii) su conexión con la función del cnmh, ya que este grupo paramilitar (bva) ha estado inactivo desde un tiempo mayor a la procedencia de los documentos analizados (desmovilizados en el 2011). En este sentido se llega al término “violencia género” el cual se refiere al maltrato hacia la mujer por ser del género femenino. En consecuencia, se consideró apropiado nombrar al factor como el concepto “Violencia contra la mujer araucana”.

Tabla 1. *Términos y palabras asociadas de “C3: Violencia contra la mujer araucana”*

No.	Términos	Palabras Asociadas
1	rangos altos	jerarquía de poder
		posición de poder
		relaciones de poder
2	cnmh (centro nacional de memoria histórica)	centro nacional de memoria histórica
		centro de memoria histórica

3	hipermasculinidad	guerrero grande fuerte y violento en extremo
		cohesión entre sus hombres
		cultura sexista
4	compañeras sentimentales	novias de miembros de la policía o el ejercito
		pocholeras
		relación con los soldados y policías
5	bva (bloque vencedores de Arauca)	bloque vencedores de Arauca
		bloque vencedores
6	violencia género	violencia contra las mujeres niñas y adolescentes
		discriminación contra la mujer
		violencia contra las araucanas
		daño a las mujeres
		violencia de género
		violencias contra ellas

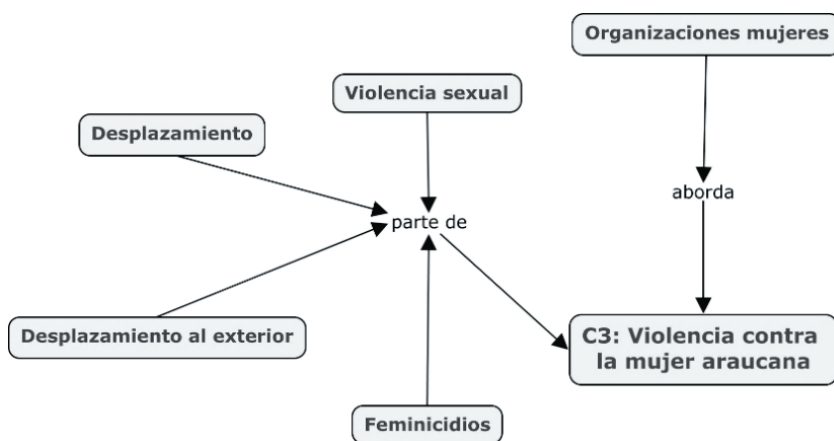
Fuente: Autores

El procedimiento arriba descrito para establecer el nombre, la etiqueta del factor 4, se repitió para los otros 27 factores restantes. Para identificar los subconceptos asociados (ver sección Metodología- Identificación y etiquetado de conceptos, así como de subconceptos) se calcularon las puntuaciones factoriales, es decir, los valores que toman cada uno de los documentos en los factores (conceptos) identificados (Uriel & Aldás, 2005). Después se identificaron aquellos documentos que estaban más cerca a cada factor mediante la distancia coseno. Estos documentos fueron procesados nuevamente mediante las actividades previamente descritas para el corpus de documentos originales (extracción de términos, identificación y etiquetado de subconceptos).

Por último, se representó gráficamente las unidades conceptuales identificadas, así como las relaciones entre ellas. En la Figura 1 se presenta la esquematización del concepto C3, donde violencia sexual es “parte de” C3: Violencia contra la mujer araucana; igualmente Desplazamiento, Desplazamiento al exterior y Femicidio son “parte de” C3: Violencia contra la mujer araucana.

El ejercicio de verificación (ver arriba sección Metodología, subsección Reconocimiento de relaciones entre las unidades conceptuales) de la red semántica permitió reconocer que la red semántica generada exponía correctamente la información contenida en el corpus, además que la estructura diseñada no producía confusiones a la persona que la interpretaba. Es necesario aclarar, como se ha mencionado previamente, que este ejercicio de verificación se realizó mediante juicio de expertos.

Figura 1. Red semántica que considera únicamente “C3: Violencia contra la mujer araucana”



Fuente: Autores

La validación de la red se realizó con ayuda de un experto a quien se le solicitó responder una serie de preguntas a partir del conocimiento que se hallaba en la red.

Las preguntas planteadas al experto fueron:

- ¿Qué información de trabajo se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre la construcción de paz se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre educación se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre revictimización se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre acciones se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre incertidumbre se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre cultura de violencia sexual se presenta en la red?
- ¿Qué información sobre violencia intrafamiliar se presenta en la red?

El experto planteo las s respuestas presentadas en la tabla 2. Estas respuestas fueron verificadas por los autores del presente documento y se halló que no existían falencias en las mismas, es decir, no se exponía menos información a la expresada en la red. Además, se verificó que la información plasmada por el experto no fuera contradictoria a la expuesta por los documentos analizados, este punto lo realizó la autora del informe quien manipulo en detalle cada uno de los datos. Es así como se ejecutó la evaluación de la ontología planteada.

Finalmente, en la sección Conclusiones se resaltan las restricciones de este estudio, así como futuras líneas de investigación.

Tabla 2. *Respuestas planteadas por el experto*

Pregunta	Respuestas
¿Qué información de trabajo se presenta en la red?	Enfoque de género solicita trabajo
	Es una necesidad que tienen las victimas
	Trabajo para el rol de la mujer en el posconflicto

Pregunta	Respuestas
<p>¿Qué información sobre la construcción de paz se presenta en la red?</p>	<p>Considera las características de Arauca que afectan el diagnóstico sobre el conflicto armado, el desplazamiento al exterior, el modelo social y la dinámica entre FARC y ELN</p>
	<p>Considera la revictimización, rol de la iglesia, el modelo social, la protección que es una necesidad de las víctimas y del rol de la mujer en el posconflicto</p>
	<p>La zona fronteriza, el plebiscito y el frente domingo lain afecta la construcción de paz</p>
	<p>La justicia especial para la paz promueve la construcción de paz</p>
<p>¿Qué información sobre educación se presenta en la red?</p>	<p>El crecimiento del país mediante la educación</p>
	<p>Educación manifestada por Ejercito y FARC</p>
	<p>Educación para la reconciliación</p>
	<p>Existen retos en educación</p>
	<p>La instancia especial beneficia la educación</p>

Pregunta	Respuestas
<p>¿Qué información sobre revictimización se presenta en la red?</p>	<p>Afecta el rol de la mujer</p>
	<p>Es parte del desplazamiento, el desplazamiento al exterior, la restitución de tierras</p>
	<p>En el posconflicto, el crecimiento del país, el enfoque de género y la construcción de paz considera la revictimización</p>
	<p>Existen retos sobre la revictimización</p>
	<p>Movimientos sindicales plantean la revictimización</p>
<p>¿Qué información sobre acciones se presenta en la red?</p>	<p>Las acciones del ELN</p>
	<p>Generan el congelamiento de los diálogos y retos</p>
	<p>Afectan a los líderes y lideresas sociales</p>
	<p>Las organizaciones de mujeres impugnan estas acciones</p>
	<p>Los atentados, contrabando, control territorial, extorsiones y narcotráfico son acciones del ELN</p>
<p>¿Qué información sobre incertidumbre se presenta en la red?</p>	<p>El posconflicto plantea incertidumbre</p>
	<p>Circunscripciones tienen incertidumbres</p>

Pregunta	Respuestas
¿Qué información sobre cultura de violencia sexual se presenta en la red?	No es novedad
	Conlleva un modelo social, feminicidios, discriminación
	Afecta la inversión social
	Causa (la necesidad) de un enfoque de género
	Violencia sexual conlleva (a que existe) una cultura de violencia sexual
¿Qué información sobre violencia intrafamiliar se presenta en la red?	Instancia especial y los movimientos sindicales impugnan la cultura de violencia sexual
¿Qué información sobre violencia intrafamiliar se presenta en la red?	Afecta el rol de la mujer en el posconflicto

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Al seguir la metodología expuesta y ejecutada, se generó una red semántica para la descripción de la comunidad de Arauca, en Colombia, durante el periodo 2013-2018. Es de señalar que este estudio, aun cuando propone un enfoque metodológico innovador para la generación semiautomática de una red semántica, presenta las siguientes limitantes que pueden ser punto de partida para futuras líneas de investigación:

- El tamaño del corpus empleado es pequeño en comparación a estudio semejantes. El número de textos utilizados es relevante ya que se ha demostrado experimentalmente que a medida que este

umenta se obtienen mejores resultados en la calidad de términos y relaciones extraídas.

- La propuesta metodológica presentada aun adolece de un proceso para abordar la desambiguación sintáctica y semánticas durante la formación del vocabulario.

- No se evaluaron diferentes ponderaciones de los términos, aun cuando este tipo de diseños permite progresar en la extracción no supervisada de unidades terminológicas.

- El enfoque estadístico seguido para la creación de conceptos presenta una participación alta del experto para etiquetar los factores, como consecuencia, los resultados podrían adolecer de cierta subjetividad. Se considera que futuras investigaciones deben integrar tesauros relacionados con el tema; lo anterior para disminuir la subjetividad y facilitar el etiquetado de conceptos y subconceptos, empleando menor intervención del experto.

- En el enfoque metodológico seguido no se definen a priori técnicas que permitan establecer el tipo de relaciones entre conceptos.

Al abordar las cuestiones arriba señaladas, se considera que futuros proyectos podrán generar una red semántica partiendo del enfoque metodológico aquí documentado, para luego, transformar dicha red en un modelo ontológico que facilite el desarrollo de procesos automáticos y ejecutables por máquinas computacionales. Lo anterior encaminado a construir un insumo para que las instituciones estatales logren mayor sincronía entre las políticas públicas que formulan, ejecutan y el impacto de estas.

BIBLIOGRAFÍA

Alzate, M. L. (2010). Interpretaciones y aportes recientes sobre las acciones colectivas frente a la violencia y el conflicto armado en Colombia. *Estudios Sociales*, 18(36), 33–55. <https://doi.org/10.15446/es.18.36>

org/10.1017/CBO9781107415324.004

- Astrakhantsev, N. A., Fedorenko, D. G., & Turdakov, D. Y. (2015). Methods for automatic term recognition in domain-specific text collections: A survey. *Programming and Computer Software*, 41(6), 336–349. <https://doi.org/10.1134/S036176881506002X>
- Aussenac-Gilles, N., Biebow, B., & Szulman, S. (2002). Modelling the travelling domain from a NLP description with Terminae. In *Workshop on Evaluation of Ontology Tools, European Knowledge*.
- Blair, E. (2012). *Un itinerario de investigación sobre la violencia. Contribución a una sociología de la ciencia*. (Editorial Universidad de Antioquía, Ed.). Medellín.
- Brachman, R. J. (1977). What's in a concept: structural foundations for semantic networks. *International Journal of Man-Machine Studies*, 9(2), 127–152. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(77\)80017-5](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(77)80017-5)
- Carley, K. M., Bigrigg, M. W., & Diallo, B. (2012). Data-to-model: A mixed initiative approach for rapid ethnographic assessment. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 18(3), 300–327. <https://doi.org/10.1007/s10588-012-9125-y>
- Deerwester, S., Dumais, S., Furnas, G., & Landauer, T. (1990). Indexing by Latent Semantic Analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), 391–407. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571)
- Drumond, L., & Girardi, R. (2008). A Survey of Ontology Learning Approaches. In *Proceedings of the Third Workshop on Ontologies and their Applications* (pp. 36–43). <https://doi.org/10.5120/2610-3642>

- García, M. (2014). Cultivos ilícitos y confianza institucional en Colombia. *Política y Gobierno*, XXI (1), 95–126.
- Hutchins, C. E., & Benham-Hutchins, M. (2010). Hiding in plain sight: Criminal network analysis. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 16(1), 89–111. <https://doi.org/10.1007/s10588-009-9060-8>
- Kingdon, J. (1984). *Agendas, alternatives and public policy*. Boston: Little Brown.
- Manning, C., & Schutza, H. (2000). *Foundations of statistical natural language processing*. The MIT Press. <https://doi.org/10.1145/601858.601867>
- Quillian, M. R. (1969). The teachable language comprehender: a simulation program and theory of language. *Communications of the ACM*, 12(8), 459–476. <https://doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/363196.363214>
- Quintana, C. (2014). *Impacto social y económico en la implementación de políticas públicas*. Bogotá D.C.
- Roth, A.-N. (2002). *Políticas públicas formulación, implementación y evaluación*. (M. P. Jiménez, Ed.) (Primera). Bogotá D.C.: Aurora.
- Schrodtt, P., & Van Brackle, D. (2013). Automated Coding of Political Event Data. In *Handbook of Computational Approaches to Counterterrorism* (pp. 23–49). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5311-6>
- Uriel, E., & Aldás, J. (2005). Análisis factorial. In *Análisis Multivariado Aplicado* (pp. 407–440). Thomson Editores Spain.

van Holt, T., Johnson, J. C., Brinkley, J. D., Carley, K. M., & Caspersen, J. (2012). Structure of ethnic violence in Sudan: A semi-automated network analysis of online news (2003-2010). *Computational and Mathematical Organization Theory*, 18(3), 340–355. <https://doi.org/10.1007/s10588-012-9124-z>

Zhu, B., Wang, Y., & He, C. (2016). Global Social Event Extraction and Analysis by Processing Online News. In *2016 International Conference on Information System and Artificial Intelligence* (pp. 73–76). <https://doi.org/10.1109/ISAI.2016.30>

2

CAPÍTULO
DOS

**Desarrollo y optimización del proceso
de recuperación y regeneración de gases
refrigerantes**

**Development and optimization of the
refrigerant gas recovery and regeneration
process**

*Jorge Augusto Montoya Arango
Facultad de Ciencias Ambientales
Grupo de Investigación de Producción más Limpia
Jorgemontoya@utp.edu.co*

*Andrés Prieto M.
Facultad de Ciencias Agrarias y Agroindustria
Grupo de Investigación de Producción más Limpia
aprieto@utp.edu.co*

*Giovanni Morales Palacio
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro Regional de Producción más Limpia
gmorales@utp.edu.co*

Resumen

El creciente interés por el calentamiento global traducido en las diferentes cumbres mundiales, convenciones y sus respectivos protocolos o acuerdos, han promovido la generación de estrategias nacionales alrededor de las emisiones de Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO), principales agravantes de este fenómeno. La incursión de centros de recuperación y regeneración de gases refrigerantes en Colombia, enmarcada en el cumplimiento de los acuerdos internacionales, hace necesario la investigación y el levantamiento de una línea base que dé cuenta del mercado regional que los centros mencionados deben atender. Esta investigación hace un acercamiento a los usuarios finales de gases CFC-R12 y HCFC-R22 priorizados en el Área Metropolitana Centro Occidente en las actividades de Hospitales, Hoteles, Bancos (entidades financieras), Supermercados y Superetes (tiendas pequeñas).

Se evidenció la correlación existente entre el uso de estos gases y la antigüedad de la infraestructura y equipos de enfriamiento de los que hacen uso, además de la importancia de las firmas especializadas en el mantenimiento de equipos de acondicionamiento y refrigeración. Se encontró que la capacidad instalada de R-22 en el área metropolitana es de 12.521 kg en el 2016. La investigación explora adicionalmente, la dinámica de precios de los gases de estudio y dado que esta fomentada por entidades gubernamentales, ha tenido un impacto positivo hacia la transición a Hidrofluorocarbonados (HFC) y demás gases de nueva generación, con un menor Potencial de Agotamiento de Ozono (PAO). En los aspectos administrativos y procedimentales de la operación del centro se destacan principalmente aquellos que tienen que ver con la determinación del agua en refrigerantes vírgenes y recuperados calidad por valoración Karl Fisher, también los procedimientos para la determinación del cloro en los refrigerantes usando cloruro de plata y el análisis de los gases no condensables mediante la cromatografía de gases.

Palabras claves: Capa de ozono, gases refrigerantes, sustancias agotadoras de ozono, gases de efecto invernadero, potencial de agotamiento del ozono.

Abstract

The growing interest in global warming led to the different world summits, conventions and their respective protocols or agreements, have promoted the generation of national strategies around the emissions of Ozone Depleting Substances (ODS), the main aggravating factors of this phenomenon. The incursion of refrigerant gas recovery and regeneration centers in Colombia, framed in compliance with international agreements, makes it necessary to research and establish a baseline that accounts for the regional market that the recovery and regeneration centers must serve. This research makes an approach to the end users of CFC-R12 and HCFC -R22 gases prioritized in the Central West Metropolitan Area as; Hospitals, Hotels, Banks (financial institutions), Supermarkets and Superetes (small stores).

The correlation between the use of these gases and the age of the infrastructure and cooling equipment they use was evidenced, in addition to the importance of the firms specialized in the maintenance of conditioning and refrigeration equipment. It was found that the installed capacity of R-22 in the metropolitan area is 12,521 kg in 2016. The research also explores the price dynamics of the study gases and how it is promoted by government entities, it has had a positive impact towards the transition to Hydrofluorocarbons (HFC) and other new generation gases, with a lower Ozone Depletion Potential (ODP). Regarding the administrative and procedural aspects of the operation of the center, those that have to do with the determination of water in virgin refrigerants and quality recovered by Karl Fisher assessment stand out, as well as the procedures for the determination of chlorine in refrigerants using chloride silver and the analysis of non-condensable gases by gas chromatography.

Keywords: Ozone layer, refrigerant gases, ozone depleting substances ODS, greenhouse gases, ozone depletion potential ODP.

Introducción

El crecimiento económico y la urbanización, asociados al desarrollo de la industria, los servicios, y diferentes actividades antrópicas, traen como resultado un consumo de combustibles fósiles y gases refrigerantes; al mismo tiempo, la práctica de actividades agropecuarias no apropiadas incide en la generación de elevados volúmenes de gases contaminantes. Todas estas actividades tienen como consecuencia ser la fuente principal en la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono SAO, que, sumados a los efectos del calentamiento global, contribuyen al aumento de la temperatura terrestre, ubicando el año 2015 como uno de los 10 años más calientes según los últimos registros históricos que datan de 134 años de investigación; las temperaturas más altas se registran a partir del año 2000. En consecuencia, se generan una serie de problemáticas relacionadas con la salud pública, la pérdida de biodiversidad y la afectación de los ecosistemas. (NASA, 2016)

La realización de este estudio tiene como propósito caracterizar el uso los gases CFC-12 y HCFC -22 en refrigeración y aire acondicionado en el área Metropolitana Centro Occidente, para usuarios finales, los resultados de este análisis constituirán un insumo importante para apoyar la implementación de estrategias de mitigación o regeneración en la región.

Gracias al amparo legislativo y el apoyo de diferentes actores como CARDER, UTO, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el CRPML-EC se ha consolidado en Pereira uno de los proyectos más fuertes, el cual cumplirá la función de recuperar y regenerar gases refrigerantes CFC-12 y HCFC -22 con una cobertura de todo el Eje Cafetero.

Se partió de estudios preliminares acerca de los “usuarios finales” (Unidad Técnica de Ozono UTO, 2006), entendidos como aquellas empresas que, por su razón social, requieren en sus plantas equipos que utilizan refrigerantes en proporciones considerables (para el funcionamiento de sus cuartos fríos, túneles de enfriamiento, congeladores, ambientes controlados, oficinas con aire acondicionado), arrojando resultados alarmantes sobre el consumo de los mismos: Pereira (71%), Manizales (19%) y por último Armenia (10%). (Arredondo, J.,2009)

Actualmente se ve la necesidad de generar una propuesta que promueva la mitigación de estos porcentajes y actualice los mismos, debido que es una de las partes fundamentales del estudio de mercado acerca de ¿Cuál es la verdadera demanda que se tiene de gases refrigerantes R12 y R22 para el para el área metropolitana en el año 2015? y ¿qué presentación y precios tiene este producto en el mercado? debido a que en gran medida, de este estudio dependerán los ingresos percibidos por el centro de recuperación y regeneración de gases refrigerantes cuando entre en funcionamiento.

El centro de recuperación y regeneración de gases refrigerantes al ser una innovación a nivel regional requiere de una correcta e intensiva difusión, que capacite y genere conciencia hacia la necesidad del uso de nuevas tecnologías en el manejo de este tipo de contaminantes a nivel de empresa, que según el programa Nacional de Eliminación de SAO, ya deberían presentar una reducción de importación del 100% para el año 2010 en el caso de los CFC.

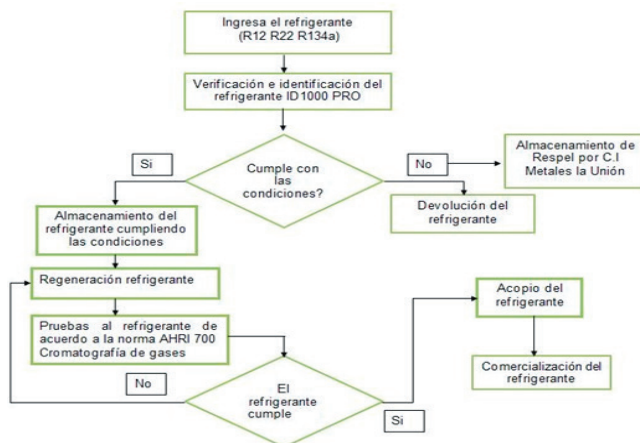
Ligada a la necesidad de difusión del centro, se encuentra de manera obligatoria el conocimiento y caracterización de los diferentes productores de gases refrigerantes, lo que además de ser una herramienta base para la difusión y promoción de los servicios del centro, representa también la conformación de una línea base que da cuenta de la cantidad actual de los gases en el área

metropolitana, lo que permitiría en un futuro confrontar y evaluar el cumplimiento tanto de los objetivos planteados en el centro desde su construcción como de las regulaciones y programas a nivel nacional e internacional previamente mencionadas.

Bajo esta perspectiva, la investigación tiene como objetivo, realizar una estimación de la cantidad de gases refrigerantes R22 y R12 que se comercializan en el área metropolitana. Proponiéndose de forma específica, categorizar los principales usuarios finales de estos refrigerantes, estimar la cantidad que tienen instalada en sus equipos para finalmente identificar el impacto de las dinámicas de precio de estas SAO y su relación con la transición nacional hacia refrigerantes de nueva generación.

A continuación, se presenta el modelo general de operación del CRRR-EC, el cual es la base para el desarrollo los procesos y procedimientos técnicos y administrativos:

Figura 1. Esquema general de los Procesos en Centro Recuperación y Regeneración de Gases Refrigerantes del Eje Cafetero.



Fuente: CRRR-EC. 2016

Planteamiento del problema y justificación

En todo el mundo, las consecuencias del deterioro continuo de la capa de ozono han provocado una necesidad de establecer estrategias encaminadas a la reducción de gases de efecto invernadero, que para este caso, la liberación de gases refrigerantes a la atmósfera han venido tomando especial importancia, debido a que aunque ya no se producen debido a su nocividad, los aún existentes en equipos o aparatos electrónicos que solo fueron diseñados para trabajar con ese tipo de gases, deben ser regenerados para evitar su liberación a la atmósfera.

Con la Ley 29 de 1992, Colombia ratificó el protocolo de Montreal relativo a reducción/eliminación de las SAO (Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono) HCFC - 22, promoviendo la implementación de estrategias relacionadas con reconversión industrial en los sectores de refrigeración y espumas, normativa para el control de importaciones de SAO y equipos que usen o sean fabricados con SAO, la certificación de técnicos en el área de mantenimiento de refrigeración y aire acondicionado y el programa de recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes (Unidad Técnica de Ozono - UTO, 2005).

En eje cafetero el mayor consumo de sustancias que agotaban la capa de ozono se presentó en Pereira (71%), seguida por Manizales (19%) y por último Armenia (10%) (UTO - 2005). El establecimiento de un centro de regeneración de refrigerantes pretende garantizar la disponibilidad de refrigerante de óptima calidad cuando no se encuentre disponible en el mercado y se pueda procesar 1.500 kg/año de HCFC-22.

Desde el orden local y con claras intenciones de investigación, se aprobó el Convenio Marco N.º 025 del día 31 de octubre de 2013, el proyecto del centro de recuperación y regeneración de gases el cual extiende alcances a nivel regional con impactos globales debido a que contribuye a la recuperación de la capa de ozono.

Los esfuerzos provenientes de los investigadores colaboradores o asociados han contribuido a la adecuada ejecución del proyecto, sin embargo, la investigación alrededor de los gases refrigerantes continua, puesto que al ser un proyecto piloto con estos fines y atendiendo principios de mejoramiento continuo, se hace necesario el fortalecimiento de los procesos investigativos y operacionales del centro de recuperación y regeneración de gases refrigerantes, para asegurar una regeneración de calidad y un alto impacto positivo en el mejoramiento de la calidad del aire en la región.

Con el objetivo de evaluar los impactos ambientales en la operación del Centro de Regeneración, en el agua, en el aire, y la producción de residuos, se propone la elaboración de una matriz de impactos ambientales, con la cual se podrán apreciar cuál de los diferentes aspectos ambientales, es el de mayor impacto y cuáles son los significativos.

Es entonces que podemos plantear como la pregunta de investigación, la siguiente expresión:

¿Mediante métodos analíticos y procedimientos instrumentales se podrá recuperar y regenerar el gas refrigerante R22 con excelente calidad y poder determinar cuáles impactos se generarían?

Objetivos

General

Desarrollar y optimizar los procesos investigativos, administrativos y operacionales del centro de recuperación y regeneración de gases refrigerantes - eje cafetero (CRRR-EC).

Específicos

- Desarrollar métodos para la regeneración de gases y su gestión administrativa en los procesos de recuperación, regeneración y reciclaje.
- Optimizar los aspectos técnicos y operativos de los procesos desarrollados en la regeneración y recuperación de gases refrigerantes.
- Difundir de manera masiva y efectiva el servicio de recuperación y regeneración de gases refrigerantes mediante publicaciones en revistas de interés ambiental y de productos de refrigeración tanto en medios virtuales como impresos.

Referente teórico

El ozono estratosférico es un gas esencial que ayuda a proteger a la tierra de los dañinos rayos ultravioletas del sol al formar la denominada capa de ozono. Alrededor del 90% del ozono se encuentra entre los 15 y 45 km sobre la superficie terrestre. El ozono se forma y destruye sin cesar por acción de la radiación ultravioleta, ya que la radiación con longitud de onda menor de 290 nm descompone las moléculas de ozono en átomos de oxígeno que seguidamente se combinan con otros para formar ozono. Gonzáles, J. (2012) propone que se genera así un equilibrio dinámico en el que se desarrolla y destruye ozono, consumiéndose la mayoría de la radiación de longitud de onda menor de 290 nm o ultravioleta (UV-B), actuando entonces como un filtro que no deja pasar dicha radiación hasta la superficie de la Tierra.

Según la Unidad Técnica de Ozono la zona ecuatorial presenta una cantidad de Ozono equivalente a más de 250 unidades Dobson (DB), y si se tiene en cuenta que 300 Unidades DB son las que cumplen la función de filtrar adecuadamente los rayos ultravioletas, se podría afirmar que esta zona se encuentra en el límite de lo aceptable en cuanto a Capa de Ozono se refiere.

A esto se suma un fenómeno natural denominado calentamiento global, causado por los Gases de Efecto Invernadero (GEI), componentes de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Adicionalmente a estos, los GEI creados por el ser humano son los Halocarbonos, sustancias con contenido de cloro y bromo, el Hexafluoruro de azufre (SF_6), los Hidrofluorocarbonos (HFC) y los Perfluorocarbonos (PFC). Según Benavides, H. (2007); todos los anteriores, tienen efectos en el calentamiento global, fueron identificados en el Protocolo de Kioto en el año 1997 y regulados en el año 2005, cuando entró en vigor dicho Protocolo.

Normatividad y Acciones Internacionales

A través de la historia, la importancia sobre el cuidado y protección del medio ambiente ha generado gran preocupación a nivel mundial, un ejemplo de ello y del cuidado de la capa de ozono es el convenio de Viena para la protección de la misma, tratado internacional de carácter general para hacer frente al agotamiento del ozono, fue firmado por 28 países en marzo de 1985 y consagra el compromiso de cooperar en las investigaciones y la vigilancia, de compartir información sobre la producción y las emisiones de CFC y de adoptar protocolos de control cuando sea necesario. Por otra parte, el Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental multilateral con un régimen de cumplimiento estricto: la Conferencia de Viena adoptó en 1985 una resolución en la que se facultaba al PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente) a convocar negociaciones para elaborar un protocolo del Convenio que incluyera medidas de control a la producción y el consumo de sustancias destructoras del ozono.

El 16 de septiembre de 1987, 46 países firmaron el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.

Para el caso de Colombia, existe la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio Nacional con el objeto de garantizar un ambiente sano. Así mismo Colombia cuenta con las normas NTC 6228-1, NTC 6228-2, NTC 6228-3 las cuales hacen referencia a los Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales, las cuales reúnen en cada una de sus partes los siguientes aspectos, Parte 1: Definiciones, clasificación y criterio de selección, Parte 2: diseño, construcción, realización de ensayos, marcado y documentación, y finalmente la Parte 3: Sitio de instalación.

Como también lo relacionado al artículo 5° de la Ley 99 de 1993, los artículos 6, 10 y 12 del Decreto 948 de 1995 y del Decreto 216 de 2003 que determinan las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictan las regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio Nacional.

Guía de Referencia para Reemplazo de los Refrigerantes.

Gracias a cada una de las especificidades de los países firmantes con diferencias tanto económicas como tecnológicas. El Protocolo de Montreal no se puede aplicar igual para todos los países, por esto se han establecido diferencias en los cronogramas de cumplimiento de obligaciones y metas para los países en desarrollo y los países desarrollados. Los países en vía de desarrollo, cuyo consumo anual es menor de 0,3 kg per cápita de SAO controladas en el anexo A del Protocolo de Montreal, son considerados como países que operan al amparo del artículo 5

(MADS, 2006).

Adoptando entonces un cronograma de eliminación con entrada en vigencia a partir de 1989, en éste países en desarrollo como Colombia deberá realizar la eliminación del CFC-12 en un 50% para el año 2005, 85% para el año 2007 y una eliminación total del para el año 2010.

Para el caso de los HCFC como el R-22, la eliminación debe darse en un 10% para el 2015, 35% para el 2010, 67,5% para el 2025 y 97,5 para el 2030 como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. *Cronograma de eliminación para países artículo 5. Donde pertenece Colombia*

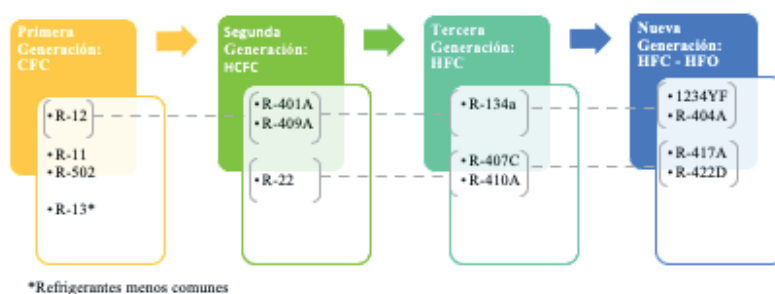
Anexo y grupo del protocolo	Tipo de SAO	Periodos de la línea base	Primera medida de control para países artículo 5	Eliminación definitiva para países artículo 5
A-1	CFC	1995 a 1997	1999 congelación	Reducción del 50% para 2005
				Reducción del 85% para 2007
				2010 eliminación
C-1	HCFC	2009-2010	2013 congelación	Reducción del 10% para 2015
				Reducción del 35% para 2020
				Reducción del 67.5% para 2025
				2030 eliminación del 97.5%

Fuente: Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración. MADS, 2014

Entrando por lo tanto en una era de transición que nos lleva hacia gases de nueva generación más amigables con el medio ambiente como es el caso de los Hidrofluorocarbonados, que no poseen en su composición moléculas de cloro por lo que su potencial de agotamiento de ozono es significativamente menor.

Como se muestra en la siguiente figura, se propone la transición, ya realizada de R12 a R134a, que finalmente debe ser reemplazado por R-404A o un 1234YF en el sector del Aire Acondicionado Móvil (MAC), los cuales son HFC de nueva generación. El R22, por su parte debe ser substituido paulatinamente por R407a y R410a, este último siendo más utilizado en el contexto colombiano, para posteriormente dar paso al uso de R417A y R422D, que también representan la nueva generación (Figura 2).

Figura 2. *Sustitución de refrigerantes por los de nueva generación.*



Fuente: Elaboración propia con base a información suministrada por INSERIN. S.A.S y el portal Web Calor y Frio.

Metodología

La metodología responde a una serie de actividades tendientes al logro de cada uno de los objetivos específicos, esto se realizará mediante el diagnóstico del estado actual de la capacidad de gestión del CRRR-EC. Todo direccionado por investigadores del Grupo de Producción Más Limpia y algunos investigadores externos y estudiantes para actividades de apoyo, como se muestra a continuación.

Fase 1. Desarrollo de la investigación y aspectos técnicos - operativos

Para levantar la información acerca de la cuantificación de la oferta de gases refrigerantes R-12 y R-22 se procedió a definir unos criterios de selección a los sectores que requieren en sus procesos refrigerantes en pequeñas o grandes proporciones, posteriormente se solicitó bases de datos a Cámara de Comercio de Pereira y a través del directorio telefónico con el fin de obtener una muestra total por sector. Posteriormente, se aplica un muestreo aleatorio estratificado en donde separamos los sectores y seleccionamos una muestra aleatoria simple del 15% de manera independiente en cada estrato. Con respecto a los aspectos técnicos y operativos se desarrollarán procesos y procedimientos para la aplicación de las pruebas de calidad.

Fase 2. Ejecución del plan de investigación

La recolección de información se realizó a partir de visitas técnicas las cuales tuvieron como finalidad hacer un acercamiento con las empresas seleccionadas y los encargados del área de mantenimiento o gestión ambiental y poder recolectar la información acerca de la cantidad de gas refrigerante usado en su proceso productivo a través de un formato de recolección de información previamente diseñado.

Fase 3. Interpretación y Reporte de Resultados

En esta etapa se realizó la compilación de los datos obtenidos, elaborando a posteriori las diferentes figuras y tabulaciones con el software Excel. Estas permiten ilustrar el reporte de los resultados de este proyecto y desarrollar su análisis correspondiente, de tal forma que se establezcan conclusiones y recomendaciones para investigaciones futuras.

Resultados

Instalaciones físicas del Centro de Recuperación y Regeneración de Gases Refrigerantes del Eje Cafetero CRRR-EC

Como parte del proceso de gestión administrativa para la recuperación, regeneración y reciclaje de gases refrigerantes se realizó la preparación y puesta en funcionamiento del Centro de Recuperación y Regeneración de gases Refrigerantes del eje cafetero CRRR-EC, lo anterior en convenio con la empresa CI Metales La Unión S.A.S y con el acompañamiento de la Unidad Técnica de Ozono (UTO) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), como lo muestran las figuras 3 y 4:

Figura 3. *Maquina regeneradora Van Steenburgh JV 90 SC en el CRRR-EC.*



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. *Cilindros UTP para regenerar gas en el CRRR-EC*

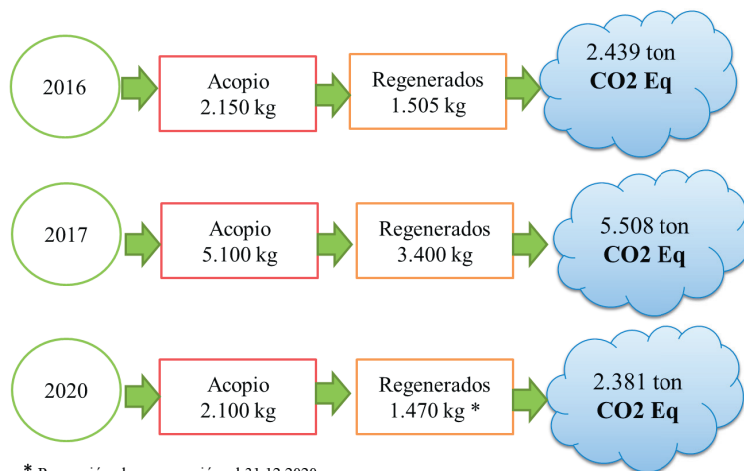


Fuente: Elaboración propia

El Centro de Recuperación y Regeneración de Gases Refrigerantes del Eje Cafetero CRRR-EC en Cifras.

A continuación, se muestran algunos de los resultados del CRRR – EC, en términos de disminución de CO₂eq o equivalente de dióxido de carbono, gracias a la gestión para acopiar, recuperar y regenerar los gases refrigerantes, se espera que para el 31 de diciembre de 2020 se tengan **10.328 ton CO₂eq**, como se aprecia en la figura 5:

Figura 5. Cifras de recuperación y regeneración de Gases Refrigerantes en el Eje Cafetero



Fuente: Elaboración Propia

Gracias a la gestión de Gases Refrigerantes en el CRRR – EC; se han dejado de emitir 6.375 kg de Gases de efecto invernadero (GEI), disminuyendo así la huella de carbono en el departamento de Risaralda.

Identificación y categorización de usuarios

El servicio de recuperación y regeneración de gases refrigerantes se aplica a gases R12, R22 y R 134a, que son utilizados comúnmente en sistemas de enfriamiento, neveras y equipos de acondicionamiento.

Para el R-12, de uso exclusivo en sistemas de enfriamiento, se encontró que los plazos establecidos para el cumplimiento de los diferentes tratados han sido adoptados satisfactoriamente. Ya que no se encontró evidencia alguna del uso de R-12, cuyos plazos de eliminación finalizaban en el año 2010. En su lugar se encontraron sustitutos como es el caso del R-134a, para estos equipos de neveras de enfriamiento en tiendas y frigoríficos.

Por otro lado, el gas HCFC-22 aún presenta un uso generalizado. Con base en Hernández & Bejarano (2009) y Arredondo (2009), se priorizaron cinco sectores que consumen las cantidades más representativas de las SAO de interés; estos sectores son: Hoteles, Hospitales, Establecimientos Bancarios, Supermercados de cadenas y una categoría adicional correspondiente a los nuevos Superetes que se han establecido en la región.

Los Hospitales seleccionados, de acuerdo con la categorización emitida por el Ministerio de Salud, son los de nivel III y IV, ya que, por la presencia de quirófanos y Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) presentan consumos mayores con respecto a niveles inferiores que no fueron considerados en el trabajo de investigación. Éstos, suman un total de 20 en el área metropolitana.

Para el sector Hoteles se definieron aquellos con una superficie importante definida a través del número de habitaciones, que debía ser superior a 50, de acuerdo con información suministrada por la cámara de comercio para el año 2013. Sólo 17 instalaciones hoteleras cumplían con estas características. El sector Bancos corresponde a las oficinas de los establecimientos bancarios, con una población total de 26 en el área de estudio.

Finalmente, el sector Superetes o minimercados fue diferenciado del de supermercados de cadena, teniendo en cuenta que los Superetes han emergido en los últimos años como una competencia directa a pequeños negocios de comercio al por menor, representadas especialmente por dos cadenas que tienen un total de 17 y 22 instalaciones respectivamente. Estas instalaciones presentan características homogéneas y con gases 4a generación, por lo que se definió muestrear uno de cada cadena (ósea 2) como unidad representativa como se observa en la **Tabla 2**, donde no se encontró R22.

Estimación de la cantidad de gas refrigerante (R-22) disponible en el mercado municipal.

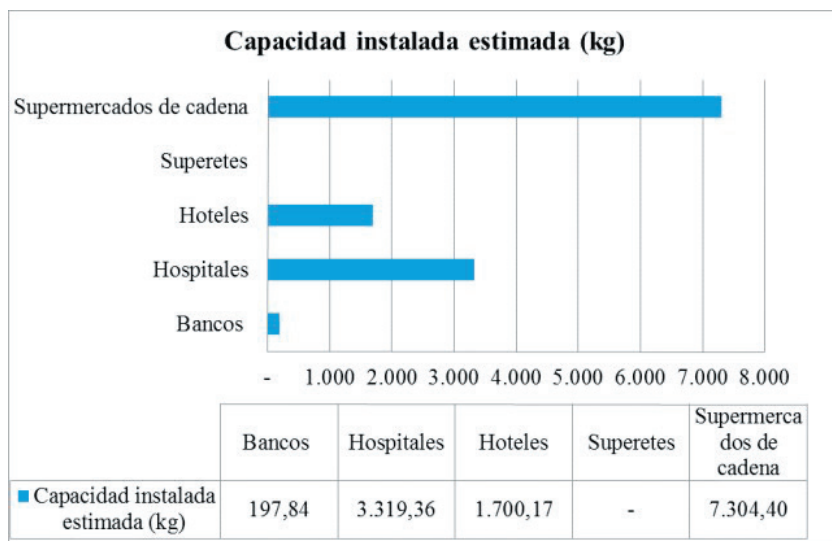
Posterior a la caracterización de los principales sectores, se procedió a estimar los establecimientos a muestrear de las poblaciones, escogiendo de forma aleatoria el 15% del total. Con el propósito de definir en la Tabla 2 y Gráfico 1 la capacidad instalada en kilogramos del gas HCFC -22. Cabe anotar que las estimaciones no contemplan el refrigerante CFC-12, que de acuerdo con la información recolectada está fuera de mercado debido a los esfuerzos gubernamentales e internacionales ya mencionados que restringen su uso de forma total.

Tabla 2. Características estadísticas por sector y capacidad instalada de R-22, 2016

Sector	Media R22 (kg)	Coefficiente de Variación	N	n	Capacidad instalada estimada (kg)
Bancos Financiero	7,61	65%	26	4	198
Hospitales	165,97	46%	20	3	3.319
Hoteles	100,01	84%	17	2	1.700
Superetes	N/A	N/A	39	2	N/A
Supermercados de cadena	280,94	41%	26	4	7.304
TOTAL			128	15	12.521

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Capacidad instalada estimada R-22, 2016



Fuente: Elaboración propia

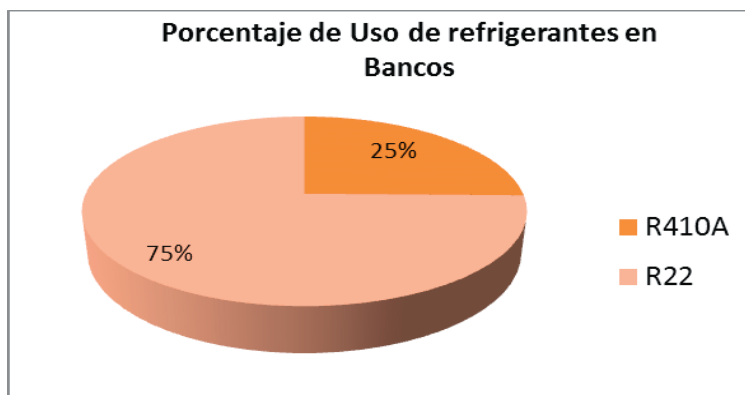
De acuerdo con el análisis sectorial, los Bancos son las infraestructuras que hacen menor uso de gases refrigerantes, debido probablemente al área de las edificaciones que es significativamente menor a la de un hospital u hotel, llegando a una cantidad de 7,61 kg de R-22 de forma individual y un coeficiente de variación de 65%.

Los supermercados, emergen como el sector con mayor uso de R-22, con una media de 280,94 kg por establecimiento. Estos altos consumos están asociados probablemente a la antigüedad de sus equipos y la necesidad de mantener condiciones de temperatura óptimas y adecuadas para la preservación de los diferentes productos alimenticios que comercializan. En caso contrario los Superretes, que presentan también esta necesidad, no consumen R-22, sino que hacen uso de otros gases de transición. Los Hospitales y Hoteles, evidencia un uso intermedio de 165,97 y 100 kg de R-22 respectivamente.

De forma paralela a la estimación de la cantidad de R-22, se establecieron los porcentajes de uso de gases refrigerantes en los aires acondicionados y equipos de enfriamiento. En el sector de Bancos se definió que el 75% de la cantidad instalada total correspondía al gas de interés, mientras el 25% restante estaba representado por un HFC (Hidrofluorocarbonado) de transición, el R-410a (ver figura 6). Esto demuestra un reemplazo paulatino que es promovido por las empresas prestadoras del servicio de mantenimiento, quienes además de prestar el servicio, asesoran a sus usuarios lo relacionado al acondicionamiento y las directrices nacionales pertinentes. Este sector, al tercerizar sus procesos de mantenimiento, se hace más propenso a la transición hacia HFC, siendo el grupo muestreado con uno de los mayores porcentajes de uso de refrigerantes alternativos.

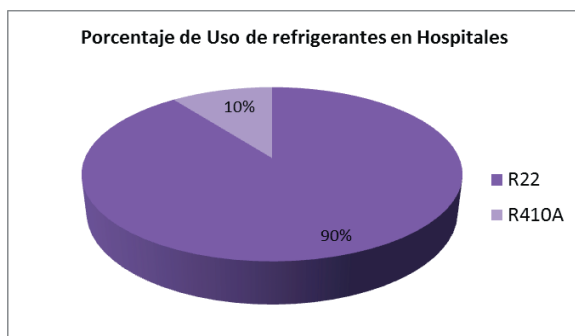
En el sector de Hospitales, se presenta un uso generalizado de R-22 que representa el 90% del sector; el restante corresponde a R-410a, como se muestra en la figura 7. El alto porcentaje de uso del R-22 está asociado probablemente a la antigüedad de las edificaciones, en donde se encuentran equipos de acondicionamiento antiguos que funcionan en su mayoría con esta sustancia.

Figura 6. *Porcentaje de uso de refrigerantes en Bancos*



Fuente: Elaboración propia

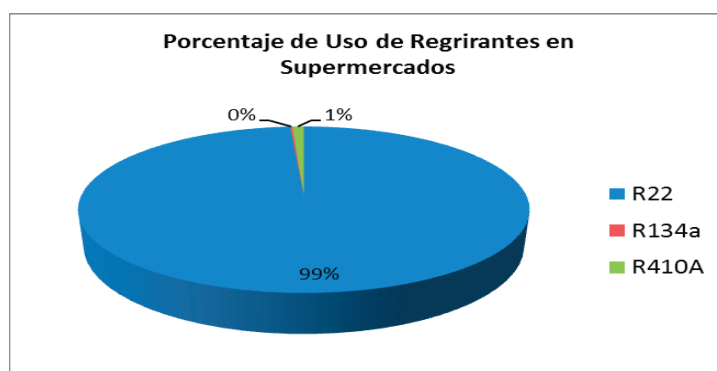
Figura 7. *Porcentaje de uso de refrigerantes en Hospitales.*



Fuente: Elaboración propia

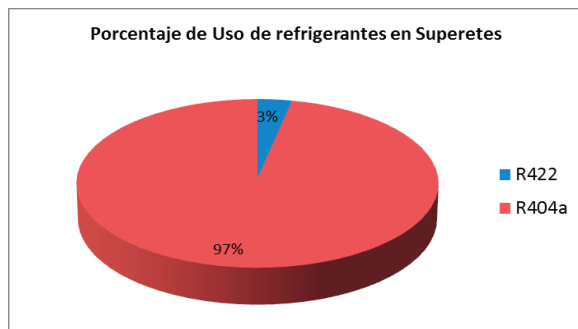
Los sectores de Supermercados y Superretes, presentan un comportamiento acorde con la diferenciación realizada en la categorización. Por un lado, los supermercados que tienen más tiempo en el mercado presentan un uso casi exclusivo de R-22, donde sólo el 1% de los equipos considerados hacen uso de un gas de transición, como se muestra en el figura 8; mientras los Superretes (tiendas pequeñas), que son un grupo que está emergiendo en el mercado, evidencia un uso nulo de R-22, en éstos prima el uso de R-410a en un 97% y un 3% que comprende el R-422 (ver figura 9) que es igualmente un HFC -Hidrofluorocarbonado.

Figura 8. *Porcentaje de uso de refrigerantes en supermercados*



Fuente: Elaboración propia

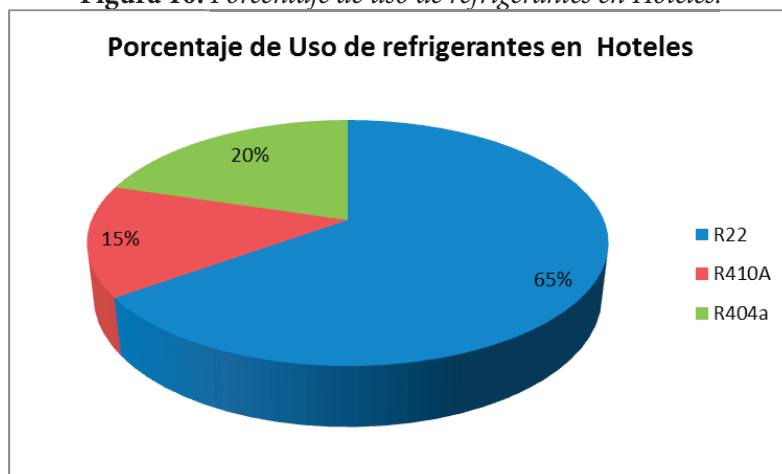
Figura 9. *Porcentaje de uso de refrigerantes en Superetes.*



Fuente: Elaboración propia

Para el sector Hoteles se pudo observar una distribución en el uso de gases refrigerantes más heterogénea (figura 10), puesto que se evidencia un porcentaje de uso de R-22 de 65% y un uso de R-404a y el R410 en proporciones similares. Debido a las condiciones climáticas de la región muchos Hoteles con influencia el área metropolitana centro occidente no hacen uso de estos gases, a pesar de que cuentan con áreas y capacidad de alojamiento altas.

Figura 10. *Porcentaje de uso de refrigerantes en Hoteles.*



Fuente: Elaboración propia

Dinámicas del precio de gases refrigerantes

Las SAO, desde su síntesis y uso en los sistemas de refrigeración ha mostrado aumentos importantes, principalmente en la década de los 80's en donde se mostraba una dinámica de consumo cercano a las 1'100.000 toneladas a nivel mundial, sin embargo, según lo pactado en el Protocolo de Montreal se observaron cambios que generaron una situación de alto impacto sobre el comercio y la economía, ya que al tomar la medida de retirar éstos productos del mercado llevó que hacia el año 2001 descendieran a menos de 110.000 toneladas (DIAN, 2006), y en espera según los compromisos del pacto mundial, disminuir para que dichos consumos sean de un valor aproximado a cero.

En Colombia, el compromiso en la disminución de uso de SAO (importación y consumo), se ve reflejada en cifras desde 1995, estimadas en 2.208 Toneladas, y su descenso paulatino que hasta 1999 muestra una caída en más de 1.000 toneladas, continuando así en 2004 con descensos inferiores a 900 toneladas, y sucesivamente presentar un claro descenso en el consumo en los años 2005 (565,19 ton), 2007 (315,33 ton) y 2009 con cifras menores a 100 ton, llegando a la meta de cero en el año 2010. (Unidad Técnica de Ozono UTO, 2010).

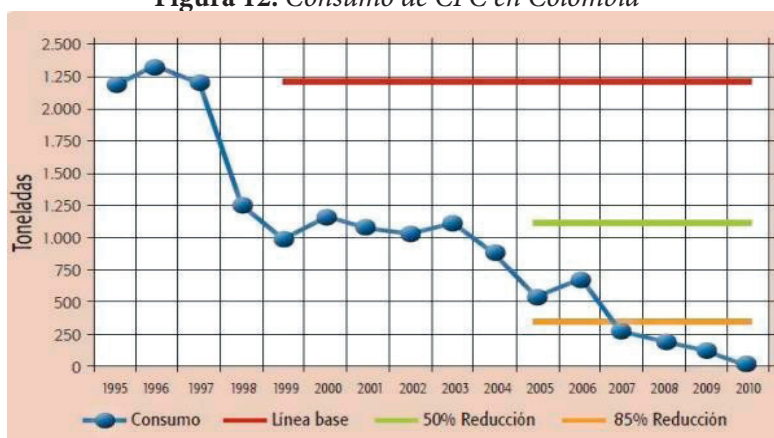
En las figuras 11 y 12, se aprecia cómo ha sido el comportamiento de las importaciones y el consumo de los CFC en los últimos años, siendo una constante su disminución hasta llegar a cero en el 2010.

Figura 11. Importación de CFC 12 en Colombia



Fuente: UTO, 2010

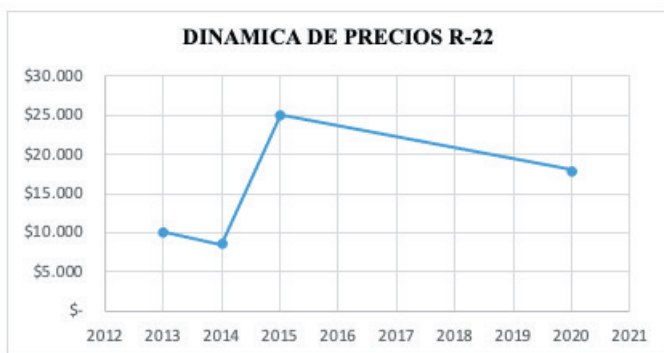
Figura 12. Consumo de CFC en Colombia



Fuente: UTO, 2010

Según UTO (2012), el gas de mayor uso en equipos de aire acondicionado, sistemas de refrigeración, entre otros es el R-22, razón por la cual demuestra su presencia en el mercado, aunque a partir de 2013 la presencia del R-22 se ha reducido en altas cantidades y los precios para su consumo se han elevado. El costo del gas regenerado oscila entre \$8.500 y \$18.500, de acuerdo con las condiciones de financiación (Figura 13).

Figura 13. *Dinámicas de precios gas R-22*



Fuente: Elaboración propia con información suministrada por la UTO

Procesos y Procedimientos para la Recuperación y Regeneración de gases refrigerantes.

El equipo de trabajo tuvo como iniciativa consolidar información de los procedimientos aplicables para la recuperación y regeneración de gases del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración en el Manual de Procedimientos del CRRR-EC.

Los procesos recomendados en el Manual de procedimientos para la recuperación y regeneración de gases están basados en la Norma AHRI (ARI) Standard 700, Especificación para refrigerantes a base de fluorocarbono, Apéndice C y la norma AHRI (ARI) Standard 740 para equipos de recuperación y reciclaje en refrigeración del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración. A continuación, se presenta el resumen de procedimientos recomendados en el Manual:

- Procedimiento para la determinación de agua en refrigerantes nuevos y recuperados, por valoración coulombimétrica de Karl Fischer.

El objetivo de este método de ensayo es determinar la humedad en los refrigerantes nuevos o regenerados por el método coulombimétrico de Karl Fischer. Este método de prueba se usa con refrigerantes de baja, media y alta presión

- Procedimiento para el análisis de Cloro en refrigerantes por la precipitación del cloruro de Plata

El objetivo de este método de ensayo es determinar cualitativamente la presencia de cloro en refrigerantes nuevos y regenerados. Este método de prueba aplica para refrigerantes de baja, media y alta presión.

- Procedimiento para el análisis de acidez en refrigerantes por titulación.

El objetivo de este método de ensayo es determinar la cantidad de acidez en refrigerantes nuevos y regenerados. La prueba es aplicable a refrigerantes de baja, media y alta presión.

- Procedimiento para la determinación de residuos de alto punto de ebullición en refrigerantes por medición volumétrica y/o gravimétrica y determinación de partículas sólidas por inspección visual

El objetivo de este método de ensayo es determinar residuos de alto punto de ebullición y partículas visibles en refrigerantes nuevos y regenerados. Este método de prueba es aplicable a refrigerantes de baja, media y alta presión.

- Análisis de gases no condensables en refrigerantes por cromatografía de gases.

El objetivo de este método es determinar los niveles de gases no condensables en refrigerantes nuevos y regenerados por cromatografía de gases. Este método de prueba aplica para refrigerantes de media, alta y muy alta presión.

Figura 14. Cilindros UTP para el gas regenerado en el CRRR-EC.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El proceso de recolección de información de gases refrigerantes se dificulta por un desconocimiento generalizado de la cantidad de equipos existentes, el tipo de refrigerante que usan los usuarios y la cantidad de estos que se suministra a cada usuario. Por ello, se recomienda iniciar futuros proyectos que hagan un acompañamiento a los usuarios finales en los inventarios del refrigerante, de tal forma que se establezca una línea base más completa de los refrigerantes SAO de interés. Es importante aclarar que la presencia de altos valores de coeficiente de variación indica una heterogeneidad en los valores promedio de los diferentes establecimientos en los sectores, por lo que no se hallan patrones consistentes en el consumo de gases refrigerantes. Sin embargo, la determinación de una cantidad aproximada de los R-22 con una cantidad de 12.521 kg, es una aproximación para

diseñar estrategias de seguimiento, recuperación y regeneración. Se recomienda la elaboración de futuras investigaciones que establezcan relaciones más contundentes entre las diferentes variables y el consumo de las SAO.

Los protocolos internacionales que se han traducidos en acciones a nivel nacional han resultado eficaces en cuanto a la erradicación del uso de CFC-12; hay un panorama alentador en cuanto a la disminución del uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO). Sin embargo, las acciones que conciernen al HCFC-22 han resultado insuficientes a pesar de la facilidad que hay en la transición de equipos; por lo que se hace necesario la implementación de estrategias educativas y de sensibilización alrededor del cambio climático y la importancia de su mitigación a la par que un control más riguroso por parte de la Autoridad Ambiental como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el ingreso al país de éstas SAO.

En la investigación desarrollada se hace evidente la relación directamente proporcional a la antigüedad de las instalaciones de los establecimientos y el área a refrigerar, por lo que, en las instalaciones más antiguas y grandes es más probable tener un uso mayor de R-22. Otra variable se relaciona con el uso de esta sustancia es el servicio de mantenimiento de los equipos, estableciéndose una relación entre quién realiza dicha labor y qué tipo de gas se utiliza; es decir hay un mayor uso de refrigerantes de transición en aquellos grupos que subcontratan el servicio con empresas especializadas en refrigeración, por lo que son estas organizaciones las que deben ser el grupo focal de las estrategias comerciales y de difusión del Centro de Recuperación y Regeneración de gases Refrigerante del Eje Cafetero, al igual que el resto de Centros ubicados en el territorio nacional.

Por último, a la pregunta de investigación planteada: ¿Mediante métodos analíticos y procedimientos instrumentales se podrá recuperar y regenerar el gas refrigerante R22 con excelente

calidad y poder determinar cuáles impactos se generarían? Podemos concluir efectivamente que se puede recuperar y regenerar los refrigerantes R22 con calidad apta para seguir cumpliendo su función principal que es la de enfriar productos biológicos y naturales en la cadena alimenticia, además se pudo determinar también los impactos positivos y negativos de la gestión integral de estos gases.

Bibliografía

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, NASA. (2016) GLOBAL CLIMATE CHANGE: Vital Signs of the Planet. Recuperado en febrero de 2016 de <http://www.climate.nasa.gov/>
- Arredondo, J. (2009) Consultoría para la caracterización del consumo de HCFC en usuarios finales para las ciudades de Pereira, Armenia, Manizales, Ibagué.
- Ortiz, H (2010). Documentación de los Procedimientos para el Análisis Químico de los Gases Refrigerantes r-12 y r-22 para el Centro Regional Producción más Limpia-Eje Cafetero. Tesis de pregrado Químico Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración. (2012). AHRI (ARI) Standard 700 Norma de especificación para refrigerantes a base de fluorocarbono, Apéndice C. Arlington, VA, USA.
- Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (2016). AHRI (ARI) Standard 740 Norma para equipos de recuperación y reciclaje en refrigeración. Arlington, VA, USA.

González, J. (2012) Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la universidad pontificia bolivariana. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana.

Benavides, H. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Bogotá D.C. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Unidad Técnica de Ozono, (2006, diciembre 20). Implementación de Protocolo de Montreal en Colombia. Recuperado el 20 de diciembre de 2006 de: http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/library/crisis_prevention_and_recovery/implementation-on-del-protocolo-de-montreal-en-colombia---2006.html

Hernández, A., Bejarano, P., Boada, L. (2009) Caracterización del uso en Colombia de los HCFCs en los sectores de manufactura y mantenimiento de los sistemas y equipos de refrigeración y aire acondicionado y su utilización como solventes. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, Unidad Técnica de Ozono UTO, (2010, agosto). Boletín Ozono 24, 8-9.

Portal sectorial de las instalaciones, Calor y Frio. (2020) Tabla de Refrigerantes no fluorados. Recuperado el 9 de noviembre de 2020 de: <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/los-gases-refrigerantes.html>

3

CAPÍTULO
TRES

INTERACCIONES RURURBANAS DEL
CORREGIMIENTO DE ALTAGRACIA¹

RURURBAN INTERACTIONS OF
ALTAGRACIA VILLAGE

John Jairo Ocampo Cardona
Universidad Tecnológica de Pereira
kachis@utp.edu.co

Willmer Alexis Leguízamo Rincón
Universidad Tecnológica de Pereira
waleguizamo@utp.edu.co

Erika Juliana Hernández Valencia
Universidad Tecnológica de Pereira
ejhernandez@utp.edu.co

¹ Reflexiones producto del proyecto de investigación “Interacciones rururbanas del corregimiento de Altagracia, municipio de Pereira”, ejecutado en el año 2016 y financiado por la Universidad Tecnológica de Pereira.

Resumen

La trascendencia fundamental que presenta el sector rural en la configuración de Colombia como nación, ha generado progresivamente el desarrollo de iniciativas de revalorización de este en la sociedad, desde espacios académicos, gremiales y de la sociedad civil. El subsector de la producción cafetera ha permitido procesos de desarrollo excepcionales para los territorios en los cuales ha sido posible su establecimiento; sin embargo, el devenir de la modernidad presenta condicionamientos especiales para el escenario construido, sus posibilidades y, consecuentemente, la cultura emergida en su elaboración.

El objetivo central del presente estudio es caracterizar algunas dinámicas territoriales, su incidencia concreta en la actualidad y posibles tendencias futuras respecto a la declaratoria de Paisaje Cultural Cafetero, en el corregimiento de Altagracia del municipio de Pereira. El enfoque es eminentemente cualitativo, haciendo uso de la metodología de la Proyección Ambiental por la posibilidad de análisis territorial que permite desde la confluencia de visiones de actores y autores en perspectiva histórica y contextual.

Destacan como principales resultados, la identificación del avance paulatino de la expansión urbana sobre el sector rural, la mercantilización de la melancolía cultural y la teatralización de los valores tradicionales como elementos fundamentales de la globalización que amenazan la supervivencia del modo de vida campesino; la conclusión principal indica que el fenómeno de la gentrificación se configura como un proceso determinante para la transformación territorial.

Palabras clave: Territorio, Cultura Cafetera, Paisaje Cultural Cafetero, Globalización, Gentrificación.

Abstract

The fundamental importance that the rural sector presents in the configuration of Colombia as a nation, has progressively generated the development of initiatives to revalue it in society, from academic, union and civil society spaces. The coffee production subsector has allowed exceptional development processes for the territories in which its establishment has been possible; However, the future of modernity presents special conditions for the constructed scenario, its possibilities and, consequently, the culture that emerged in its elaboration.

The main objective of this study is to characterize some territorial dynamics, their concrete incidence at present and possible future trends regarding the declaration of the Coffee Cultural Landscape, in the Altagracia district of the municipality of Pereira. The approach is eminently qualitative, making use of the Environmental Projection methodology due to the possibility of territorial analysis that allows from the confluence of views of actors and authors in historical and contextual perspective.

The main results are the identification of the gradual advance of urban expansion over the rural sector, the commodification of cultural melancholy and the theatricalization of traditional values as fundamental elements of globalization that threaten the survival of the peasant way of life; the main conclusion indicates that the phenomenon of gentrification is configured as a determining process for territorial transformation.

Keywords: Territory, Coffee Grower, Cultural Landscape Coffee Grower, Globalization, Gentrification.

Introducción

En el proceso de ocupación y consolidación territorial sucedido en Colombia, la irrupción del café se enmarca como un hito de extraordinarias implicaciones sociales (Cataño 2012); la posibilidad de rendimiento y calidad permitidas por la compatibilidad de este producto agrícola con la oferta biofísica de algunas zonas del país permitió que se percibiera como una oportunidad de fortalecimiento al sustento de la familia campesina promedio. En momentos en que la economía familiar se fundamentaba en la producción para el consumo propio y la acción Estatal era insuficiente para suplir las necesidades de la población campesina, la generación de ingresos económicos derivados de la actividad cafetera proporcionó al productor el acceso a bienes y servicios que tradicionalmente eran excluyentes (Machado 2001).

El cambio de una economía basada en la subsistencia a una basada en las leyes del mercado se encuentra justificada en la posibilidad de acceso a lo tradicionalmente restringido (Vargas 1990, Chaparro 2014, Santacoloma 2015); este cambio trajo consigo una profunda transformación en las características sociales de la población implicada, erigiendo una cultura particular denominada como “cafetera”, que trazó la ruta territorial de la denominada “región cafetera” de Colombia.

En este panorama se enmarca el “Paisaje Cultural Cafetero” – PCC, categorización que responde, *grosso modo*, a un proceso que – presuntamente – busca salvaguardar el estilo de vida autóctono cafetero campesino tradicional, a partir de su exaltación como un cúmulo de valores de la humanidad, a través de la declaratoria emitida por la UNESCO (Saldarriaga y Duis 2010). Respecto a la declaratoria mencionada, es necesario resaltar que no cubre a la totalidad del territorio nacional relacionado con la producción cafetera, puesto que sólo se encuentran incluidos municipios de los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

La connotación “cultural” del paisaje cafetero, por definición corresponde a la clasificación de territorios que guardan cierta homogeneidad en torno a su pasado y presente determinado por la dinámica productiva cafetera tradicional; es decir, agrupa lugares donde la importancia del cultivo cafetero ha orientado el desarrollo cultural de su sociedad local, evidenciados en algunas prácticas tradicionales propias, exclusivas y ante todo vigentes, que permiten diferenciar a ese territorio específico de otros (Mayorga 2015).

En torno a la cultura cafetera, es necesario recurrir a una revisión histórica para dilucidar particularidades que le definen. La definición del cafetero promedio proviene del campesino tradicional de la región andina. La zona del eje cafetero, donde en la actualidad se encuentra el municipio de Pereira, fue colonizada por Caucanos y Antioqueños, que al ritmo de las dinámicas de intercambio productivo entre regiones, buscando establecerse a la vera de los caminos que permitían dichos intercambios, ocuparon espacios, en múltiples ocasiones auspiciados por los Estados soberanos del actual territorio nacional, que a cambio de los procesos de desmonte de la arquitectura vegetal natural constituida por la biodiversidad, así como el sostenimiento de los caminos de tránsito, permitían la ocupación de dichos espacios (Zuluaga 2013).

Ocupar el espacio inhóspito de la zona que actualmente se conoce como Eje Cafetero, supuso enfrentar adversidades impuestas por la lejanía de los centros poblados, asociada con las condiciones agrestes del terreno y la precariedad en los caminos de tránsito, significando una menor posibilidad de acceso a las condiciones requeridas para la subsistencia. Este tipo de exigencias determinó el imperativo de adaptación, siendo a través del establecimiento de sistemas productivos (paulatinamente de mayor complejidad), que se asumió tal desafío, desde la cosmovisión en la que se recogían elementos teórico-prácticos de la relación con el medio, heredados generacionalmente a través del

mestizaje, donde prevalecía la convicción de cierta autosuficiencia y la aceptación de las necesidades de relaciones de intercambio con el contexto, así como la idea de progreso (Vásquez 2013).

Es así como surgió la finca tradicional campesina, un tipo de estrategia organizacional a través del cual se ocupaba el espacio y se accedía a cierta seguridad para el sostenimiento de los implicados, que demandaba de la funcionalidad familiar absoluta en el engranaje productivo del sistema, consolidando un proceso de territorialización particular fundamentado en la subsistencia, esquema donde prevalecía una concepción de los medios de producción enfocados en la seguridad y soberanía alimentaria, principalmente, así como en la posibilidad de obtención de algunos de los elementos no producidos en el sistema, por medio de la comercialización de los excedentes de producción canjeables (Forero 1992). Sin embargo, con la llegada de los procesos de modernización del agro y la conjugación de modelos de desarrollo fundamentados en el rendimiento económico, las condiciones del sector rural han presentado una reconfiguración notable en sus expresiones y encuentran manifestación en el paisaje.

Planteamiento del problema

El crecimiento acelerado de las ciudades emergentes en Colombia, presenta toda una serie de retos para la sustentabilidad de los territorios, en la medida que la expansión de la urbanidad ejerce presiones cada vez mayores sobre las áreas rurales y los componentes que soportan la estructura ecológica principal; provisión de bienes y servicios ambientales, suministro de servicios públicos y vocación productiva, por citar algunos de esos aspectos cruciales para la sociedad que dependen estrictamente de la estabilidad de dicha estructura. Asociado a estas presiones, se generan profundas transformaciones en los patrones culturales y de poblamiento de las zonas rurales, producto de la progresiva circunscripción a las dinámicas urbanas, convirtiendo algunos espacios en un punto intermedio o de transición, donde surgen

fenómenos que deben ser analizados desde una perspectiva de interacciones, en aras de la comprensión de las condiciones que definen la cotidianidad de su reconfiguración.

El territorio rururbano es aquella área que es determinada como suelo rural, pero por susceptible a transformaciones y dinámicas urbanas. Específicamente en el territorio rururbano del municipio de Pereira se encuentra un proceso de crecimiento poblacional excepcional, producto de la llegada de familias jóvenes que buscan un lugar seguro para vivir, migración de habitantes que han culminado su etapa laboral o personas mayores en busca de un sitio para el descanso, también familias que desean instalarse en sitios adecuados de residencia y para recreo, cumpliendo ambas funciones en cercanía al área urbana para facilitar los desplazamientos a sus lugares de trabajo y, en otras situaciones habitantes que se trasladan buscado sitios por el atractivo paisajístico que el territorio ofrece; una condición que destaca comúnmente en este tipo de espacios, es el arribo de propietarios interesados en el mercado turístico.

El atractivo del corregimiento de Altagracia para nuevos poblamientos de asentamientos residenciales, comerciales y recreativos tiene una incidencia determinante en la dinámica territorial, con extensa cantidad de relaciones existentes entre los diferentes componentes ambientales, las cuales conducen a cambios paulatinos sean estos de carácter positivo o negativo y en presiones para los ecosistemas. En tal sentido, conocer los procesos y dinámicas territoriales asociados al aprovechamiento del espacio, se convierte en un imperativo para comprender las posibles tendencias que seguirá este tipo de espacio en el contexto local y, consecuentemente, dilucidar algunas de las posibles consecuencias para la sociedad y el paisaje tradicional rural cafetero.

Objetivos

General

Generar una caracterización de las dinámicas territoriales y su incidencia en los procesos de aprovechamiento del espacio en el corregimiento de Altagracia.

Específicos

- Identificar los antecedentes históricos – productivos que definieron el perfil cultural del corregimiento de Altagracia.
- Analizar los procesos de transformación territorial asociados al uso del suelo y la producción agraria.
- Establecer las perspectivas productivas que actualmente se consolidan en el espacio evaluado y sus posibles tendencias.

Referente teórico

La sociedad colombiana, durante la primera mitad del siglo XX, tuvo un perfil eminentemente agrario; esta condición, inmersa en el orden hegemónico y en la implementación de mecanismos de consumo, generó en el individuo campesino una percepción propia de carencia. La construcción de vías, como aspecto fundamental para mejorar los niveles de comercialización de la producción agrícola, principalmente del café, supuso además la posibilidad de relaciones de intercambio, no sólo a nivel comercial, también de costumbres y modo de vida con el sector urbano, que empezaba a posicionarse como referente de desarrollo de la sociedad (Pérez 2005).

El sector rural nacional conservó este tipo genérico de dinámica territorial hasta mediados del siglo pasado, momento histórico en el cual surge un desarrollo tecnológico agrícola sin precedentes, como mecanismo para enfrentar la apremiante

necesidad de suplir la demanda alimenticia de las ciudades en crecimiento (Machado 2002). La entrada en escena del proceso de tecnificación agrícola trajo consigo una concepción diferente del modo de vida campesino, donde el argumento (aún vigente) es “la necesidad de modernización del campo”, pues su forma de producir es, bajo ese tipo de lógica productivista, ineficiente, obsoleta y debe optimizarse, marchando al ritmo del crecimiento urbano (Escobar 2007).

Como consecuencia, el énfasis de los medios de producción cambia radicalmente, es el mercado ahora quien rige la dinámica productiva (Escobar 2007), por lo tanto, la generación y reproducción de la cultura, convirtiéndose el sector rural, específicamente la finca tradicional campesina y, en este caso, la finca cafetera, en una extensión espacial del orden capitalista.

Como es apenas lógico, esta extensión demanda de ciertos nuevos aditamentos requeridos para la integración de estos espacios locales en el entramado normalizado hegemónico; en tal sentido, las redes se configuran como un imperativo, tal como lo plantearía Santos (1993). La construcción de carreteras más acordes con las necesidades de transporte de las materias primas y los productos agrícolas, procesos gremiales, determinaciones normativas respecto a variedades vegetales utilizadas, paquetes tecnológicos, fenómenos de violencia, abandono Estatal, sin contar con la presión social ejercida por la división de clases sociales y el posicionamiento urbano en contraste con el campesino, son algunas de estas redes implementadas en función de dicha modernización.

En este contexto, el emergente mercado cafetero, encontró una serie de excepcionales garantías para los productores alineados a las determinaciones gremiales en el panorama nacional; dicho sea de paso, la organización gremial asumió progresivamente un rol de Estado paralelo, toda vez que generó las posibilidades de ciertos estándares de vida a la población implicada en la producción y

comercialización del grano por cuenta de las garantías de mercado alcanzadas en el renombrado “Pacto Cafetero” suscrito por 32 países exportadores y 22 países importadores en el año de 1962 (países que representaban en ese momento el 95% del mercado mundial), acuerdo donde se concertaron cuotas de producción y precios que permitieron una verdadera bonanza (Croce 1992).

El abrupto y creciente proceso de modernización del agro transformó la misma estructura de tenencia de la tierra. La precarización del campesino, imbuido en un torbellino cada vez más demandante de recursos para lograr producir y llevarlo a ser competitivo (Escobar 2007; Machado 2002); esta condición orientó al campesino hacia la disyuntiva productor o consumidor, confrontación donde prevaleció la segunda faceta nombrada, encontrando consecuencias como la venta de la tierra, de la finca cafetera y se su propia fuerza de trabajo como única posibilidad de supervivencia.

Este fenómeno originó el establecimiento de grandes extensiones de tierra pertenecientes a un solo propietario, quien acudía a la compra de las fincas para posteriormente unificarlas, contando incluso con la posibilidad de emplear a los ex propietarios en el mismo predio; es decir, mano de obra calificada para el oficio cafetero a bajo costo, proceso exacerbado con la implementación del neoliberalismo como modelo de desarrollo, donde el agro en general asumió las leyes del mercado globalizado; dicho en otros términos, incluso el productor agrario más pequeño debía asumir, interpretar y adaptarse a las condiciones impuestas por la competencia (Escobar 2007).

El sector rural colombiano permanece estigmatizado por la sociedad contemporánea como resultado de ese frenético tránsito hacia la vida urbana, considerada como el único espacio capaz de brindar la oferta a las demandas sociales. En una sociedad basada en una economía de mercado, virtualmente todo es susceptible de tener un costo, el cual debe ser asumido por aquel individuo

que aspira obtener ese algo; por tanto, es necesario contar con la posibilidad de poseer un nivel de ingresos económicos coherente con tales aspiraciones, aspiraciones que magistralmente, a través del uso de herramientas de mercadeo, progresivamente se hacen mayores, convirtiéndose en una carrera interminable, tal como lo señala Bauman (2000; 2004), en ese tránsito hacia el consumismo como adicción.

En el panorama del progreso vigente, el sector urbano se ha erigido como el patrón civilizatorio, como el escenario exclusivo del desarrollo y el sector rural asumido como el apéndice territorial de la urbe y a su sociedad como el lastre rezagado de una nación como la colombiana, que opta por desdeñar de sus orígenes antes que reconocerlos como parte de la cultura sincrética del presente territorial (Escobar 2007).

Las iniciativas recientes de reconocimiento del sector rural y la sociedad campesina como bastiones fundamentales del proceso de desarrollo de la nación necesariamente deben presentar un apartado exclusivo para la cultura cafetera. Las condiciones cambiantes, relativas al sector de la producción cafetera como son tecnificación, obsolescencia de las prácticas tradicionales, inserción en la lógica del mercado, degradación ecosistémica, entre otras, han producido variaciones en la estructura de la sociedad campesina inevitables pero coherentes con los condicionamientos surgidos; el paso de productor a consumidor derivado de las condiciones propias de la competitividad, reconfiguró la estructura de la distribución de los factores de producción (Machado 2002).

El campesino caficultor carente de las condiciones para competir en el mercado y que pese a ello continúa produciendo, lo hace predominantemente por arraigo, costumbre y en ocasiones, por temor a enfrentarse a oficios distintos al que ha realizado toda su vida, más no por la posibilidad de rentabilidad de la producción. La sociedad contemporánea asume el consumismo como garante

de bienestar; de esta manera las nuevas generaciones rurales enfocan su atención en la búsqueda de niveles de ingresos capaces de entrar en esa dinámica de consumo.

La condición expuesta entraña una profunda contradicción entre las aspiraciones de las nuevas generaciones y las condiciones suscitadas, por lo que denominan Nates y Velásquez (2009), como la “crisis del café” o la condición asociada a la problemática cafetera que tiene implicaciones en los diferentes aspectos que conforman la realidad, situación que se reduce a una disrupción del recambio generacional por ausencia de una motivación real que responda a los intereses suscitados por la globalización.

Metodología

Este estudio utilizó un enfoque eminentemente cualitativo, recurriendo a la metodología de la Proyección Ambiental, desarrollada por el Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales. Se integraron técnicas etnográficas para la recolección y análisis de información, como diálogos semiestructurados, observación participante, cartografía social y talleres de identificación de escenarios; de la misma forma, se remitió a la consulta de algunos datos de carácter poblacional vinculados al censo nacional y algunos datos de orden cartográfico oficial de las vigencias 2006 - 2016.

Se procedió a realizar búsqueda y revisión de información institucional y académica relativa al proceso de conformación territorial del corregimiento, así como a identificar y entrevistar personas de la comunidad que conservaran información histórica de Altagracia, entre los que destacan líderes sociales y comunitarios del corregimiento. Con estas personas, además de las entrevistas, también se desarrollaron talleres de identificación de escenarios y cartografía social. Posteriormente, se contrastó la información recolectada, con aspectos identificados en los procesos de

observación participante desarrollados, para construir una interpretación de la dinámica territorial de Altagracia y posibles tendencias futuras.

Resultados

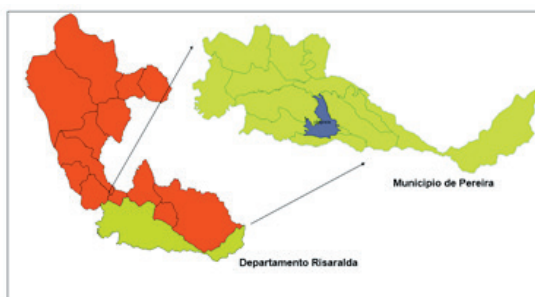
Altagracia en el Paisaje Cultural Cafetero

Altagracia es un corregimiento ubicado al sur del Municipio de Pereira, sobre uno de los caminos de herradura de otrora hacia el departamento del Quindío, fundado hace cerca de 130 años, con un relieve quebrado de pendientes escarpadas, donde los asentamientos se encuentran sobre el filo de la cuchilla, clima templado húmedo, considerable oferta hídrica y coberturas vegetales donde se evidencian procesos de explotación agrícola y pecuaria o al menos rastros de ellos. Territorio moldeado por la dinámica cafetera, que se posicionó como uno de los principales escenarios para la producción cafetera del municipio en tiempos de la bonanza.

El corregimiento lo conforman 10 veredas, una de las cuales es el centro poblado ubicado en coordenadas geográficas 4° 47' 02, 50 - 75° 43' 21, 51", sitio del que hacen parte seis barrios; las veredas se encuentran predominantemente al lado de la vía de acceso que comunica casco urbano de Pereira con el corregimiento de Arabia. El centro tiene el mismo nombre del corregimiento, y es un espacio que concentró desde un comienzo la oferta de los servicios requeridos por la población local (Alcaldía de Pereira 2015).

El tiempo que toma llegar desde el casco urbano municipal hasta Altagracia oscila entre 20 - 30 minutos y cuenta con un fluido servicio de transporte, que de hecho incluye al sistema de transporte urbano masivo de Pereira como la opción de mayor presencia en el corregimiento, con un tiempo de recurrencia no superior a los 15 minutos en día de semana.

Figura 1. Ubicación del Corregimiento de Altagracia



Fuente: elaboración propia.

En la primera mitad del siglo anterior, Altagracia contaba con estrecho vínculo de dependencia con el corregimiento vecino de Arabia, según lo narran adultos mayores de la comunidad, lugar a donde se acudía para la obtención de bienes y servicios que no se encontraban en el corregimiento, fundamentalmente por los condicionamientos impuestos por la ausencia de una vía de acceso desde Pereira, teniendo en cuenta que el medio de transporte era el lomo de mula. En este momento histórico, se implantó el café en el corregimiento, convirtiéndose en una alternativa que los campesinos integraron a sus fincas, interpretando su aprovechamiento en relación con los sistemas productivos preestablecidos, permitiéndoles márgenes de utilidad para la compra de los bienes y servicios que requerían, pero sin generarse una exclusiva dependencia del comercio del café para la subsistencia de la familia campesina, aun siendo cafeteros.

En el año de 1949 se inaugura la vía de acceso hacia Pereira, elemento que cambió radicalmente la dinámica del corregimiento; este hito representó la conectividad con el mundo urbano, la posibilidad de ampliar las opciones de comercialización de la producción agropecuaria, así como del acceso a bienes y servicios; por lo tanto, del modo de vida mismo. Se empieza a vivir un periodo de condiciones favorables de ingreso fundamentado en la producción cafetera.

La conformación de la Federación Nacional de Cafeteros – FNC – en el año de 1927 y la conformación del Comité de Cafeteros de Risaralda en el año de 1967 se configuraron como hechos fundamentales, pues la agremiación proporcionó la posibilidad de obtener en las comunidades rurales el acceso a ciertos servicios de primera necesidad, como lo son la educación, saneamiento básico, electricidad, vías, entre otras, los cuales se concibieron desde la división de Ingeniería del Comité Departamental (Arango-Gaviria 1998).

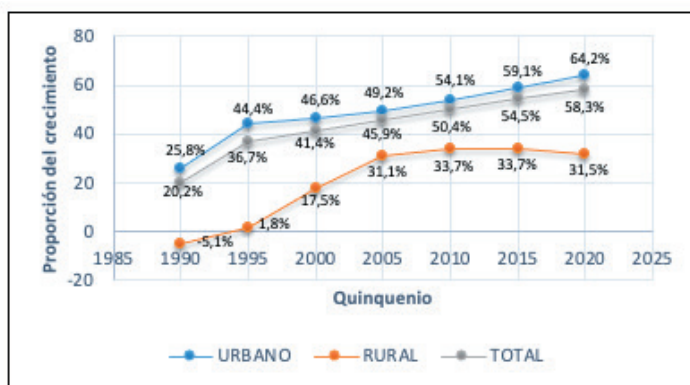
Otro aspecto que también se atribuye a la FNC es el proceso de inserción de prácticas de intensificación de cultivos permitidas desde los nuevos adelantos tecnológicos, en función de la maximización de utilidades. La denominada “revolución verde” en el sector cafetero se materializó a través de los conocidos paquetes tecnológicos, donde se promovía la siembra de especies susceptibles de ser aprovechadas de manera tecnificada a libre exposición, con todo un conjunto de elementos que debían ser adquiridos y utilizados para controlar el proceso productivo del cultivo de la forma económicamente más rentable (Machado 2002).

El ejercicio de implementación de los paquetes tecnológicos implicó el sacrificio de las formas tradicionales de cultivar el café, incluso de la misma estructura productiva y organizacional de la finca cafetera, disminuyendo la biodiversidad del sistema, la soberanía alimentaria y aumentando la dependencia del cultivo cafetero, como la manifiesta uno de los comuneros locales entrevistado en el proceso.

En este respecto, se remite al análisis de cifras del censo poblacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística 2005), para dilucidar la relación directa entre la ruptura del pacto cafetero y el inicio formal del proceso de la apertura o liberalización económica que marcó el sistemático ingreso del modelo neoliberal en inicios de los años 90. Los datos asociados

a la proporción de incremento poblacional quinquenal expuesto en la gráfica 1 en la ciudad de Pereira, representan el crecimiento relativo en cada momento, respecto al porcentaje de incremento específico del año 1990. En primera instancia, es notable el salto positivo poblacional urbano para los años 90 y 95; caso contrario en el sector rural que, inclusive, para el año 90 presentó un comportamiento negativo, mostrando una leve recuperación en el año 95.

Figura 2. Crecimiento poblacional respecto a 1985



Fuente: Elaboración propia a partir de información censal del DANE

El lustro 2000 - 2005 para el sector rural, fue un periodo donde el incremento sostuvo la tendencia del periodo anterior, alcanzando cerca de $\frac{3}{4}$ del crecimiento relativo del punto de inflexión reseñado, obteniendo un punto de relativa estabilidad hasta el 2015, momento donde nuevamente descendió el porcentaje de crecimiento comparado. En el sector urbano, posterior al salto de 1985-1995, presentó una estabilización relativa en el crecimiento, construyendo una tendencia hacia el incremento en cerca de cinco puntos comparados quinquenalmente. La población general (rural + urbana), refleja un comportamiento aproximado a la curva de crecimiento porcentual urbana, sugiriendo una primacía del modo de vida urbano y su asimilación por la sociedad local como modo predilecto de establecimiento.

Este tipo de comportamiento encuentra explicación en el análisis suministrado por Shaw y Das (2018: 159), cuando afirman que “el patrón de crecimiento urbano cambia significativamente después de la liberalización económica, desde entonces la expansión hacia el interior de las ciudades emergió como el principal componente del crecimiento urbano. Como consecuencia de la intensa expansión hacia el interior de las ciudades, los rápidos cambios en el uso de la tierra y la ocupación han transformado las zonas rurales adyacentes en zonas urbanas o periurbanas”. La entrada en escena de la ideología neoliberal exagera la problemática, en el sentido del dominio ejercido por los desarrolladores inmobiliarios en la creación de espacios residenciales y de servicios, haciendo poco para promover el crecimiento armonioso de la ciudad (Weclawowicz-Bilska 2019).

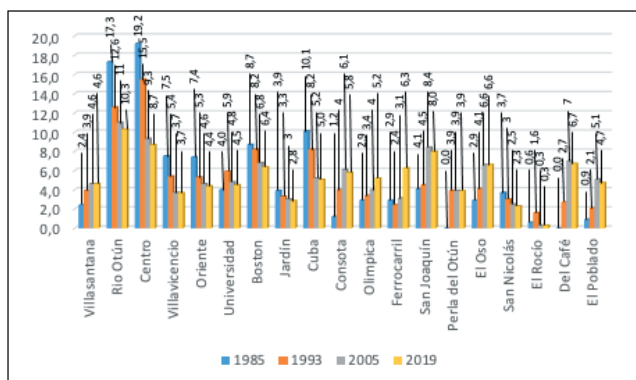
Retomando los aportes del líder comunitario reseñado anteriormente, se destaca un tipo de información indicativa para el corregimiento, cuando referencia cómo, desde la implementación de la modernización agraria, se ha sufrido un proceso progresivo de precarización de las condiciones de vida de la población, en lo que respecta a la posibilidad de conservar unidades productivas familiares funcionales y su condición de campesino caficultor, donde predominantemente la población cafetera actual se encuentra envejecida, con posibilidades sumamente limitadas de poder transmitir su conocimiento a nuevas generaciones, pues las nuevas generaciones han atestiguado las afujías propias de la producción cafetera y han sido obnubiladas por el panorama deslumbrante de la economía de mercado, por lo que sus intereses pasan a ser de corte eminentemente urbano, condición exacerbada por la proximidad cada vez mayor del vínculo con el casco urbano de Pereira.

En este punto, es pertinente resalta el proceso de desplazamiento de la frontera urbana Pereira en los últimos 30 años, el cual ha ejercido una significativa presión sobre Altagracia; el crecimiento en los fenómenos de construcción

habitacional muestra una tendencia urbanística orientada hacia el corregimiento; la última de las comunas del perímetro urbano, colindante con el corregimiento, es la comuna San Joaquín, cuya población actual residente, en la década de los años 80 del siglo anterior, aún no se encontraba allí ubicada, como tampoco los complejos habitacionales que les albergan, tal como lo expresan antiguos residentes de la zona límite de esa década.

Este tipo de proceso permite una re configuración espacial, amparada en la búsqueda de la eficiencia del aprovechamiento del espacio (Weclawowicz-Bilska 2019); por un lado, mediante la propiedad horizontal de 50-55 m², vivienda de interés prioritario de 35 m² o vivienda de interés social de 45 m² (Carmona-Vanegas, 2016) y, por el otro, mediante espacios opulentos como condominios (conjuntos cerrados múlti-residenciales) ubicados en el otro extremo de disponibilidad de área construida y de descanso, con áreas superiores a los 300 m² (Rojo-Mendoza, Jara-Rojas y Frick-Raggi 2019).

Figura 3. Distribución poblacional porcentual urbana por comunas



Fuente: Elaboración propia a partir de información censal del DANE

En la gráfica anterior, se encuentran relacionados los datos censales más recientes para el contexto local, referenciados para los años 1985, 1993 y 2005, los datos presentados en el año 2019

corresponden a la proyección poblacional estimada a partir de los datos del censo del año 2005 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005). Esta información ilustra la distribución de población urbana de Pereira por comunas (referenciadas en el eje X y proporción de la población municipal en el eje Y); se identifica en el primer y segundo periodo una notable concentración de la población en la zona centro tradicional de la ciudad y su periferia, en concordancia con el patrón urbano céntrico-radial de la ciudad genérica (Weclawowicz-Bilska 2019, Jiménez *et al* 2018); permite dilucidar también a la comuna Cuba como el segundo centro de importancia poblacional para la ciudad, espacio del cual se originó la actual comuna San Joaquín.

Este nivel de crecimiento se ha dado en ese sector de frontera, consumiendo progresivamente el territorio rural, integrándolo a la zona urbana, fenómeno que de hecho responde a lógicas de ocupación espacial diferenciadas al resto de la comuna, pues se encuentran edificios y conjuntos cerrados, como estrategias arquitectónicas en las que se privilegia la optimización del espacio, albergando comparativamente mayor cantidad de personas por unidad de área.

Tabla 1. *Proporciones de uso del suelo en el corregimiento de Altagracia*

Tipo de uso	X1	X2	$\Delta(X2-X1)$	Proporción
Cultivos en general	1351,52	1303,84	-47,68	-3,52%
Cultivo de café	877,25	997,14	119,89	13,67%
Pastos	484,42	475,94	-8,47	-1,75%
Vegetación en regeneración	260,68	195,15	-65,43	-25,14%
Tejido urbano	96,16	217,85	121,69	126,55%

Dónde: X1=área (Ha) año 2006; X2= área (Ha) año 2016; Δ =diferencia de área (Ha).

La tabla 1 presenta algunos datos obtenidos a partir de información cartográfica oficial, asociada a los años 2006 – 2016, evidenciado en la producción agropecuaria una notable disminución, generando condiciones cambiantes en la producción local, redefiniendo el tipo de relaciones sociales de intercambio

que configuran el territorio, situación que se presenta como el reflejo de la crisis de la región cafetera (Rettberg 2010).

Respecto al cultivo de café, se observa cierto incremento en el área cultivada en café; pese a ello, la información recabada en la comunidad local expresa una participación proporcionalmente baja en la economía local, condición que puede encontrar explicación en una posible disminución del nivel de aprovechamiento de la totalidad de áreas cultivadas, motivado por niveles de riesgo en la relación costo-beneficio inadmisibles para el productor (Zuluaga-Giraldo 2012, Rettberg 2010).

Haciendo énfasis en el centro poblado de la vereda de Altagracia, las condiciones distan notablemente de las condiciones típicas del sector rural. Esta centralidad está conformada por seis barrios, los cuales en su gran mayoría presentan las características propias de los barrios populares del sector urbano de Pereira, donde el tipo de construcción predominante es en adobe y cemento, con techos en teja de fibrocemento o zinc, tratando de aprovechar de la mejor manera el espacio, que en algunos de los barrios corresponde a espacios de confinamiento alarmantemente reducidos para condiciones familiares que hacen pensar en fenómenos de hacinamiento.

Figura 4. *Barrio Altagracia*



Fuente:

En el barrio más antiguo, el centro histórico denominado Altagracia, existen algunas construcciones híbridas, donde destacan elementos tradicionales como la chambrana, el corredor externo, marcos en madera, entre otros.

Figura 5. *Construcciones híbridas*



Fuente:

Figura 6. *Construcción híbrida*



Fuente:

Figura 7. *Construcción híbrida*



Fuente:

Institucionalmente se identifica como la principal centralidad de la vereda Altagracia al barrio Buenos Aires, puesto que es en el que reside mayor cantidad de población. Según datos suministrados por la Presidenta de la Junta de Acción Comunal de este barrio, se puede afirmar que casi la totalidad de las personas económicamente activas y ocupadas en el barrio laboran en la ciudad, en su mayoría en oficios varios y construcción, afirma vehementemente que, de las cerca de 300 personas que residen en Buenos Aires, son solamente alrededor de 10 personas que desarrollan oficios relacionados con el agro en las fincas aledañas, fincas que entre otras, desde lo expresado por uno de los comuneros del corregimiento, ya no cuentan con la posibilidad de producción de otrora, aquellas fincas grandes y prósperas como “La Holanda” ya no proporcionan las condiciones biofísicas para la producción de café o plátano, por cuenta de la degradación generada por la agresividad de la tecnificación cafetera.

El último de los entrevistados referenciado manifiesta, en torno al cambio en la oferta laboral agraria que, fruto de la tecnificación de la revolución verde, la mano de obra requerida cada vez fue menor; ahora, con las condiciones de mercado del café y demás productos agrícolas, algunos propietarios que cuentan con la posibilidad de realizar inversiones han optado por

la inserción de la práctica ganadera, actividad que requiere aún menor cantidad de mano de obra que las actividades agrícolas tecnificadas.

Alternativas emergentes desde el Paisaje Cultural Cafetero.

La declaratoria del Paisaje Cultural Cafetero - PCC, se presenta como una figura para salvaguardar un tipo de cultura campesina que ha soportado de forma una proporción importante del desarrollo de algunas comunidades rurales de los Andes colombianos. Partir del reconocimiento de esta cultura en el constructo territorial representa la posibilidad de preservar los orígenes en una clase trabajadora que agenció la consolidación social de unos conglomerados poblacionales que a la postre se convirtieron en ciudades intermedias.

Emprender una iniciativa de esta magnitud exige, en primera instancia, el reconocimiento del rol de dicha cultura en la sociedad a la cual pertenece, como instancia para el empoderamiento social que puede viabilizar su protección. En este contexto, emerge el concepto de turismo cultural, como posible plataforma para la gestión patrimonial, donde la promoción de los atractivos asociados a las condiciones territoriales originadas alrededor del ejercicio productivo cafetero, se identifican como referentes clave para el visitante.

En este punto, se puede dilucidar cómo, en torno al proceso productivo se definen las costumbres sociales desarrolladas por la población implicada, encontrando expresión en la arquitectura, medios de transporte, organizaciones y estructuras productivas, o como lo definiría Lefebvre (1974) el espacio vivido, espacio percibido y espacio concebido. En el caso de la caficultura tradicional campesina, ese escenario central donde se ubica toda una dinámica social particular es la finca.

En teoría, el turismo representa la posibilidad de diversificación productiva para el productor cafetero, puesto que ha de posibilitar un flujo de demanda relativa a ciertos servicios como alimentación, recreación y conocimiento de una cultura arraigada en las entrañas de la sociedad local de aquellos parajes diseñados para aprovechar este tipo de mercado. A su vez, el desarrollo de esta actividad puede permitir el fortalecimiento de aspectos históricamente precarios, así como el mejoramiento de algunas condiciones que con el paso del tiempo y por los cambios de las condiciones del mercado cafetero y agrícola en general, puedan encontrarse en estado de obsolescencia y requieren de una modernización, para lo cual la oportunidad económica que significa el turismo puede ser asimilada como la posibilidad de obtener ciertas soluciones, que si bien pueden encontrarse orientadas a la atención del mercado turístico, representarían un beneficio paralelo para los pobladores locales de los espacios del PCC.

Migraciones y neocolonizadores.

Las condiciones de densidad residencial de Altagracia se asemejan fielmente a las condiciones de aprovechamiento del espacio que se encuentran en el barrio popular promedio del Municipio de Pereira. Las oportunidades de empleabilidad en actividades cafeteras notablemente disminuidas - corroboradas por líderes y personas del común, la pérdida progresiva del estatus de ser productor agrícola en la sociedad contemporánea, además del proceso de globalización que permite dilucidar un amplio y provocativo panorama dotado de facilidades y beneficios para el poblador rural – principalmente por las nuevas generaciones que adoptan modelos de comportamiento que cada vez imponen distancias mayores de la vida campesina, orientan al poblador rural hacia un habitar progresivamente urbano.

El crecimiento urbano del centro poblado de Altagracia en ciertos espacios ejemplifica claramente la mixtura rururbana,

destacada en rasgos arquitectónicos que preservan condiciones de construcción y algunos materiales propios de las viviendas tradicionales promocionadas en el PCC, cada vez más cercadas por construcciones habitacionales de reciente construcción; en algunas configuraciones espaciales de ocupación desarrolladas en asentamientos como el barrio León Suárez, que si bien presentan una disposición lineal paralela a la única vía de entrada y salida (estrategia de distribución tradicional de los centros poblados del sector rural colombiano), contienen viviendas con arquitectura típica del sector urbano.

Figura 8. *Construcción antigua*



Fuente:

Figura 9. *Construcción en bahareque*



Fuente:

Figura 10. *Asentamiento en galería*



Fuente:

Básicamente se encuentran barrios densamente poblados, como es el caso Buenos Aires, centralidad principal de la que se acusa una alta presencia de habitantes que no conservan relación alguna con la actividad cafetera, muchos de los cuales han arribado provenientes de otras zonas del municipio demandando vivienda, trayendo consigo costumbres propias que obedecen a una lógica predominantemente urbana.

Figura 11. *Barrio Buenos Aires*



Fuente:

Figura 12.
Barrio Buenos Aires



Fuente:

Es importante resaltar que la migración se ha presentado en doble sentido, gran cantidad de la población originaria de Altagracia, de sus veredas con mayor dependencia del agro, a medida que las nuevas generaciones crecían, ocuparon espacios en la ciudad que al final les llevaron a emigrar definitivamente; muchos de los actuales pobladores que trabajan en la ciudad solo retornan al corregimiento en horas nocturnas, siendo esta su rutina diaria.

Bajo el panorama expuesto, las nuevas generaciones, descendientes de los antiguos caficultores que habitan este espacio, se sumergen en su cotidianidad, desarrollando características coherentes con su contexto, donde las presiones sociales fundamentadas en la añoranza de la seguridad económica orientan a la población hacia una negación de la vida caficultora y agropecuaria, reduciendo su valor a un rasgo arcaico a ser superado desde las oportunidades ofrecidas por la ciudad.

Otro de los aspectos de notable relevancia que necesariamente se deben traer a colación, es la representación que tiene en el imaginario social del poblador urbano, como indicador de estatus

social, la tenencia de predios opulentos fuera del perímetro de la ciudad; a partir de esta condición, el mercado inmobiliario se ha dispuesto a invertir flujos de capital en zonas próximas a la ciudad de Pereira, configurando un tipo de patrón campestre de propiedades dedicadas al descanso y encuentros eventuales de carácter social, como estrategias de abstracción del caos ciudadano.

Resulta contradictorio que, desde la perspectiva urbana se pretenda arribar a la ruralidad en busca de la tranquilidad del campo, mientras que en la población rural se hace creciente el anhelo de urbanidad; sin embargo, se debe resaltar que parten de condiciones y motivantes diferentes y, pese a ello, ambas obedecen a la misma lógica del predominio deformador del capital sobre las condiciones culturales tradicionales locales.

La construcción campestre irrumpe en el corregimiento trasgrediendo la arquitectura del PCC; este tipo de construcciones representan el poderío económico del propietario a quien poco o nada le interesa asumir patrones arquitectónicos relacionados con el proceso territorial cafetero. Es de aclarar que asumir dichos patrones, por sí mismos, sería algo insuficiente en la pretensión de conservación patrimonial, puesto que son estrategias, que en el mejor de los escenarios, produciría una simple réplica arquitectónica, pero resultan incapaces de otorgar una condición de pertenencia real al paisaje cultural del que hace parte, pues el concepto significa todo un estilo de vida que trasciende lo físico; sin embargo, sí sería efectivo en torno a la disminución del contraste arquitectónico y cultural, el cual resultaría menos abrupto con el fundamento de la declaratoria UNESCO.

Un elemento adicional, relativo al tipo de construcciones antes mencionadas, es la fuerte contradicción en la estructura de tenencia de la tierra y acceso a los medios de producción que representan, evidenciando una marcada diferencia con la distribución, manejo y orientación funcional de la propiedad con respecto al período cafetero, rasgo que confirma el cambio

definitivo de las condiciones que permitieron el albor y bonanza de la caficultura.

El tema expuesto se exagera con la presencia de ecosistemas en sucesión natural que proporcionan servicios ambientales, que se presentan como atractivos adicionales que incentivan el interés del habitante de origen ciudadano con nivel de ingreso económico medio-alto y alto, en la medida de representar la posibilidad de habitar espacios rurales, sin perder el acceso al modo de vida urbano, configurando una situación con implicaciones directas en el mercado del suelo, transformando progresivamente escenarios productivos agropecuarios en escenarios habitacionales (Rivera-Pabón 2013).

El panorama expuesto, permite dilucidar un fenómeno de gentrificación manifiesto, entendido genéricamente como “el proceso de cambio en la población de usuarios de la tierra, donde los usuarios tienen un ingreso socioeconómico superior al ingreso de los usuarios antecesores y, paralelamente, se origina un cambio asociado en el entorno construido a través de la reinversión de capital fijo” (López-Morales, Bang-Shin y Lees 2016: 1093). Como una de las principales consecuencias de la gentrificación, Abdalla y Faria (2019) identifican al incremento prohibitivo del costo a los bienes raíces implicados en el proceso, impidiendo al ciudadano promedio el acceso y, por tanto, estableciendo esquemas de aprovechamiento del espacio radicalmente distintos a los tradicionalmente desarrollados por los habitantes originarios, planteando una ciudad orientada al mercado.

En el marco del PCC y el turismo relacionado, emerge otro tipo de construcción, orientada a brindar hospedaje, así como a la venta de bienes y servicios para el turista. Altagracia presenta lugares altamente modificados, donde las actividades productivas tradicionales han dejado de existir y donde los que aún permanecen, lo hacen bajo una concepción completamente distinta, bajo la figura de “atractivos turísticos” para un tipo de

población flotante constituida por los visitantes ocasionales que buscan esparcimiento y diversión. Respecto a este tema específico, se resalta lo expuesto por Hamrita, Mata-Olmo y Rajeb (2016) y García-Rodríguez (2016), cuando abordan al turismo como un aspecto que necesariamente debe encontrarse amparado en procesos de gestión territorial acordes con una interpretación del territorio para el abordaje del patrón de incremento de la urbanización turística de la ruralidad.

La presencia de este tipo de población en el corregimiento trae consigo otro tipo de condicionamientos que moldean las costumbres de la población asociadas a la vida nocturna de fines de semana, representando una potencial amenaza en temas como el licor, drogas alucinógenas y la prostitución, en los que regularmente se comienzan a erigir actividades y poderes alrededor que pueden alterar dramáticamente las estructuras sociales y la percepción de nuevos problemas para la sociedad de los espacios de especialización turística, concordantes con lo expuesto en el análisis de Gauna Ruíz de León (2017).

Finalmente, otro aspecto de fundamental interés es la presión urbanística, la construcción de nuevos edificios en los cuales se ofertan apartamentos, además de procesos de loteo de antiguas fincas cafeteras marcan una tendencia creciente que permite inferir que ha de incrementarse la producción habitacional y comercial, reafirmando la hipótesis inicial de Altagracia como espacio para la expansión urbana de Pereira, absorbiendo la zona rural de valiosa riqueza cultural cafetera tradicional.

Teatralización de la cultura cafetera

A través del recorrido anterior, donde se esbozan ciertas condiciones relacionadas con la actualidad de la cultura cafetera en el corregimiento de Altagracia, se permite interpretar en perspectiva crítica un evidente trastorno funcional del PCC en el territorio en cuestión. Es claro el proceso de erosión cultural

cafetero por múltiples razones, algunas de las consideradas de mayor relevancia por el presente estudio se han relacionado anteriormente.

El cambio hacia una cultura eminentemente citadina de esta centralidad de considerable relevancia en el PCC, como zona de mayor representatividad a nivel municipal, pues el corregimiento en su totalidad se encuentra clasificado como área principal y de amortiguación en la zona D (Alcaldía de Pereira 2015), permite dilucidar un panorama poco alentador para la conservación de la declaratoria.

La amenaza de pérdida de la declaratoria es simplemente el indicativo de una problemática de mayor profundidad, que remite a la representación social decreciente de una cultura cafetera a la cual el país le debe su pasado y en gran parte su presente; es de recordar que el territorio y las posibilidades que le brinda a la sociedad actual que le conforma es posible gracias al desarrollo que permitió la caficultura; sin ese aspecto sin precedentes, la orientación territorial que hubiese seguido la ciudad habría distado radicalmente de las condiciones que se presencia en la actualidad.

En el curso del presente análisis, resulta indefectible acusar los rasgos característicos del manejo de la declaratoria con fines eminentemente economicistas, posición que continúa reproduciendo la misma lógica del mercado, de la acumulación y la implementación de modelos eficientistas enfocados hacia la rentabilidad económica, que por defecto asumen la conservación de la cultura como una externalidad. ¿Quiénes ofertarán los servicios demandados por el turista?, ¿el incremento en las utilidades por conceptos no agrícolas garantizará la conservación de la cultura cafetera?, o ¿cuál es el impacto ambiental y cultural generado por las dinámicas del turismo en el territorio cafetero? Son algunas de las preguntas que aún esperan un análisis de mayor profundidad, focalizado para cada escenario, y cuya simple

existencia, como lo manifiesta Mayorga (2015), permiten pensar que la idea de PCC vigente es una expresión cruda del modelo neoliberal.

En términos concretos, la materialización de la declaratoria del PCC en el corregimiento de Altagracia, pese a ser área principal y de amortiguación, corresponde a una voluntad de preservación de algo que se ha modificado dramáticamente, intención fundamentada en un análisis aún inconcluso, pues se remite estrictamente a condiciones de producción como un fenómeno aislado, mientras que las transformaciones sociales, que inevitablemente han cambiado la situación cafetera, no han sido articuladas en su justa proporción, situación que encuentra mayor explicación en lo expuesto por Ramírez y Saldarriaga (2013), en torno al soslayo del vínculo efectivo entre las comunidades y su patrimonio.

El avasallamiento del sector rural cafetero develado en este estudio, evidencia una suplantación progresiva de la población, de sus prácticas productivas y, en general, de su estilo de vida; como se ha expuesto, no es un resultado circunstancial, es producto de un proceso institucional paulatino multiescalar y multidimensional que ha promovido una reconfiguración territorial (Nates 2010), mediante la generación de condiciones propicias para atraer población foránea que progresivamente elitiza el territorio (Nates 2008).

En este sentido, lo que se presencia en el territorio de Altagracia, como escenario ampliamente promocionado como Paisaje Cultural Cafetero, es la respuesta a una iniciativa de teatralizar espacios y valores, asumidos melancólicamente, como atractivo turístico (Ramírez y Saldarriaga 2013). En otros términos, las condiciones vigentes remiten a la mercantilización de la melancolía cultural, desde la que se pretende concebir un territorio, pero es básicamente una distorsión deliberada de la realidad de otrora, en función de demandas específicas, que

permitan la conservación de una fachada que asegure un mercado determinado, implicando negaciones que permitan un espacio atractivo para su consumo, un tipo de “musealización”, donde lo cultural asume un rol de ribete.

Conclusiones

La principal amenaza identificada en el corregimiento frente a la conservación inmediata del acervo cultural es el avance progresivo y constante del sector urbano de Pereira.

La cultura cafetera campesina se perfila a transformarse en solo una faceta explotada intensivamente en el mercado turístico, pues si bien el territorio aún conserva cierto nivel de producción cafetera, ésta dista notablemente de ser el tipo de producción que define el comportamiento de la sociedad donde sucede.

El discurso enaltecedor de la cultura cafetera continúa siendo un posicionamiento contestario, carente de una propuesta factible y funcional, pues un proceso de salvaguardia apropiado requeriría de otro tipo de análisis, donde se asuma el territorio cabalmente con los cambios sucedidos, sus causas y la forma de concertar posibles alternativas.

En torno a la misma estrategia de promoción turística en el PCC, es en sí misma un condicionante transgresor, promotor de procesos de gentrificación y alienación. Evidentemente el productor cafetero tradicional no se encuentra capacitado para la atención de servicios de corte turístico y su mercadeo, por citar algunos; en esta condición, el “negociante” oportunista ha de arribar suplantando al habitante tradicional.

De la forma en la que se configura la promoción del turismo y los procesos de migración en doble sentido en Altagracia, se perfila el PCC a convertirse en un espacio nuevo de exclusión social, donde los poderes hegemónicos han de asumir el

liderazgo y mayor utilidad medida en términos económicos de la declaratoria, con estrategias como las denominadas “rutas turísticas”, representaciones del bucólico pasado al servicio del capital.

El incremento progresivo en la densificación residencial, asociados a la presión ejercida por la globalización, orientadora de la transición hacia lo urbano como referente de progreso, potencialmente promoverá una inserción paulatina de sectores del corregimiento al perímetro urbano de la ciudad de Pereira.

Bibliografía

- Abdalla, Marcio-Moutinho; Faria, Alexandre. 2019. Local development versus neoliberal globalization Project: reflecting on market-oriented cities. En: Brazilian Journal of Public Administration. 53 (1), 84-100.
- Alcaldía de Pereira. 2015. Diagnóstico Socioeconómico. Plan de Gestión Corregimiento de Altagracia. Alcaldía de Pereira.
- Academia de História de Pereira. 2015. Historia Rural del Pereira. Paisaje Cultural Cafetero. Corregimiento de Altagracia. Alcaldía de Pereira.
- Alcaldía de Pereira. 2015. Plan de Ordenamiento Territorial 2015-2027. Alcaldía de Pereira.
- Arango-Gaviria, Oscar. 1998. Café, Medio Ambiente y Desarrollo Social. Fundación Espiral, Pereira.
- Bauman, Zygmunt. 2000. Trabajo, Consumismo y Nuevos Pobres. Editorial Gedisa, Barcelona.

- Bauman, Zygmunt. 2004. Modernidad Líquida. Fondo de la Cultura Económica, Buenos Aires.
- Chaparro – Africano, Adriana. 2014. Sostenibilidad de la Economía Campesina en el Proceso Mercados Campesinos (Colombia). Tesis de Doctorado en Recursos Naturales y Sostenibilidad, Universidad de Córdoba.
- Cataño, Gonzalo. 2012. El Café en la Sociedad Colombiana. En: Revista de Economía Institucional 14 (27): 225-272.
- Croce, María. 1992. Algunos Elementos Geopolíticos del Pacto Cafetero. Revista Cuadernos de Administración 13: 23-34.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. 2005. Censo general 2005. DANE [Online], URL:<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>.
- Escobar, Arturo. 2007. La Invención del Tercer Mundo. Editorial El Perro y La Rana, Caracas.
- Forero, Jaime. 1992. Producción Familiar Cafetera y Comunidad Rural en el Valle del Cauca. En: Revista Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural 24: 73-95
- García-Rodríguez, José-León. 2016. Retroceso agrario, protección ambiental y ocupación residencial del espacio rural en Canarias a comienzos del siglo XXI. En: Treinta años de Política Agraria Común en España. Agricultura y multifuncionalidad en el contexto de la nueva ruralidad. Asociación de Geógrafos Españoles (Grupo de Geografía Rural), Óptima Diseño e Impresión s.l. 682-696.

- Guana-Ruíz-de-León, Carlos. 2017. Percepción de la problemática asociada al turismo y el interés por participar de la población: caso Puerto Vallarta. En: *El Periplo Sustentable*. 33, [Online] URL: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eps/n33/1870-9036-eps-33-251.pdf>
- Hamrita, Abdelkarim; Mata-Olmo, Rafael; Rajeb, Hichem. 2016. Proyecto de paisaje para activar el regadío periurbano en aglomeraciones turísticas. El caso de la Gran Sousse (Túnez). En: *Treinta años de Política Agraria Común en España. Agricultura y multifuncionalidad en el contexto de la nueva ruralidad*. Asociación de Geógrafos Españoles (Grupo de Geografía Rural), Óptima Diseño e Impresión s.l. 697-711.
- Jiménez, Víctor; Hidalgo, Rodrigo; Campesino, Antonio-José; Alvarado, Voltaire. 2018. Normalización del modelo neoliberal de expansión residencial más allá del límite urbano en Chile y España. En: *EURE*. 44 (132), 27-46.
- Lefebvre, Henri. 1974. *La Producción del Espacio*. Editorial Capital Swing Libros. Madrid.
- López-Morales, Ernesto; Bang-Shin, Hyun; Lees, Loretta. 2016. Latin America gentrifications. En: *Urban Geography*. 37 (8), 1091-1108.
- Machado, Absalón. 2001. El Café en Colombia a Principios del Siglo XX. En: *Desarrollo Económico y Social en Colombia*, Editor Gabriel Misas Arango, 77-97. Colombia: Editorial Unibiblos.
- Machado, Absalón. 2002. *De la Estructura Agraria al Sistema Agroindustrial*. Centro de Investigaciones para el Desarrollo. Bogotá.

- Mayorga, Diego. 2015. Paisaje Cultural Cafetero, Patrimonio de la Humanidad. La Cuestión del Discurso Patrimonial en Contraste con el Paisaje de la Caficultura. En: Revista Territorios 32: 35-59.
- Nates, Beatriz. 2008. Procesos de Gentrificación en Lugares Rururbanos: Presupuestos Conceptuales Para su Estudio en Colombia. En: Revista Antropología Social 10: 253-269.
- Nates, Beatriz. 2010. Etnografías Socio-Territoriales de la Migración y la Movilidad en el Magdalena Medio, los Casos de la Avalancha de Armero, la Reserva de Mariquita y la Gentrificación de Honda. En: Revista Luna Azul 31: 58-74.
- Nates, Beatriz y Velásquez Paula. 2009. Territorios en Mutación. Crisis Cafetera, Crisis del Café. Revista Cuadernos de Desarrollo Rural 6 (63): 11-33.
- Pérez, Edelmira. 2005. Hacia una nueva visión de lo rural. En ¿Una Nueva Ruralidad en América Latina?, Coordinadora Norma Guiarracca, 18-33. Editorial Libronauta. Buenos Aires.
- Ramírez, Sebastián; Saldarriaga, Carolina. 2013. Usos y Abusos del Paisaje Cultural Cafetero: Una Reflexión Desde el Concepto de Patrimonio. En: Revista Jangwa Pana 12: 115-128.
- Rettberg, Angelika. Global markets. Local conflicto. 2010. Violence in the colombian coffee región after the breakdown of the international coffee agreement. En: Latin American perspectives. 37 (2), 111-132.
- Rivera-Pabón. 2013. Proceso de urbanización y agentes urbanos en Pereira, Colombia. Desigualdad social, fragmentación espacial y conflicto ambiental, 1990-2012. Tesis de Doctorado, Universitat de Barcelona.

- Rojo-Mendoza, Félix; Jara-Rojas, Tatiana; Frick-Raggi, Juan-Pablo. 2019. Las urbanizaciones cerradas en la ciudad intermedia. El caso de Temuco (Chile), 2005-2014. En: Bitácora. 29 (1), 79-90.
- Saldarriaga, Carolina; Duis, Urte. 2010. Paisaje Cultural Cafetero Colombiano. Cartilla de presentación del Paisaje Cultural Cafetero Colombiano. Red Alma Mater, Pereira.
- Santacoloma, Luz. 2015. Importancia de la Economía Campesina en los Contextos Contemporáneos: Una Mirada al Caso Colombiano. En: Revista Entramado 11 (2): 38-50.
- Santos Milton. 1993. Los Espacios de la Globalización. En: Revista Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 13, 69-77.
- Shaw, Reshmi; Das, Arijit. 2018. Identifying peri-urban growth in small and medium towns using GIS and remote sensing technique: a case study of English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal, India. En: The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 21, 159-172.
- Vargas, Alejo. 1990. Las Transformaciones Regionales de las Economías Campesinas en Colombia. En: Revista Cuadernos de Economía 14: 141-171.
- Vásquez César. 2013. Los Imaginarios de la Colonización Antioqueña Desde 1860 Hasta 1930 En La Zona del Eje Cafetero: Una Visión Antropológica. En: Revista de Educación y Pensamiento 20, 7-30.
- Weclawowicz-Bilska, Elzbieta. 2019. Recipe for a city. En: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 471, 112048.

Zuluaga, Victor. 2013. *História Extensa de Pereira*. Editorial UTP, Pereira.

Zuluaga-Giraldo, Lina-María. 2012. Transformaciones territoriales a partir de la crisis cafetera de los años noventa en Colombia. En: *Bitácora*. 21 (2), 165-176.

4

**CAPÍTULO
CUATRO**

FABRICACIÓN DE ABSORBEDORES
SOLARES PARA CALENTADORES
DE AGUA DE BAJA TEMPERATURA,
HERRAMIENTA PARA LA MITIGACIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO

MANUFACTURING OF SOLAR
ABSORBERS FOR LOW TEMPERATURE
WATER HEATERS, A TOOL FOR
CLIMATE CHANGE MITIGATION

Laura Andrea Florez Bedoya¹

Jorge Iván Montes Monsalve¹

Rubén José Dorantes Rodríguez²

Beatriz Cruz Muñoz¹

¹Grupo de Investigación de Propiedades

Magnéticas y Magnetoópticas

Universidad Tecnológica de Pereira

bcruz@utp.edu.co

²Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco,

México. Departamento de Energía

Resumen

Los colectores solares planos, hoy en día, son una alternativa al uso de gas natural y de otros combustibles para obtener agua caliente a baja temperatura ($<65\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo que contribuye a la paulatina transición de los recursos energéticos no renovables y contaminantes a energías limpias y sostenibles, como son las energías renovables. Para aplicaciones solares de este tipo, es deseable que las superficies que componen el dispositivo (capa antirreflejante del colector y superficie absorbadora) tengan recubrimientos que puedan absorber eficientemente la mayor cantidad de radiación solar y su emisión térmica sea lo menor posible. En este trabajo, se describen las condiciones experimentales tanto de la síntesis y depósito, así como el análisis óptico y térmico de los recubrimientos fabricados mediante el método Sol-gel/Pechini de una aleación metálica XCoMn con relación molar 0.03:0.01:0.03, donde X representa la especie atómica a variar ($X = \text{Ni}, \text{Ag}$ y Cu). Se obtuvieron absorptancias en el rango UV-Vis promedio entre 86% -96% y emisividades entre 13 % y 24 %. Se espera con esta investigación contribuir con el desarrollo de recubrimientos (capa antirreflejante y absorbador solar) que a futuro puedan ser utilizados como capa absorbadora en la implementación de colectores solares planos.

Palabras claves: Absorbedores selectivos, colectores solares planos, sol-gel, XCoMn.

Abstract

Today, flat solar collectors are an alternative to the use of natural gas and other fuels to obtain hot water at low temperature ($<65\text{ }^{\circ}\text{C}$), which contributes to the gradual transition from non-renewable and polluting energy resources to clean and sustainable energies, such as renewable energies. For solar applications of this type, it is desirable that the surfaces that make up the device (anti-reflective layer of the collector and absorbing surface) have

coatings that can efficiently absorb the greatest amount of solar radiation and its thermal emission is as low as possible. In this work, we describe the experimental conditions of both synthesis and deposition, as well as the optical and thermal analysis of the coatings manufactured by the Sol-gel/Pechini method of a metallic alloy XCoMn with molar ratio 0.03:0.01:0.03, where X represents the atomic species to be varied ($X = \text{Ni}, \text{Ag}$ and Cu). This research is expected to contribute with the development of coatings (anti-reflective layer and solar absorber) that in the future can be used as an absorbing layer in the implementation of flat solar collectors.

Keywords: Flat solar collectors, Selective absorbers sol-gel, XCoMn.

Introducción

El desarrollo de tecnologías solares para el calentamiento de fluidos en las últimas décadas ha comenzado a ser acelerado debido a la creciente preocupación climática, sin embargo, mejorar el rendimiento energético de estas tecnologías, así como de elevar su durabilidad, hace necesaria la búsqueda de nuevos materiales con características adecuadas (como propiedades ópticas, mecánicas, térmicas y de durabilidad) para ser usados en la construcción de estas tecnologías. Para Colombia en particular, el calentamiento de agua para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas) son de las aplicaciones más implementadas actualmente [2]. Es así como el aprovechamiento de la conversión de la energía solar en energía térmica en Colombia podría decirse que sigue siendo escasa, limitándose solamente a aplicaciones para el calentamiento de agua a bajas temperaturas ($< 65\text{ }^{\circ}\text{C}$), medianas ($100\text{ }^{\circ}\text{C} - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$) y altas temperaturas ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$) [1]. Los colectores solares normalmente contienen una placa absorbadora, que capta la energía solar y la intercambia en forma de calor con los conductos que calientan el líquido. Dentro de los componentes de un colector solar, sigue siendo objeto de investigación la superficie absorbadora (encargada de convertir la radiación solar en calor),

debido a la necesidad de optimizar su rendimiento térmico y/o almacenamiento térmico. Actualmente, las características del absorbedor siguen en estudio, con el fin de obtener la mejor relación absorción/emisión, propiedades ópticas que pueden ser mejoradas a partir de la fabricación de compuestos químicos que realcen el comportamiento de las superficies metálicas de las que está compuesto la placa absorbidora. Para implementar un estudio sobre estos materiales se han usado diferentes métodos de fabricación de películas delgadas, como técnicas de depósito químico, entre las cuales se encuentra el método Sol-Gel: Dip-Coating.

El proceso sol-gel, como sus siglas lo indican, representa la transición química de una fase líquido o “sol” (que puede contener partículas suspendidas dentro de la solución en forma de red tridimensional) a una fase de mayor viscosidad o “gel”, la cual se puede considerar como una red tridimensional/gelatinosa la cual posee el material a depositar [3].

Tradicionalmente, el método sol-gel se empleaba para la producción de polvos sintéticos y vidrio [4], a partir de la mezcla de alcóxidos en fase acuosa u orgánica; en la actualidad, la flexibilidad de esta tecnología química permite la fabricación (en una amplia gama) de recubrimientos protectores, eléctricos, aislantes, anticorrosivos, entre otros. En usos de grande escala (como aplicaciones de energía solar), que requieren la adecuación de las técnicas a espacios de depósitos para grandes tamaños y superficies; las técnicas químicas presentan ventaja en escalabilidad y economía en comparación con técnicas físicas de depósito como sputtering, PLD (depósito de láser pulsado) y PVA (depósito físico en fase vapor) [5]. Como primeros pasos del proceso Sol-gel, se escogen y sintetizan los precursores adecuados para que finalmente sean convertidos en geles poliméricos y se realicen depósitos de recubrimientos de acuerdo con la línea de depósito más adecuada (ya sea, recubrimiento por rotación o recubrimiento por inmersión). El depósito por Sol-gel Dip-Coating, consiste

en sumergir un sustrato durante un tiempo determinado en una solución de recubrimiento líquido y posteriormente, retirar bajo parámetros establecidos de velocidad y tiempo de extracción, los cuales permiten mejorar sus características eléctricas, mecánicas, ópticas y obtener altas cualidades de pureza en las diferentes capas depositadas. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de las propiedades ópticas y térmicas de recubrimientos de XCoMn (con X= Ni, Ag y Cu) desarrolladas mediante la técnica Sol-gel/Pechini, con el fin de estudiar la influencia de los iones metálicos en su comportamiento óptico; a este estudio se añade el análisis de las propiedades ópticas y térmicas de capas antirreflejantes de SiO₂.

Planteamiento del problema y justificación

Entre las diversas tecnologías para la obtención de agua caliente a baja temperatura (<65 °C) se distingue el colector solar plano, cuyas características de funcionamiento y construcción están bien establecidas y, además, comparado con otros tipos de colectores, es el más fácil y menos costoso de fabricar, instalar y mantener. Actualmente su capa absorbadora, sigue siendo objeto de investigación debido a la necesidad de optimizar su rendimiento térmico, así como sus costos de fabricación, etc.

Modificar las características estructurales y/o propiedades físicas o químicas de una superficie con el fin de lograr un rendimiento superior y/o durabilidad, es el objetivo de la tecnología de fabricación de materiales en forma de película delgada o también conocido como recubrimiento grueso, es decir, usar varios procedimientos buscando prolongar la vida útil de los componentes y protegerlos de factores ambientales como la corrosión y la abrasión. Entre las diferentes técnicas químicas (las cuales son relativamente económicas), el método Sol-gel resulta ser un proceso de depósito simple y eficaz, capaz de proporcionar revestimientos de alta calidad. La posibilidad de controlar la composición del producto debido al uso de materiales orgánicos e

inorgánicos permite depositar películas en distintas superficies y bajo una gama variada de materiales, lo que otorga una flexibilidad que no está presente en muchos métodos físicos de fabricación.

Con el fin de participar en el desarrollo y estudio de superficies selectivas, se empleó la técnica Sol- gel/pechini para obtener/fabricar recubrimientos antirreflejantes y superficies absorbedoras (en sustratos de aluminio) que podrían aportar a la optimización óptica y térmica de calentadores de agua y así contribuir, a la disminución del impacto ambiental de los sistemas energéticos fósiles.

Objetivos

General

Obtener recubrimientos con alta selectividad solar utilizando la técnica Sol-Gel de inmersión que puedan utilizarse como absorbedores en colectores solares de baja temperatura.

Específicos

- Sintetizar a través de la técnica química Sol-gel/Pechini las diferentes aleaciones XCoMn (con X = Ni, Ag y Cu)
- Caracterizar óptica y térmicamente el comportamiento de los recubrimientos obtenidos

Referente teórico

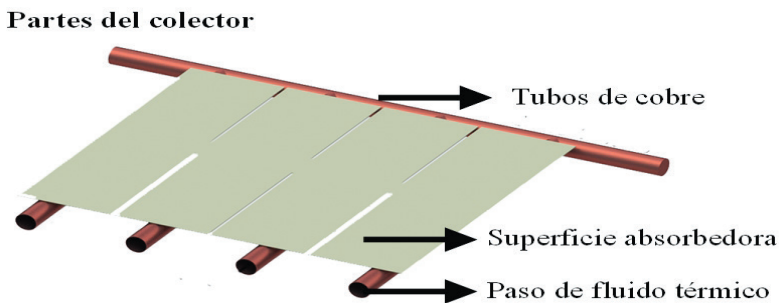
Colectores solares y su composición

Convencionalmente, un colector solar es un dispositivo que absorbe la radiación proveniente del sol sobre una superficie que a su vez lo transfiere a un fluido líquido o gaseoso. Aunque principalmente son empleados en el calentamiento doméstico

o industrial de agua, lo cierto es que, su aplicación depende en gran medida de la geometría del dispositivo (como colectores parabólicos o planos) y la temperatura de trabajo (de baja a alta temperatura) [6].

En general, los colectores funcionan de la siguiente manera (ver Figura 1): una tapa transparente (normalmente de vidrio) trabaja como concentrador o trampa óptica con el fin de maximizar la transmitancia de la radiación que llega al absorbedor o superficie absorbidora, esta última recolecta la mayor parte de la energía del sol (conocida también como absorbedor solar) y la convierte posteriormente en energía térmica que se la transfiere al fluido térmico. En aplicaciones domésticas, donde no es necesario un aumento de temperatura alto, se utilizan colectores solares planos cuya configuración geométrica es de las más simples (ya que se deben orientar adecuadamente y luego permanecer estáticos) para funcionar con radiación directa e indirecta [7].

Figura 1. *Partes de un colector solar plano.*



Fuente: Elaboración propia

Técnicas de recubrimiento químico

En el proceso de recubrimiento, uno de los factores a tener en cuenta para provocar variaciones en las propiedades de los materiales, resultan ser los parámetros variables tecnológicamente durante el depósito independientemente de la técnica química a utilizar (como presión, velocidad y cantidad de depósito, temperatura, control de defectos y la composición de los materiales), ya que controlar las variables del proceso es la forma clave de adaptar las características de los materiales a las necesidades de las investigaciones e innovaciones. Básicamente las tecnologías de deposición de películas delgadas se pueden clasificar de acuerdo con la forma de preparación y formación de las películas, ya sea de carácter meramente físico, tales como los métodos de evaporación, o químico, como los procesos en fase gaseosa y en fase líquida [8].

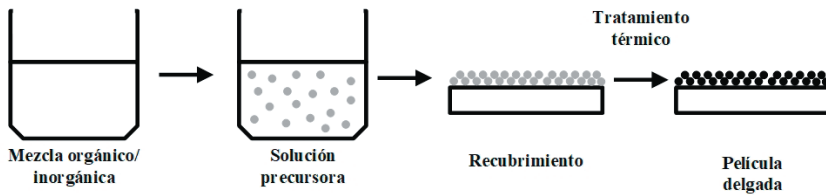
Las técnicas químicas de depósito suelen ser los métodos de recubrimiento superficial industrialmente más utilizados, principalmente debido a su versatilidad en manejar diferentes elementos y compuestos químicos evitando condiciones extremas (muy altas temperaturas y vacío). Además de ofrecer cierto tipo de ventajas en cuanto a la fabricación de nanotecnología y dispositivos electrónicos, debido a la capacidad de crecimiento ultrafino de películas [9].

Sol-gel/Pechini

El procesamiento químico Sol-Gel o método coloidal, se suele utilizar como un medio de transferencia de masa a una solución o líquido. Típicamente las deposiciones líquidas son métodos de elección para obtener películas gruesas o nano-polvos, precisamente porque la naturaleza del proceso determina la manera en la que se controla el espesor de la película [10], además el menor coste de infraestructura e insumos (equipos costosos y de alto rendimiento) y la calidad de los recubrimientos llevan a considerar esta técnica junto como un candidato alternativo de bajo costo.

El procedimiento Sol-Gel consiste en (como se ve en la Figura 2): (i) la solución homogénea preparada con las partículas coloidales dispersadas en un líquido formando un sol bajo reactivos adecuados, cuya reacción química se describe por la Fig. 3; (ii) el sol es polimerizado y condensado mediante la inducción de calor produciendo un gel (etapa de gelificación) en un estado de red continua; (iii) se continúa con la deposición del precursor producido sobre diferentes tipos y formas de sustrato, esto de acuerdo a las superficies y métodos: como pulverización (spray coating), inmersión (dip coating) o rotación (spin coating); (iv) el recubrimiento es sometido a tratamientos térmicos o sinterización (con temperaturas por encima de 200 °C) los cuales forman un revestimiento amorfo o cristalino [10].

Figura 2. Descripción general de la técnica Sol-gel



Fuente: Traducción basada en [19]

Por otro lado, la variación Sol-gel/Pechini permite el uso de metales con grupos funcionales no estables, lo que económicamente lo hace más flexible al no ser un método que dependa de metales alcóxidos para la formación de películas delgadas. En sí, el método se especializa en la formación de quelatos (entre material orgánico y sales inorgánicas) buscando la formación de geles mediante un proceso de esterificación (cuya función es regenerar el alcohol y ácidos presentes, en caso de una hidrólisis ácida). Ante una alta temperatura de tratamiento térmico, los componentes orgánicos se transforman en una distribución homogénea de cationes metálicos (conocido como recubrimiento) [11].

Metodología

Síntesis y depósito de recubrimientos antirreflejantes de SiO_2 con catálisis ácida

Debido a la excelente capacidad de transmitancia en el rango visible, los recubrimientos de SiO_2 pueden ser aplicados como materiales antirreflejantes o como recubrimientos protectores. Mediante la técnica Sol-gel, la fabricación de SiO_2 provee la facilidad de recubrir estructuras y formas complejas, lo que lo hace más práctico a la hora de realizar recubrimientos de forma industrial. La transición Sol-gel parte de una solución preparada de un metal alcóxido sensible al agua como el TEOS (Tetraortosilicato con prevalencia de silicio), disuelto en una solución alcohólica con catálisis ácida (proporcionado por HCl) y un proceso de hidrólisis (con agua desionizada).

En la Tabla 1, se describen las relaciones molares empleadas con el fin de obtener recubrimientos de SiO_2 . Para determinar la cantidad de reactivos que se necesita para la síntesis, se utiliza la relación molar de cada compuesto, con el fin de calcular con base en su peso molecular y densidad, el peso o volumen requerido de los reactivos.

Tabla 1. Descripción de cantidades para síntesis de mezclas de SiO_2

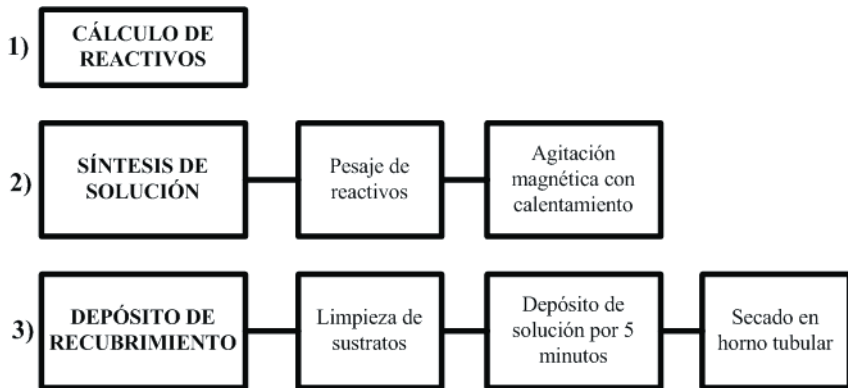
Reactivos	Cantidades para desarrollo experimental	
	Relaciones molares	
	SiO_2	PVA_ SiO_2
TEOS	1.0	1.0
EtOH	1.8	4.0
H ₂ O	18	2.3
HCl	0.245	Gotas
PVA	-	5%wt

Fuente:

Para el depósito de capas antirreflejantes, se usaron sustratos de vidrio portaobjetos (el cual es un insumo común de laboratorio). Dichas superficies se lavaron en agua y jabón para eliminar grasas, se sometieron a un baño ultrasónico en acetona y metanol con una duración de 20 minutos, respectivamente; y por último los sustratos se secaron al ambiente o con ayuda de un paño fino que no generara motas. El diagrama a continuación (ver Figura 3), describe el proceso que se llevó a cabo tanto para la síntesis de SiO_2 como para los absorbedores solares.

Figura 3.

Esquema general del diseño experimental empleado para la fabricación tanto de la capa antirreflejante como para los recubrimientos



Fuente: Elaboración propia

Síntesis y depósito de absorbedores solares mediante variación Sol-gel/Pechini

El método Pechini es una variación de la técnica Sol-gel que simplifica y economiza el procesamiento de materiales usando sales metálicas y agentes orgánicos como insumos precursores. En esta variación, se utiliza para la síntesis de películas delgadas, una mezcla de quelantes orgánicos (como AC, ácido cítrico o EDTA, ácido etilendiaminotetraacético) y etilenglicol como agente reticulante, cuyo objetivo radica en reducir cualquier disociación

entre los cationes orgánicos formados con relación a las especies atómicas metálicas [12]. En esta investigación, se utilizó para la obtención de absorbedores solares sobre superficies de aluminio diferentes metales de transición sintetizados a temperaturas relativamente bajas (70°C – 80°C)

Basados en los trabajos de Subasri *et al.* [13] y He y Chen [14]; se obtuvieron las relaciones molares y los posibles materiales precursores para la fabricación de los absorbedores. Se escogieron diferentes agentes orgánicos para permitir la inmovilización de cationes, además de plantear una variación de iones metálicos en la síntesis del compuesto. En este trabajo, se utilizaron iones de cobre, níquel, y plata como elementos de cambio en la aleación final; los detalles experimentales de su síntesis se resumen en la Tabla 2. Los depósitos de los recubrimientos metálicos fueron fabricados de acuerdo con las condiciones experimentales que se detallan en la Tabla 3 (desde la tasa de calentamiento empleada, el proceso de tratamiento térmico a las que fueron sometidos las películas y los recubrimientos obtenidos).

Tabla 2. Descripción de cantidades para síntesis de aleación XCoMn

Reactivos	Cantidades para desarrollo experimental
	Relaciones molares
Ni:Co:Mn	0.03:0.01:0.03
Ag:Co:Mn	0.03:0.01:0.03
Cu(acac): Co: Mn	0.03:0.01:0.03
Ácido cítrico - AC	0.8
Etilenglicol – ET	1.2
Hidroxipropilcelulosa HPC	1%wt

Fuente:

Tabla 3. *Condiciones experimentales para depósito de recubrimientos XCoMn*

Compuesto	Condiciones experimentales				
	Velocidad depósito [cm/min]	Tiempo depósito [min]	Número capas	Tratamiento térmico [°C]	Tasa calentamiento [°C/min]
CuCoMn					
NiCoMn	5	5	2	500	1
AgCoMn					

Fuente:

Para la preparación del sistema coloidal (tomando de ejemplo la aleación $Ni_{0.03}Co_{0.01}Mn_{0.03}$), se realizó una síntesis de cuatro pasos:

i. Agente quelante: Se realiza una mezcla inicial de la cantidad analítica especificada para el reactivo acomplejante (ácido cítrico) hasta ajustar el volumen de la solución usando como disolvente alcohol etílico (EtOH). Para lograr una mezcla homogénea, el sistema fue puesto en un medio de agitación magnética con aproximadamente 500 rpm durante el tiempo necesario para que la mezcla llegara a ser incolora.

ii. Iones metálicos: fueron preparadas tres soluciones nitradas de cobalto, manganeso y níquel (especie atómica de variación) en las cantidades necesarias para alcanzar proporciones molares determinadas. Estos reactivos, se disolvieron primero en etanol, controlando la concentración de los metales con respecto a la solución alcoholizada.

iii. Agitación magnética bajo temperatura: las tres soluciones metálicas fueron mezcladas en un vaso de precipitados junto a la adición de ácido cítrico previamente preparado. Para lograr el efecto quelante esperado, fue necesario mantener la temperatura de la mezcla metálica-cítrica entre 70 °C y 80 °C con agitación magnética de 600 rpm durante 1 h.

iv. Adición de otros agentes orgánicos: fueron adicionados a la mezcla anterior Etilenglicol (que reacciona como polímero ante

los complejos del ácido cítrico) y Hidroxipropilcelulosa. Todo el sistema reaccionante se dejó en constante agitación hasta lograr un sistema coloidal de viscosidad adecuada para garantizar su depósito sobre los sustratos metálicos de aluminio previamente tratados.

La velocidad de depósito empleada fue de 5.0 cm/min, el tiempo de exposición e inmersión en la solución (tiempo de depósito) para cada capa fue de 5.0 minutos y se depositaron dos capas por sustrato. Una vez realizado el depósito, las superficies fueron tratadas térmicamente a 500 °C a una tasa de calentamiento de 1°C/min en un horno tubular. En este caso los sustratos de aluminio fueron pulidos con lijas de número entre 600 – 2000 y se sometieron al mismo proceso de limpieza empleado para los portaobjetos. Con el fin de verificar la reproducibilidad tanto del depósito como de la solución, varias muestras de cada aleación fueron preparadas. Los recubrimientos obtenidos se describen a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4. Descripción de sales metálicas usadas para la formación de las aleaciones XCoMn

CuCoMn	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre acetilacetonato: $C_{10}H_{14}CuO_4$ • Nitrato de cobalto: $Co(NO_3)_2$ • Nitrato de manganeso: $Mn(NO_3)_2$
NiCoMn	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato de níquel: $Ni(NO_3)_2$ • Nitrato de cobalto: $Co(NO_3)_2$ • Nitrato de manganeso: $Mn(NO_3)_2$
AgCoMn	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato de plata: $Ag(NO_3)_2$ • Nitrato de cobalto: $Co(NO_3)_2$ • Nitrato de manganeso: $Mn(NO_3)_2$

Fuente:

Caracterización óptica y térmica de películas delgadas

La descomposición y pirólisis de los recubrimientos y reactivos se analizó en el rango de 0 a 700 °C, utilizando un analizador térmico DSC-TGA simultáneo (TA instruments SDT

650) a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min en presencia de nitrógeno. Antes de las mediciones térmicas, cada una de las soluciones viscosas se ubicó en un crisol refractario para recocerlas a 150 °C en horno tubular con el fin de eliminar cualquier rastro de agua o agente orgánico; el resultado obtenido se pulverizó para obtener un producto de grano fino.

Los espectros UV-VIS de los recubrimientos Sol-gel (antirreflejantes de SiO₂ y absorbedores solares metálicos) fueron medidos con un espectrómetro UV-vis Thermo Scientific - Evolution 220 equipado con una esfera integradora, cuyo rango de longitud de onda es de 200 nm hasta 1100 nm. Para el caso de recubrimientos sobre sustratos metálicos se obtuvo la absorbancia de forma indirecta a partir de los espectros de reflectancia.

Los espectros FTIR (Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier) de los recubrimientos se midieron en un espectrofotómetro Agilent Cary 630 con una resolución de 2 cm⁻¹, equipado con una esfera integradora y cuyo espectro de medición va desde 400 cm⁻¹ hasta 4000 cm⁻¹.

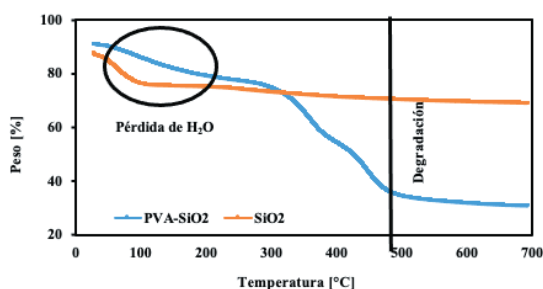
La emisividad térmica se midió en un rango de temperatura entre 150 C y 210 ° C. De acuerdo con la norma ASTM E 1933 – 99a [15], se empleó una cámara termográfica Fluke TI300, trípode, una placa calefactora Benchmark Scientific H4000-HS, una placa de acero inoxidable (para asegurar una distribución de calor uniforme sobre la muestra) y, por último, un cuerpo negro, que para este caso se empleó la emisividad térmica del “negro de humo” (que en pruebas anteriores se demostró que tiene una emisividad térmica de 0.93).

Resultados

Capas antirreflejantes de SiO₂

Inicialmente, se analiza la descomposición térmica de las soluciones de SiO₂ fabricadas, mediante una caracterización térmica de los polvos finos de PVA/SiO₂ y SiO₂ que se presentan en la Figura 4.

Figura 4. Análisis termogravimétrico de polvo de PVA/SiO₂ (línea azul) y SiO₂ (línea naranja).



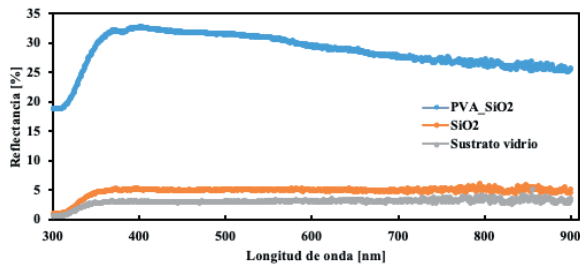
Fuente:

Tanto para el PVA como para el SiO₂ se observa una primera etapa de deshidratación (solventes) que va hasta 200 °C. A partir de esa temperatura (200 °C), el PVA-SiO₂ presenta una pérdida del 40% de masa, posiblemente atribuida al polímero PVA, pues para la muestra de SiO₂ no se presenta una disminución tan drástica en la misma fase de descomposición. También se encuentran dos picos entre 350 °C y 450 °C, que corresponden a las temperaturas de degradación que puede poseer el PVA, causado por la descomposición de su sistema polimérico (asignado a diferentes cadenas del grupo hidroxilo [16]). Como consecuencia de este estudio, se verifica que la síntesis de SiO₂ no presenta un proceso tan complejo de descomposición de material, considerándolo más estable que la mezcla entre el mismo SiO₂ y un polímero como PVA (Polivinil Alcohol). Por último, se observa que en la etapa de

degradación ambos compuestos llegan a cierta estabilidad (ante la ausencia de picos). Estos resultados permiten determinar que la temperatura escogida para el tratamiento térmico es adecuada para generar un proceso de difusión y reorganización de los componentes del recubrimiento y se garantiza que no existirá proceso de degradación.

Debido a su aplicación como recubrimientos antirreflejantes una medida de las propiedades ópticas es fundamental, y, por lo tanto, se determinó el comportamiento óptico de las capas de SiO_2 (mediante de espectros de reflectancia). La disminución de la reflectancia de la superficie que se depositó evidenció que la reflectancia del vidrio portaobjetos una vez depositado por capas de SiO_2 disminuye. En la Figura 5, se observan las propiedades ópticas de dos muestras de SiO_2 en comparación con el sustrato de vidrio.

Figura 5. Espectros de reflectancia para recubrimientos de SiO_2 y PVA/SiO_2



Fuente:

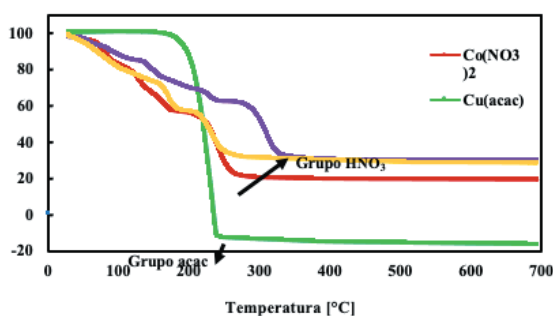
En general, se observa que los recubrimientos sintetizados mediante el método Sol-gel presentan una reflectancia entre 5 %- 65%. En comparación con la reflectancia del vidrio portaobjetos, es claro que los recubrimientos de SiO_2 por el contrario aumentaron la reflectancia del conjunto sustrato - capa. Las películas depositadas no cumplieron con su propósito por completo, es decir, el lograr la disminución de la reflectancia

sustrato- capa por debajo de la reflectancia preestablecida del sustrato. Entre los factores que pueden ser causales del aumento de la reflectancia se encuentran desde la adherencia de la capa al sustrato, la limpieza de este o incluso la influencia de su textura (sin suficiente rugosidad). La fragilidad observable de las capas de SiO_2 , dan también una indicación de la pobre adherencia de la película a la superficie, lo que implica mejorar la viscosidad del sol. Es de denotar que la combinación entre el polímero PVA y SiO_2 aumentan drásticamente la reflectancia del conjunto sustrato+capa como se observa en la Figura 5.

Absorbedores solares metálicos: aleación XCoMn (X= Ni, Ag y Cu)

Se realizó el análisis termogravimétrico de las sales metálicas involucradas en la reacción XCoMn con X = Ni, Ag y Cu; los parámetros de medida en el equipo TA instruments STD fueron los mismos que se mencionaron en los detalles experimentales, desde la temperatura hasta la rampa de calentamiento. Las curvas TGA se observan en la Figura 6.

Figura 6. *Análisis termogravimétrico de reactivos metálicos para síntesis Sol-gel/Pechini.*



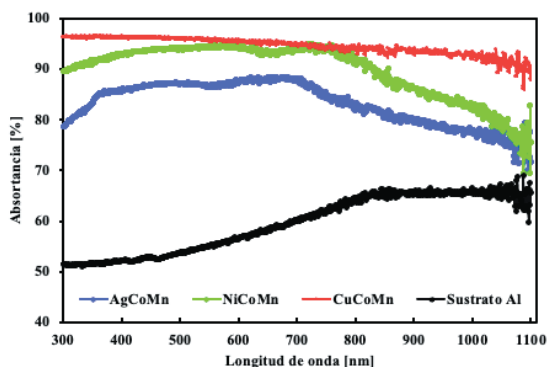
Fuente:

Las curvas termogravimétricas para el cobre (III) acetilacetato - $\text{Cu}(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_4)$ de la Figura 6, muestran una descomposición de tres etapas. La deshidratación y

descomposición del cobre comienza desde los 200 °C logrando una pérdida de masa aparente del 100 % y 84 % respectivamente al llegar a los 250 °C. Para el cobre, una pérdida de peso negativa podría relacionarse a una ganancia de peso ocasionada o por una reacción de oxidación o incluso por un error experimental durante la caracterización (ya sea, por ejemplo, el uso de atmósferas o el tipo de bandejas que se usaron en la medida). Se observa que la estabilidad empieza desde los 260 °C (fase de degradación de los grupos acetilacetato).

Por otro lado, las curvas obtenidas para el nitrato de níquel - $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$, nitrato de cobalto - $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ y el nitrato de manganeso - $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$, muestran una deshidratación y descomposición en tres o más etapas. Las pérdidas de masa para los tres reactivos se encuentran en un promedio de 30 % en un rango de temperatura que va desde 290 °C hasta 320 °C, con una presencia evidente de varios picos que indican la descomposición del grupo nitrato, llevando a los iones metálicos de cobalto, manganeso y níquel hasta su fase más estable como material. La degradación del níquel (para obtener NiO) comienza desde 320 °C, mientras que para el cobalto (CoO) y manganeso (MnO) empieza desde 290 °C [18]. El análisis térmico de los reactivos metálicos da una idea de la temperatura más ideal de trabajo, en este caso, se fija un rango de temperatura entre 400 °C a 500 °C.

Se obtuvieron un conjunto de tres recubrimientos, con una proporción molar modificada (0.03:0.01:0.03) con base en diferentes referencias bibliográficas [13-14]. Como variable de control, se mantuvieron las mismas condiciones experimentales en la síntesis, depósito, recocido y caracterización. El grupo de muestras representa la variación en compuesto XCoMn (X= Ni, Ag y Cu), depositando dos capas de recubrimiento sobre sustratos de aluminio (previamente tratados abrasivamente) por cada aleación. Las medidas de absorbancia indirecta obtenidas a partir de la medición de reflectancia en el rango UV-VIS se observan en la Figura 7.

Figura 7. *Espectros de absorción para aleaciones XCoMn*

Fuente:

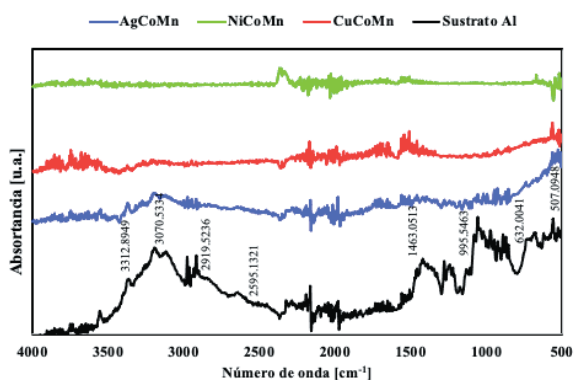
Los espectros de reflectancia de los compuestos XCoMn (ver Figura 7), indican de forma indirecta que poseen buen coeficiente de absorción y que a su vez muestran una absorción por encima del 70 %. Mientras que, el comportamiento óptico del sustrato pulido de aluminio sin recocer expone un valor aproximado del 20 % en la absorción.

Se puede observar que, la película que contienen los metales AgCoMn (en color azul) presenta una absorción constante alrededor de 86 % para longitudes de onda entre 400 nm y 700 nm (región visible), mostrando un decaimiento para longitudes de onda por debajo de 400 nm y por encima de 700 nm. Para la película que contiene los metales NiCoMn (color verde) el valor de la absorción tiene un valor aproximado de 94 % y constante para longitudes de onda entre 400 nm y 800 nm, con un decaimiento para valores por debajo de 400 nm y de 800 nm. Para la película que contiene al CuCoMn el valor de la absorción se mantiene constante alrededor de 95 % para todo el rango del espectro medido (200 nm – 1100 nm).

Después de comparar los tres compuestos formados a partir de la variación de ciertos iones metálicos (Ni, Ag y Cu),

se comprobó que el cobre sigue siendo por excelencia el mejor complemento para aleaciones XCoMn, sin embargo, no se debe desestimar que tanto el níquel como la plata presentan valores de absorbancia prometedores, que posiblemente se podrían mejorar en la variación de la misma síntesis vía Sol-gel. Con el fin de entender los grupos funcionales de los recubrimientos XCoMn (con X = Ni, Ag y Cu) y bandas del sustrato de aluminio se muestra la caracterización FTIR detallada en la Figura 8 después del proceso de calcinación.

Figura 8. Espectros FTIR para las aleaciones XCoMn y el sustrato de aluminio.



Fuente:

Se muestran las medidas FTIR de las muestras XCoMn, donde se observan cuatro bandas semi intensas en el espectro del sustrato centradas en 995 cm⁻¹, 1463 cm⁻¹, 2919 cm⁻¹ y 3070 cm⁻¹, las cuales son atribuidas respectivamente a: vibraciones de la banda de Al-O, flexiones y grupos C-H, además del pico correspondiente a la banda OH (composición genérica del sustrato de aluminio) [17]. A medida que las muestras del grupo b son tratadas térmicamente, las características pertenecientes al sustrato de aluminio desaparecen rápidamente, dejando leves sombras que indican la ausencia de la superficie del sustrato y la aparición de material diferente (como sucede en los recubrimientos

de AgCoMn y CuCoMn). Por otro lado, se observa un pico de intensidad leve dentro del recubrimiento NiCoMn, característica centrada en 2350 cm^{-1} (encuadre rojo), relacionada a níquel parcialmente oxidado [18]. Esta información resulta ser útil ya que informa la presencia de determinado material sobre las superficies metálicas, lo que puede ayudar a filtrar muestras antes de iniciar una caracterización estructural y de composición.

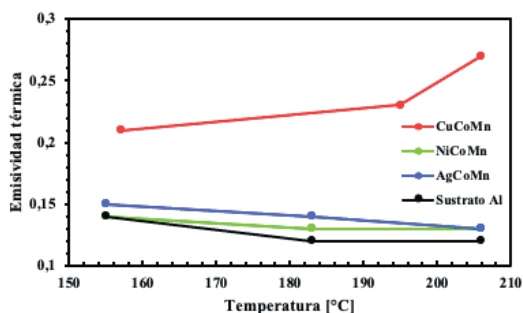
Por otro lado, se realizaron medidas de emisividad térmica para las muestras XCoMn, con el fin de determinar la capacidad de las superficies para reemitir el calor absorbido. Conceptualmente, la emisividad térmica, se conoce como la capacidad para emitir radiación de cualquier cuerpo al estar a una temperatura superior a 0K, es decir, es una medida que indica qué tan eficientemente un objeto irradia calor en el espectro infrarrojo [15]. Normalmente, los valores de emisividad térmica varían de 0 a 1 (valor teórico atribuible únicamente a un cuerpo negro, ya que este puede absorber e irradiar toda la energía). En base al diseño experimental llevado a cabo (basado en la norma técnica ASTM [15]), las medidas de emisividad térmica para los compuestos NiCoMn, AgCoMn y CuCoMn se observan en la Tabla 5 y Figura 9.

Tabla 5. *Emisividad térmica de las muestras XCoMn para tres temperaturas diferentes*

Temperatura [°C]	CuCo Mn	Temperatura [°C]	NiCo Mn	Temperatura [°C]	AgCoMn	Temperatura [°C]	Sustrato Al
206	0.27	206	0.13	206	0.13	206	0.12
195	0.23	183	0.13	183	0.14	183	0.12
157	0.21	155	0.14	155	0.15	155	0.14

Fuente:

Figura 9. Emisividad térmica para cada muestra de la aleación XCoMn (medida en tres puntos diferentes de temperatura)



Fuente:

Se puede observar que el compuesto de NiCoMn presenta la mejor emisividad térmica posible al obtener un valor de 0.28, mientras que, el recubrimiento de AgCoMn presenta una emisividad térmica cercana a 1 (casi comportándose como un cuerpo negro). Ambos resultados, siguen siendo muy altos para considerar esa película delgada como superficie selectiva, ya que, en aplicaciones solares, la emisividad térmica debe estar en máximo de 0.05 (capacidad de emitir de un 5 %). Se hace notar que durante el tratamiento térmico se formaron recubrimientos brillantes que claramente afectaron la medida hecha por la cámara termográfica (teniendo en cuenta que la emisividad térmica también se puede ver afectada por otras características de la superficie como la oxidación que posee).

Conclusiones

Las monocapas antirreflejantes de SiO_2 que se obtuvieron sobre sustratos de vidrio fueron analizadas por medio de técnicas de caracterización óptica. Se determinó que el mejor valor de reflectancia obtenido por los recubrimientos en general fue de $\approx 5\%$, sin embargo, se observa que la interacción sustrato+capa no es la suficiente para mejorar la reflectancia intrínseca de un material como el vidrio que puede llegar a tener una reflectancia

hasta por debajo de 5 %. A futuro sería ideal hacer un depósito multicapa (por ejemplo, sustrato+absorbedor+antirreflejante) para determinar la efectividad del SiO_2 sintetizado por Sol-gel.

Por otro lado, los recubrimientos absorbedores (compuestos de especies atómicas metálicas) fueron estudiados mediante espectroscopia UV-VIS (con pruebas de reflectancia), espectroscopia FTIR, análisis termogravimétrico y pruebas de emisividad térmica. A nivel general, se encontró que la reflectancia mínima obtenida fue de 4 %, es decir, que la absorbancia (obtenida indirectamente) máxima presente entre todas las muestras estudiadas fue de ≈ 96 % en la región visible del espectro electromagnético (400 nm -700 nm) y que corresponde a la aleación de CuCoMn. Cabe mencionar también que las aleaciones de NiCoMn y AgCoMn presentan una absorción promedio por encima del 86 %, lo que también las hace candidatas para considerarse como material absorbedor y su uso en calentadores solares. También se analizó, la emisividad de películas (NiCoMn, AgCoMn y CuCoMn) con el fin de verificar su selectividad; se encuentra que presentan una emisividad térmica de 0.13, 0.14 y 0.24 respectivamente. En comparación con el sustrato de aluminio que presenta una emisividad promedio de 0.12, las aleaciones XCoMn como se puede observar, aumentaron la emisividad térmica del conjunto sustrato+capa. Entre las causales de estos valores se encuentra el tratamiento térmico y el tipo de pulido de los sustratos metálicos, pues el método ASTM (que usa cámara termográfica para medir la emisividad térmica) puede fallar cuando se tienen superficies muy reflejantes (por ejemplo, como sucedió con los recubrimientos brillantes de Ag). De este ejercicio se concluye, que se cumplió satisfactoriamente con la obtención de absorbedores solares (con alto coeficiente de absorción en la región visible pues serán usados en aplicaciones solares de baja temperatura) y que se debe trabajar en la disminución de la emisividad térmica del conjunto sustrato+absorbedor, para poder determinar el mejor material con la mejor selectividad posible

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Pereira por el financiamiento obtenido con los proyectos 3-18-5, 3-20-1 y al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación por la beca/pasantía de joven investigador bajo convocatoria 712 de 2018.

Bibliografía

- [1] J. Ramírez, “La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas”, Repositorio Universidad Santo Tomás, 2018.
- [2] J. Ruiz y N. Caicedo, “Concisa revisión bibliográfica del desarrollo sostenible energético en Colombia”, 2019.
- [3] G. Teixeira, G. Lustosa, S. Zanetti y M. Zaghete, “Chemical synthesis and epitaxial growth methods for the preparation of ferroelectric ceramics and thin films”, in *Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides*, B. Stojanovic, 2018, pp. 121-137.
- [4] E. Abou Neel, V. Salih y J. Knowles, “Phosphate-Based Glasses”, in *Comprehensive Biomaterials II*, P. Ducheyne, 2017, pp. 392-405.
- [5] S. Prasad, V. Kumar, S. Kirubanandam y A. Barhoum, “Engineered nanomaterials: nanofabrication and surface functionalization”, in *Micro and Nano Technologies, Emerging Applications of Nanoparticles and Architecture Nanostructures*, A. Barhoum, A. Salam and H. Makhlof, Ed. 2020, pp. 305-340.

- [6] K. Pandey y R. Chaurasiya, “A review on analysis and development of solar flat plate collector”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 641-650, 2017. Available: 10.1016/j.rser.2016.09.078.
- [7] A. Alarcón Villamil, J. Hortúa y A. López, “Comparison of thermal solar collector technologies and their applications”, *TECCIENCIA*, vol. 8, no. 15, pp. 27-35, 2013. Available: 10.18180/tecciencia.2013.15.3.
- [8] T. Kawaharamura, «“Physics on development of open-air atmospheric pressure thin film fabrication technique using mist droplets: Control of precursor flow”, » *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 53, n° 5, pp. 2-3, 2014.
- [9] B. Xu, H. Wang y J. Liu, «“Micro and Nano Sulfide Solid Lubrication”, » *Springer Berlin Heidelberg*, pp. 24-26, 2012.
- [10] A. Danks, S. Hall y Z. Schnepp, «The evolution of ‘sol-gel’ chemistry as a technique for materials synthesis, » *Mater. Horiz.*, vol. 3, pp. 91-112, 2016.
- [11] L. Dimesso, “Pechini Processes: An Alternate Approach of the Sol-Gel Method, Preparation, Properties, and Applications”, *Handbook of Sol-Gel Science and Technology*, pp. 1-22, 2016. Available: 10.1007/978-3-319-19454-7_123-1.
- [12] M. Galceran, M. Pujol, M. Aguiló y F. Díaz, “Sol-gel modified Pechini method for obtaining nanocrystalline KRE(WO₄)₂ (RE = Gd and Yb)”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol. 42, no. 1, pp. 79-88, 2007. Available: 10.1007/s10971-006-1517-3.

- [13] M. He y R. Chen, “Structural and optical properties of CuMnCoOx spinel thin films prepared by a citric acid-based sol-gel dip coating route for solar absorber applications”, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol. 74, no. 2, pp. 528-536, 2015. Available: 10.1007/s10971-015-3630-7.
- [14] R. Subasri, K. Soma Raju, D. Reddy, N. Hebalkar y G. Padmanabham, “Sol-gel derived solar selective coatings on SS 321 substrates for solar thermal applications”, *Thin Solid Films*, vol. 598, pp. 46-53, 2016. Available: 10.1016/j.tsf.2015.12.002.
- [15] ASTM International, “Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers”- ASTM E1933-99a (2010), 2010.
- [16] H. Awada y C. Daneault, “Chemical Modification of Poly (Vinyl Alcohol) in Water”, *Applied Sciences*, vol. 5, no. 4, pp. 840-850, 2015. Available: 10.3390/app5040840.
- [17] S. Pletincx et al., “Unravelling the Chemical Influence of Water on the PMMA/Aluminum Oxide Hybrid Interface In Situ”, *Scientific Reports*, vol. 7, no. 1, 2017. Available: 10.1038/s41598-017-13549-z.
- [18] B. Barros, J. Kulesza, D. Melo y A. Kienneman, “Nickel-based Catalyst Precursor Prepared Via Microwave-induced Combustion Method: Thermodynamics of Synthesis and Performance in Dry Reforming of CH₄”, *Materials Research*, vol. 18, no. 4, pp. 732-739, 2015. Available: 10.1590/1516-1439.018115.
- [19] C. Hurd y J. Brinker, “Fundamentals of sol-gel dip-coating”, *Journal de Physique III*, vol. 4, n° 7, pp. 31-42, 1994.

5

CAPÍTULO
CINCO

**SABORES DE RISARALDA:
CONSTRUCCIÓN DE UN INVENTARIO
INTERCULTURAL DEL PATRIMONIO
GASTRONÓMICO DE LA REGIÓN**

**RISARALDA'S FLAVORS:
INTERCULTURAL INVENTORY
CONSTRUCTION OF THE
GASTRONOMIC HERITAGE OF THE
REGION.**

Jhon Jaime Correa Ramírez
Maestría en Historia -Universidad Tecnológica de Pereira
jjcorrea@utp.edu.co

Natalia Agudelo Castañeda
Maestría en Historia -Universidad Tecnológica de Pereira
nataagudelo@utp.edu.co

Edwin Mauricio López
Maestría en Historia -Universidad Tecnológica de Pereira
Elopgar86@utp.edu.co

RESUMEN

El proyecto Sabores de Risaralda: Construcción de un inventario intercultural del patrimonio gastronómico de la región, nace de un interés por reconocer los elementos que hacen parte de la diversidad geográfica, económica, social, política y cultural del departamento y que recoge las nociones de identificación y diferenciación social a partir de la cocina, creando relaciones del ser humano con sus tradiciones, saberes, nuevos hábitos de consumo, transformaciones culturales y las situaciones sobre aprovisionamiento local y familiar para garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades locales. Con este proyecto se pretende hacer un recorrido por los 14 municipios de Risaralda, para identificar la diversidad de la alimentación regional, partiendo desde las prácticas tradicionales y populares de cultivo, crianza, preparación, conservación, manejo y consumo para reconocer la diversidad de las prácticas culturales gastronómicas por medio de la interacción con habitantes o portadores de los saberes tradicionales. El proyecto se estructura metodológicamente desde la documentación, trabajo de campo, talleres de socialización con las comunidades y posterior identificación e inventario de los elementos que hacen parte del patrimonio gastronómico del departamento y que a su vez servirán de guion para entregar un producto audiovisual.

Palabras Claves: Gastronomía, Cocinas tradicionales, Risaralda, Patrimonio inmaterial, diversidad cultural.

ABSTRACT

The Sabores de Risaralda project: Construction of an intercultural inventory of the gastronomic heritage of the region, stems from an interest in recognizing the elements that are part of the geographical, economic, social, political and cultural diversity of the department and that collects the notions of identification and social differentiation from the kitchen,

creating relationships of the human being with its traditions, knowledge, new habits of consumption, cultural transformations and situations about local and family supply to guarantee the food security of local communities. This project is intended to take a tour of the 14 municipalities of Risaralda, to identify the diversity of regional food, starting from traditional and popular cultivation, breeding, preparation, conservation, management and consumption practices to recognize the diversity of practices cultural cuisine through interaction with inhabitants or bearers of traditional knowledge. The project is methodologically structured from documentation, field work, socialization workshops with communities and subsequent identification and inventory of the elements that are part of the gastronomic heritage of the department and which in turn will serve as a script to deliver an audiovisual product.

INTRODUCCIÓN

La gastronomía y el patrimonio cultural inmaterial

Concebida como una disciplina que estudia la relación entre la cultura humana, el ambiente o entorno y la comida, la gastronomía ha empezado a ser catalogada como uno de los aspectos sobre los que se debe prestar una atención considerable en términos del rescate y la conservación del patrimonio cultural inmaterial de la humanidad. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), el patrimonio cultural inmaterial corresponde a todas las prácticas, expresiones, saberes y técnicas transmitidas por las comunidades humanas de generación en generación, las cuales propician el surgimiento de sentidos de identidad, de bienestar social y de gestión del entorno natural y social de la comunidad.

Otto Morales Benítez, uno de los historiadores regionales más relevantes para la región del centro-occidente colombiano, es claro cuando argumenta que la comida refleja, desde una perspectiva

particular, los comportamientos más íntimos de las personas y sus entornos familiares y sociales, así como los que están relacionados con los grandes festejos y rituales públicos. En esta práctica humana del comer entran en juego distintas fases y aspectos de un circuito socio-económico y cultural bastante complejo, que abarca desde los cultivos a gran escala, las huertas caseras y la crianza de animales domésticos, hasta la preparación de las comidas en las cocinas, el consumo y la distribución en los mercados, así como también los significados, los hábitos y las mutaciones y sincretismos presentes en las costumbres alimenticias. Todo esto está anclado en un entramado de relaciones sociales y prácticas culturales, que, si bien se transmiten y revitalizan de generación en generación, también se ven transformadas por factores económicos, políticos y sociales. En palabras de Morales Benítez,

(...) la alimentación denuncia la estructura de una sociedad, pues hace relación con intensas actividades sociales. Ella implica un acto total. Se refiere a la cultura material y a otra, que obedece a otras reglas de conducta espiritual. Se come lo que se tiene, lo que se puede y lo que se elige. La alimentación depende de la geografía, de la historia. Revela las desigualdades de la historia económica, de los países, de las regiones.

Esta relación entre la alimentación y la vida en colectivo de los seres humanos, deja ver –además– las múltiples formas en las que éstos han interactuado con su medio geográfico, instaurando un tipo de economía regional y local que les garantice su seguridad alimentaria, transformando sus prácticas del cocinar y el comer a lo largo del tiempo en relación con las dinámicas de migración, urbanización y globalización, y consolidando una idea de “comunidad imaginada” que no sólo comparte dichas prácticas alimenticias y culinarias, sino que también teje en torno a ellas mundos simbólicos y sentidos de identidad, pertenencia e intercambio social.

Es por todo esto por lo que, en la línea que plantea la Unesco, se hace necesario investigar, proteger, promover y transmitir los conocimientos sobre la gastronomía como elemento del patrimonio cultural inmaterial, necesidad que debe empezar a ser suplida con estrategias y acciones de acercamiento y exploración frente a una primera fase: la elaboración de inventarios del patrimonio cultural.

Políticas culturales y elaboración de inventarios del patrimonio cultural gastronómico

A nivel nacional, el Ministerio de Cultura adoptó en 2012 la Política para el Conocimiento, la Salvaguardia y el Fomento de la Alimentación y las Cocinas Tradicionales de Colombia, formulada con la participación de expertos sobre las gastronomías regionales del país. En este documento se concibe a las cocinas tradicionales como un conjunto complejo de saberes, usos y técnicas de transformación de los alimentos, como parte de un entramado de relaciones sociales con profundas cargas simbólicas, que se adaptan a las condiciones geográficas y climáticas, a los sistemas productivos y a las particularidades regionales y locales. Esta política sirve como punto de referencia inicial para contribuir en la valoración y salvaguardia de la diversidad y riqueza cultural de los conocimientos, prácticas y productos alimenticios de las cocinas tradicionales de Colombia, como factores fundamentales de la identidad, pertenencia y bienestar de la población, y exhorta a las instituciones públicas, y privadas, así como a las comunidades y a la academia, para que de manera conjunta formulen estrategias locales y regionales en pos de hacer efectiva esta tarea cultural.

Entre las acciones sugeridas por la Política para el conocimiento y la preservación del patrimonio cultural de las cocinas y la alimentación tradicional está “determinar, por medio de consultas a las regiones y localidades, el estado del patrimonio cultural culinario, elaborar un inventario y una estrategia para la investigación, el rescate y el fomento de las manifestaciones de

las cocinas tradicionales en riesgo”. En este punto, la elaboración de inventarios del patrimonio cultural gastronómico cobra especial relevancia, en tanto se constituyen en herramientas elaboradas a partir del trabajo conjunto con las comunidades locales y regionales, con las que se caracterizan y catalogan los ingredientes, las técnicas y las recetas de las cocinas tradicionales, y en algunos casos otros aspectos que están relacionados con los anteriores (relaciones sociales, prácticas rituales y ceremoniales, transformaciones en las prácticas culinarias, entre otros). Para el Ministerio de Cultura, la elaboración de un inventario del patrimonio cultural inmaterial (PCI) corresponde a (...) un proceso participativo de identificación, documentación, diagnóstico, registro y divulgación de una o más manifestaciones del PCI que incluye la definición de medidas para su salvaguardia.

El inventario permite dar cuenta de lo que hay en su contexto, de lo que existe y de su estado; ayuda a la construcción de un conocimiento profundo sobre las manifestaciones, contribuye a fortalecer la capacidad social de las comunidades para la gestión del patrimonio y representa un ejercicio de reflexión colectivo, participativo e incluyente que debe llevar a los habitantes de un lugar, comunidad, municipio, departamento o región a sentirse representados en él, por medio de todas aquellas manifestaciones que expresan su sentir y dan coherencia a su vida cotidiana como individuos y colectividades.

De tal manera que, como se verá en la estructura metodológica del proyecto, este inventario de la gastronomía risaraldense se elaborará en torno a un proceso etnográfico tratando de abarcar toda la diversidad del territorio y sus gentes, desarrollando un proceso de observación participativa con las comunidades que están diaria y directamente implicadas con el tema, puesto que así se puede lograr generar una mayor apropiación en la sociedad de sus prácticas y conocimientos sobre su patrimonio cultural inmaterial, aspecto que está ligado a las estrategias y propósitos de

la extensión universitaria en la UTP y la proyección socio-cultural de esta institución productora de conocimiento hacia el entorno local y regional.

El departamento de Risaralda: entre la diversidad geográfica, étnica y cultural

Situado en las estribaciones de las Cordilleras Central y Occidental, el departamento de Risaralda está asentado en un medio geográfico físico que varía entre los 890 msnm en el municipio de La Virginia, y los 4500 msnm en el Parque Nacional Natural Los Nevados. Sus tierras están bañadas por numerosos ríos y quebradas agrupadas en siete cuencas: la del río San Juan, del río Cauca, de los ríos Quinchía y Opiramá, del río Risaralda, del río Cañaverál, del río Otún y de los ríos Barbas y Consota. Su jurisdicción alcanza a abarcar territorios de dos parques nacionales naturales, cinco parques regionales naturales, once parques municipales naturales, un santuario de flora y fauna, cuatro áreas de manejo ambiental étnico, trece áreas de protección, recuperación e interés paisajístico, y tres áreas de protección del recurso hídrico. Todas estas características hacen que los suelos risaraldenses tengan distintos usos: para la actividad ganadera, la agricultura, la protección y conservación de bosques, y un sinnúmero de reservorios de agua. Sumada a la diversidad del departamento en sus características geográficas físicas, está la multiculturalidad y la pluri-etnicidad que se hace manifiesta en la población risaraldense, la misma que, según explican Hugo Ángel Jaramillo y Alfredo Cardona Tobón, es producto de distintas olas migratorias y colonizadoras.

Lo anterior hace que cuando nos preguntemos por la existencia de una “identidad risaraldense” única, nos embarquemos en una tarea bastante compleja, ya que, por un lado, la historia de este departamento está estrechamente ligada a procesos de larga duración en la región, y por el otro, porque una de las principales características de este departamento radica en su diversidad

étnica y cultural, lo que pone en cuestión cualquier criterio de homogeneización. Esta diversidad se manifiesta de manera explícita en la gastronomía risaraldense, en relación con los ingredientes que se extraen de los suelos cultivados y son utilizados para preparar los alimentos, pero también en torno a las formas de prepararlos –las tecnologías, los artefactos y los utensilios– y a los lugares y momentos de consumirlos y distribuirlos: desde las tres raciones diarias (desayuno, almuerzo y cena), pasando por el tradicional “paseo de olla” y el “fiambre” para los trabajadores, hasta las celebraciones y fiestas populares que se recrean en los ámbitos de lo público y lo privado (verbenas, celebraciones de cumpleaños, festividades religiosas, etcétera).

Esta propuesta de elaboración del inventario del patrimonio gastronómico de Risaralda es una forma de analizar desde otra perspectiva ese sincretismo cultural del que somos resultado, y también de contribuir a la construcción y apropiación de otros referentes patrimoniales en relación con las políticas públicas frente al fomento del Paisaje Cultural Cafetero. Sobre esto último, si bien el Plan de Desarrollo 2016-2019 “Risaralda: verde y emprendedora” del actual gobernador Sigifredo Salazar, contempla dentro de sus programas la protección y promoción de la diversidad del patrimonio cultural del departamento de Risaralda, no hay claridades respecto a la preservación, promoción y difusión del patrimonio cultural gastronómico del departamento.

Ello nos lleva a rastrear algunos referentes bibliográficos que, desde diferentes enfoques temáticos y metodológicos, hablan sobre la gastronomía risaraldense. Al hacer dicho rastreo, encontramos que a la fecha no existe ninguna publicación sistemática sobre la gastronomía risaraldense, pero sí existen estudios y proyectos que abordan este tema, y que nos resultan útiles para introducirnos en este mundo tan complejo como es el de las cocinas del departamento.

OBJETIVOS

General:

Reconocer la diversidad de las prácticas culturales gastronómicas de los 14 municipios del Departamento de Risaralda por medio de la interacción con habitantes o portadores de los saberes tradicionales, con el fin de consignarlos en un inventario gastronómico de la Región.

Específicos:

- Catalogar las adaptaciones, variables y combinaciones alimenticias de las gastronomías locales, sus ingredientes y formas de preparación en cada uno de los catorce municipios de Risaralda.
- Describir las mutaciones, transformaciones e hibridaciones de los gustos gastronómicos en el departamento de Risaralda.
- Contribuir a la apropiación social y colectiva de la diversidad del patrimonio cultural de Risaralda mediante la socialización del inventario de prácticas culturales gastronómicas con las comunidades locales.

METODOLOGÍA

La metodología que se propone para el presente proyecto de extensión social y cultural tendrá un enfoque interdisciplinario que reúne técnicas cualitativas etnográficas de intervención cultural, que nos permiten categorizar o inventariar la diversidad del patrimonio gastronómico del departamento de Risaralda. Para el efecto, nos basaremos en el documento titulado “Procesos de identificación y recomendación de salvaguardia 2015” sobre inventarios del patrimonio cultural inmaterial del Ministerio de Cultura, en el que se plantean cuatro procesos diferenciados que deben estar constantemente interrelacionados, en las siguientes fases:

- Fase 1. Documentar y concretar.

Inicialmente nos proponemos realizar un rastreo bibliográfico y documental buscando obtener información relacionada con los referentes gastronómicos de los distintos municipios del departamento y de la región. La documentación se halla en diversas fuentes y puede dar cuenta de contenidos históricos, etnográficos y recetarios tradicionales o populares que podrán nutrirse con nuevos hallazgos y nuevas fuentes, a medida que se va avanzando en el proceso de recolección de información. De forma paralela, en esta fase se harán gestiones con entidades públicas como Casas de Cultura y el Área de Cultura y Bibliotecas de Comfamiliar Risaralda, las cuales nos facilitarán el acercamiento con las personas o comunidades interesadas en este tipo de temáticas en cada uno de los municipios, para socializar los alcances y objetivos de este proyecto en las distintas fases.

Con esta propuesta se busca dar continuidad a los proyectos de extensión cultural realizados por el Semillero de Investigación Formativa en Historia, Cultura Política y Educación y Comfamiliar Risaralda desde el año 2015 a saber: “Mapa Histórico-Cultural De Risaralda: Fortalecimiento De Los Procesos Organizativos En Torno A La Gestión Y Políticas Culturales”, “Expedición Risaralda 50 años: Exposición Itinerante del Mapa Histórico Cultural Departamental”, “Semillas para la Historia: Bases Para La Investigación Formativa En Historia Local Y Microhistoria En Risaralda”. Todos los proyectos han contado con la financiación de la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica Pereira y los resultados han sido socializados con las personas que brindaron información para los mismos, y en otros escenarios como los Encuentros de Semilleros a nivel departamental y regional. Además, obtuvimos el primer puesto en el Concurso de Experiencias Significativas Docentes de 2017, en la categoría de Historia de Risaralda, con el libro “50/60, Una historia compartida. Investigación 50 años de Risaralda y 60 años de Comfamiliar. Mapa histórico cultural”, el cual fue

resultado del proyecto de extensión “Mapa histórico cultural de Risaralda”.

- Fase 2. Trabajo de campo.

Esta fase consta de una serie de visitas iniciales a los 14 municipios del departamento y contempla actividades de observación participativa (con la comunidad que se observa, visitando áreas de cultivo, crianza de animales, cocinas domésticas, galerías y plazas de mercado, etc.), entrevistas y registro gráfico y audiovisual, buscando identificar elementos propios del patrimonio gastronómico de cada municipio, los cuales podrán estar identificados dentro de lo que hemos denominado el circuito cultural gastronómico que nos permite entender diversas fases que intervienen en el proceso gastronómico.

Cada uno de los participantes del proyecto llevará a cabo un diario de campo que permita describir las impresiones y la información obtenida en las visitas y a su vez elaborará unas fichas de registro para hacer la caracterización de lo obtenido en dicha salida. Estas fichas tendrán como referente el formato sugerido por el Ministerio de Cultura, el cual sugiere incluir datos generales, descripción geográfica y económica, transformaciones sociales, cambios culturales, mecanismos de transmisión, relevancia de la manifestación patrimonial para la comunidad involucrada, riesgos o amenazas y documentación relacionada como fotografías, audios, videos, mapas, bibliografía, entre otras.

En estas salidas de campo también se hará uso de un formato de consentimiento informado con los portadores de saberes tradicionales con el fin de tener su autorización en el uso de la información y el registro de esta.

- Fase 3. Desarrollo de los talleres de socialización y retroalimentación con los grupos de los municipios.

En este punto pretendemos conjugar la información recolectada en la fase de la documentación y el trabajo de campo para realizar una serie de talleres de socialización y valoración del patrimonio gastronómico con las personas interesadas de cada uno de los municipios con el propósito de comunicar lo obtenido en el proceso. Estos encuentros tienen como objetivo retroalimentar de manera didáctica con los participantes, la variedad, diversidad y los hallazgos de su patrimonio gastronómico, como un elemento de identificación y diferenciación cultural que permita generar una mayor apropiación social del conocimiento. Se busca propiciar un diálogo abierto con la comunidad a través del cual se puedan rastrear recuerdos, sensaciones, creencias y costumbres con el enfoque de la teoría sociocultural de Vygotsky, con el fin de generar una participación proactiva y destacar la interacción entre el desarrollo de las personas y su cultura, que nos permita proponer y construir un inventario gastronómico en cada municipio del departamento de Risaralda.

- Fase 4. Evaluación de la información, registro e inventario del patrimonio gastronómico de los municipios.

Como última fase del proyecto se hará una revisión de la información recolectada en las distintas etapas del proceso para determinar el cumplimiento de los objetivos, sistematizar, generar reflexiones y conclusiones que determinen los resultados del inventario gastronómico de Risaralda, los cuales serán consignados en la cartilla publicada por la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la UTP y un video documental como productos finales del proyecto. Adicionalmente se elaborarán un informe parcial y un informe final con las impresiones del proyecto.

RESULTADOS

Tras el trabajo de campo en las localidades, donde se visitaron los portadores del saber gastronómico, se recopilaron 122 recetas como insumo principal para la realización del inventario y de los talleres de socialización. En estos talleres se presentó un micro documental realizado específicamente en cada municipio del departamento, el cual muestra parte del patrimonio gastronómico local dándole relevancia a alguna receta o producto gastronómico de la población, el cual fue preparado con habitantes de la localidad con el ánimo de difundir el patrimonio cultural del departamento. De esta forma, se realizaron 14 videos micro documentales del departamento, uno por cada municipio. Asimismo, se entregó un texto a la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la UTP con el diseño metodológico del proyecto y con los resultados y las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de esta iniciativa para su publicación.

POBLACIÓN BENEFICIADA

El siguiente recuadro muestra el número de asistentes a los talleres de socialización realizados en cada uno de los municipios de Risaralda:

Fecha	Municipio	Asistentes
Sep-17	Apía	12
Sep-19	Belén de Umbría	41
Sep-23	Quinchía	26
Sep-24	Balboa	13
Oct-10	La Celia	24
Oct-11	Santuario	10
Oct-16	Mistrató	40
Oct-22	Guática	10

Oct-24	Pueblo Rico	9
Oct-25	Santa Cecilia	14
Nov-1	Santa Rosa Cabal	14
Nov-12	La Virginia	48
Nov 26	Pereira – San Fernando	12
Nov 27	Pereira - Centro	5
Nov 28	Dosquebradas	17
Nov 29	Pereira - Guayacanes	25
Total Asistentes		320

CONCLUSIONES

La gastronomía regional abarca un conjunto de prácticas y saberes diversos que incluyen las labores agrícolas, el cultivo de los alimentos, su preparación en recetas y el consumo de estas, razón por la cual se configuran en un ámbito cultural multifacético y diverso. En este sentido, se destaca la importancia de las distintas zonas geográficas de Risaralda, por ejemplo, las hoyas de los ríos Risaralda, San Juan, Consota, y Cauca, y la zona montañosa de las cordilleras central y occidental con sus diferentes pisos térmicos que determinan la diversidad de alimentos disponibles, lo cual nos permite reseñar los cultivos dominantes y las dietas alimenticias de los pobladores del departamento. Por otro lado, se reconoce el rol central de la mujer en la alimentación como principales portadoras del saber gastronómico. Ellas conjugan sus conocimientos que generalmente han sido legados familiares, con sus posibilidades económicas, las cuales, junto con la creatividad y el gusto propio de las familias al alimentarse, logran articular los elementos necesarios para desarrollar innovaciones culinarias y mantener al mismo tiempo las tradiciones gastronómicas.

Igualmente, se destaca que la comida se encuentra relacionada constantemente con otras dinámicas sociales y económicas. Muestra de ello, son ciertos ciclos económicos que fue posible

detectar en cada municipio y que han influenciado históricamente las formas de cocinar los alimentos y los productos disponibles para el consumo. Por ejemplo, existen diferencias respecto de las dinámicas alimenticias que se dieron con la llegada de las fábricas, de la industrialización del departamento y el crecimiento de la población urbana desde mediados del siglo XX, proceso que no solo cambió los productos que se consumían, sino también los horarios y los gustos alimenticios de sus pobladores. Esta industrialización contrasta con el auge y consolidación de la economía cafetera en la primera mitad del siglo XX presente en gran parte del departamento, la cual exigía una ingesta calórica mucho mayor para sus trabajadores, rica en carbohidratos, que adicionalmente permitiera su traslado por las zonas de trabajo, dando paso a la creación del famoso “fiambre”, plato que además se ha transformado en sus usos y contenidos.

Ante este importante aspecto, cabría preguntarse si la comida, o en este caso el fiambre como ejemplo, fue el mismo para un mazamorrero o barequero de las minas, un arriero o un recolector de café que para las obreras de las trilladoras y las maquilas; lo cual nos permite señalar el hecho de que las llamadas “comidas típicas” sufren un proceso histórico de hibridación constante. Ante esta cuestión, se puede argumentar que existen platos o recetas que tienen un nombre genérico (frijoles, bandeja paisa, etc.) pero que están sujetos a múltiples formas de prepararlos en respuesta a diversos factores económicos y culturales. Incluso, esas mismas dinámicas económicas y culturales se ven reflejadas en las ofertas de los supermercados locales y en la dieta de los trabajadores, que han llevado a incorporar nuevos productos a la dieta alimenticia de acuerdo con la oferta de los distribuidores comerciales, como, por ejemplo, la inclusión de las pastas o fideos, producto que es consumido en las cocinas cotidianas de las familias y que además representa grandes facilidades, ahorro de tiempo y un bajo costo. También se plantea la cuestión de si en el caso de las plazas de mercado en los municipios, estas siguen siendo el lugar de acopio, de reunión y de saberes tradicionales o simplemente están

siendo relegadas por otro tipo de dinámicas económicas como la proliferación de las cadenas de supermercados en la mayoría de los municipios de Risaralda.

Del mismo modo, se señala la importancia de la formación de empresarios alrededor de productos gastronómicos de la región como por ejemplo el chorizo santarrosano, el cual ha marcado la identidad de dicho municipio; y el desarrollo del fenómeno de asociatividad a nivel departamental, que en la mayoría de los casos se encuentra respaldado por los planes de desarrollo, los cuales apuntan a fomentar concursos de comidas típicas con visiones patrimonializantes que terminan persiguiendo versiones originales o puras de los productos, como es el caso de “La calle del café” que se desarrolla en varios municipios del departamento.

El tema de la tradición ocupó muchas de las discusiones grupales. Si bien se puede hablar de una relación muy estrecha entre tradición gastronómica e identidades locales, al mismo tiempo esta idea de arraigo cultural excluye otros elementos presentes en la gastronomía regional o no permite ver grandes cambios en las formas de alimentación que en el presente que no serían tan tradicionales. Otra situación por analizar, son los mitos alrededor de la alimentación, con ejemplos como el plato de la “gallina enterrada” de Apía, o los productos afrodisíacos presentes en muchos de los municipios, que derivan también de la fuerza que aún tiene el arraigo a la colonización antioqueña o la sobrevaloración de lo afro en relación con la potencia sexual.

Esto nos invita a pensar que la gastronomía es resultado de la diversidad y la heterogeneidad contenida en el departamento, y que no necesariamente responde a algún elemento dominante o característico dentro de ella. La cocina risaraldense es resultado de influencias antioqueñas, caucanas, afro, indígenas, boyacenses, colonias extranjeras, etc.

Una observación final nos lleva a pensar en ciertas imposturas culturales de lo gastronómico y la idea de la “autenticidad” en la comida, discusiones muy propias también de los debates multiculturales. Pues si bien, el formato del proyecto estaba en gran medida enfocado a lo tradicional, fue muy significativo evidenciar los cambios culturales, las hibridaciones de las comidas y el influjo de la globalización en las economías locales, fenómeno enmarcado en una expansión de cultivos que responden a la demanda de productos para la exportación y a la llegada de productos industrializados a los municipios, que han acomodado las economías locales a los grandes cambios globales y generacionales.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, Benedict. *Comunidades imaginadas. Reflexiones sobre el origen y la difusión del nacionalismo*. Trad. por Eduardo L. Suárez. México: Fondo de Cultura Económica, 1993.

Club de Leones Pereira-Maraya, comp. *Risaralda: Patrimonio cultural gastronómico, natural y arquitectónico*. Pereira: Servimpresos Publicidad, Gobernación de Risaralda, 2010.

Correa Ramírez, Jhon Jaime; Anderson Paul Gil Pérez; Jhon Anderson Tascón Bedoya; Edwin Mauricio López García y Maribel Valencia López. *50/60, Una historia compartida. Investigación 50 años de Risaralda y 60 años de Comfamiliar. Mapa histórico cultural*. Bogotá: Editorial Planeta, 2016.

Correa Ramírez, Jhon Jaime; Anderson Paul Gil Pérez, Jhon Anderson Tascón Bedoya; Christian Camilo Calderón Gil; Edwin Mauricio López García y Maribel Valencia López. *Visión histórica y dinámica del mapa cultural de Risaralda*. Documento de trabajo, Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.

Estrada, Julián. «Antioquia y Eje Cafetero, dedicación y carácter», en *Colombia, cocina de regiones*, dir. por María Lía Neira. Bogotá: MNR Comunicaciones & Ediciones S.A.S., Librería Nacional, 2012.

_____. *Fogón antioqueño*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 2016.

Fundación para el Desarrollo Social Transformemos. *Cocina palenquera para el mundo*. Bogotá: Fundación para el Desarrollo Social Transformemos, 2014.

García Nossa, Antonio. *Geografía económica de Colombia. IV: Caldas*. Bogotá: Contraloría General de la República, Imprenta Nacional, 1937.

Gobernación de Risaralda. *Atlas de Risaralda*. Pereira: Fondo Editorial Gobernación de Risaralda, 2007.

_____. *Atlas de Risaralda*. Pereira: Fondo Editorial Departamento de Risaralda, 1988.

_____. *Risaralda, 40 años de grandeza*. Pereira: Fondo Editorial Gobernación de Risaralda, 2007.

_____-Secretaría de Planeación. «Plan de Desarrollo 2016-2019: Risaralda, verde y emprendedora». Plan de desarrollo, Gobernación de Risaralda, 2016.

Gutiérrez de Pineda, Virginia. *Familia y cultura en Colombia: Tipologías, funciones y dinámica de la familia. Manifestaciones múltiples a través del mosaico cultural y sus estructuras sociales*, 3ª ed. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia, 1994.

Ministerio de Cultura-Dirección de Patrimonio. *Política para el Conocimiento, la Salvaguardia y el Fomento de la Alimentación y las Cocinas Tradicionales de Colombia*. Bogotá: Ministerio de Cultura, 2012.

Ministerio de Cultura. *Proceso de Identificación y Recomendación de Salvaguardia 2015, Inventarios de Patrimonio Cultural Inmaterial*. Bogotá: Ministerio de Cultura, 2015.

Morales Benítez, Otto. *Teoría y aplicación de las historias locales y regionales*. Manizales: Universidad de Caldas, 1995.

Muzeum Gastronomie. «La gastronomía». Acceso el 25 de octubre de 2018. <http://www.muzeumgastronomie.cz/es/node/75>

Unesco. «Patrimonio inmaterial». Acceso el 18 de octubre de 2018. <http://www.unesco.org/new/es/santiago/culture/intangible-heritage/>

_____. «Patrimonio Cultural Inmaterial». Acceso el 25 de octubre de 2018. <https://es.unesco.org/themes/patrimonio-cultural-inmaterial>

Osorio Velásquez, Jorge Enrique y Álvaro Acevedo Tarazona, eds. *Paisaje cultural cafetero. Risaralda. Colombia*. Pereira: Universidad Católica Popular del Risaralda, Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.

Robledo Correa, Emilio. *Geografía médica y nosológica del departamento de Caldas*. Manizales: Imprenta Departamental, 1916.

Sánchez, Enrique y Carlos E. Sánchez. *Paseo de olla: Recetas de las cocinas regionales de Colombia*. Bogotá: Ministerio de Cultura, 2012.

SENA Caldas, Grupo de Investigación del Centro de Comercio y Servicios (GRICS). «Patrimonio Gastronómico de Caldas. Caldas, un amasijo de sabores y saberes». Contenido multimedia en formato CD, SENA Caldas, s.f.

Valencia Llano, Albeiro. *Vida cotidiana y desarrollo regional en la colonización antioqueña*. Manizales: Centro Editorial Universidad de Caldas, 1996.

Vygotsky, Lev. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, 1979

6

CAPÍTULO
SEIS

**Reconstruyendo la Historia desde Adentro:
Una Experiencia Significativa en la Ciudad de
Pereira, Risaralda: San Isidro- Puerto Caldas.**

**Rebuilding History from the Inside: A
Significant Experience in the City of Pereira,
Risaralda: San Isidro - Puerto Caldas**

Claudia Viviana Hurtado Loaiza
Docente

Licenciatura En Etnoeducación
Escuela de Ciencias Sociales
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad Tecnológica de Pereira
claudiahurtado@utp.edu.co

Equipo de Trabajo

Docente: Cecilia Luca Escobar Vekeman

Estudiantes: Diego Alejandro Chaves Obando, Eliana Noelly

Reyna Quiceno, Dilan Andrey Montoya¹

Egresadas: Elizabeth Anaya Henao y Marcia Valencia Alvarez²

Semillero de Investigación “Familia, educación y comunidad”
sifecutp@gmail.com

1 Estudiantes de la Licenciatura en Etnoeducación, Licenciatura en Etnoeducación y Desarrollo Comunitario, Licenciatura en Comunicación e Informativa Educativa, de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Tecnológica de Pereira.

2 Profesionales en Licenciatura en Etnoeducación y Desarrollo Comunitario en la actualidad, durante el desarrollo del proyecto se vincularon como estudiantes y desarrollaron sus trabajos de grado en torno a la ejecución del mismo.

Resumen

El proyecto “Reconstruyendo la historia desde adentro - Una experiencia significativa en la Ciudad de Pereira, Risaralda: San Isidro, Puerto Caldas” fue una apuesta del Semillero de Investigación “Familia, Educación y Comunidad” adscrito al Grupo de Investigación “Educación y Desarrollo Humano”, realizado en el año 2019. Consistió en generar una articulación de tres conceptos considerados fundamentales en la formación integral como lo son: la familia, la educación y la comunidad, que en esta oportunidad se enmarcaron en la reconstrucción de la historia de vida de la comunidad de San Isidro, la cual ha sido acompañada por diversas instituciones que contemplan dentro de sus áreas de responsabilidad social el desarrollo comunitario.

La comunidad de San Isidro, ha realizado diferentes procesos de ocupación y adaptación al entorno, que les ha permitido crecer colectivamente, sin embargo, en el momento de proponer este proyecto de Investigación y Extensión, era escasa la información precisa que permitiera tener elementos que caracterizaran a dicha comunidad y que les permitiera describir en términos socioeconómicos, ambientales, culturales y demográficos a sus sujetos. Igualmente era escasa la reflexión en torno a sus luchas, procesos de crecimiento como comunidad, las labores de responsabilidad social, los rasgos socioculturales, la diversidad, el empoderamiento, la identidad social y las historias de vida que allí se habían construido.

El proyecto contó con la activa participación de la comunidad y de la Corporación El Comienzo del Arco Iris, que hicieron posible el desarrollo de este con un carácter formativo tanto para los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira, como para los integrantes de la comunidad, dada la metodología utilizada de reconstrucción de experiencias con el otro, que contempló la formación de actores locales quienes fueron partícipes de todo el proceso de investigación. La

comunidad adquirió metodologías que les permitieron mejorar sus conocimientos y habilidades para el reconocimiento de su realidad social; que describieron las particularidades históricas, las trayectorias, las problemáticas y la visión a largo plazo. Igualmente, los pobladores de San Isidro realizaron una interpretación crítica de la experiencia de ocupación del territorio y del acompañamiento institucional que les permitió dar sentido a sus historias de vida y generar una caja de herramientas comunitarias para su trabajo en el territorio.

El proyecto desarrollado es una experiencia de articulación entre la investigación y la extensión, concretando el proceso de Investigación – Acción Participativa, siendo de gran importancia para la Facultad de Ciencias de la Educación al convertirse en una oportunidad para el establecimiento de nuevas relaciones sociales que facilitaron la interpretación de hechos sociales, el desarrollo de prácticas reflexivas para los Licenciados en formación y aumentan el nivel de articulación de estudiantes de pregrado con procesos sociales vigentes y de impacto social. También permitió la articulación de la docencia, la investigación y la extensión, que configuran los tres componentes básicos del trabajo académico en un programa de educación superior, considerando que con este proyecto se cumplió con claridad la tarea de extensión: contribuir desde su saber y su quehacer, en la construcción del tejido social de una comunidad.

Palabras claves: Comunidad - Territorio - Identidad – Reconstrucción de la Historia

Abstract

The project “Rebuilding History from Within - A Significant Experience in the City of Pereira, Risaralda: San Isidro, Puerto Caldas” was a bet of the Research Seedbed “Family, Education and Community” assigned to the Research Group “Education and Human Development”. It consisted of generating an articulation of

three concepts considered fundamental in integral formation such as: family, education and community, which on this occasion were framed in the reconstruction of the life history of the community of San Isidro, which has been accompanied by various institutions that contemplate community development within their areas of social responsibility.

The community of San Isidro has carried out different processes of occupation and adaptation to the environment, which has allowed them to grow collectively. However, at the time of proposing this Research and Extension project, there was little precise information that would allow them to have elements that would characterize this community and that would allow them to describe their subjects in socioeconomic, environmental, cultural and demographic terms. Likewise, there was little reflection on their struggles, processes of growth as a community, the work of social responsibility, socio-cultural characteristics, diversity, empowerment, social identity and the life stories that had been built there.

The project had the active participation of the community and the Corporación El Comienzo del Arco Iris, which made possible the development of the project with a formative character for both the students of the Universidad Tecnológica de Pereira, and the members of the community, given the methodology used to reconstruct experiences with the other, which contemplated the formation of local actors who were participants in the entire research process. The community acquired methodologies that allowed them to improve their knowledge and skills for the recognition of their social reality; which described the historical particularities, the trajectories, the problems and the long term vision. Likewise, the inhabitants of San Isidro carried out a critical interpretation of the experience of occupation of the territory and the institutional accompaniment that allowed them to give meaning to their life stories and to generate a community toolbox for their work in the territory.

The project developed is an experience of articulation between research and extension, concretizing the process of Participatory Research-Action, being of great importance for the Faculty of Education Sciences to become an opportunity for the establishment of new social relations that facilitated the interpretation of social facts, the development of reflective practices for graduates in training and increase the level of articulation of undergraduate students with social processes in place and social impact. It also allowed the articulation of teaching, research and extension, which form the three basic components of academic work in a higher education program, considering that with this project the extension task was clearly fulfilled: to contribute from their knowledge and their work, in the construction of the social fabric of a community.

Keywords: Community - Territory – Identity - Rebuilding History

Introducción

La población en la que se basó este proyecto de extensión se encuentra ubicada en el corregimiento de Puerto Caldas, en los linderos de Pereira y bajo la jurisdicción de Risaralda, limitando con el municipio del Valle, Cauca. Está compuesto por los sectores de *San Isidro*, El Cofre, María Auxiliadora, Las Camelias, Los Almendros, El Porvenir, Puente Blanco, El Cafetalito y El Progreso. Ubicada aproximadamente de 30 a 40 minutos caminando o a 15 minutos desde la vía principal Pereira-Cartago, viajando en mototaxi o chocho como comúnmente se le nombra al transporte en motocicleta por un paisaje que se visibiliza rural.

La investigación que se propuso consistió en recopilar los rasgos identitarios que se evidencian en la comunidad de San Isidro teniendo en cuenta varias circunstancias, la recopilación de las identidades de los jóvenes principalmente están influenciadas por su entorno, es así como se crea la necesidad de identificar

primero la conformación territorial de las familias, y segundo extraer los rasgos identitarios de los jóvenes de la comunidad teniendo en cuenta el impacto que han tenido en el transcurso de sus vidas las instituciones, por ello no se podía desligar ambos factores, es así como se tiene en cuenta los antecedentes.

La reconstrucción de historias de vida parte desde las familias, si bien es el pilar fundamental para el desarrollo de la comunidad de San Isidro, prima el entendimiento de sus dinámicas sociales, de cómo fue su familia antes de llegar a nuevos asentamientos territoriales, y como ha sido su transformación sociodemográfica desde la perspectiva de análisis en factores de niñez, relaciones de parentesco que se dan al interior, componente nuclear y estructural.

La no resolución de conflictos es uno de los factores han incidido en el pleno desarrollo de los jóvenes de la comunidad, manteniendo con ello los niveles de pobreza, el mal manejo del tiempo libre, la deserción escolar y violencia en todas sus formas. Por eso se plantea una investigación que dé cuenta de los cambios que se han podido dar en el transcurso del tiempo, las traslaciones familiares son uno de los diversos factores que ocurren más frecuentemente en la comunidad, que a su vez afligen directamente al crecimiento de los habitantes de San Isidro, ya que la intermitencia genera rupturas en el desarrollo. Además de la interpretación crítica de las experiencias de la ocupación del territorio y del acompañamiento institucional se realizó una sistematización que propone cosechar las experiencias más significativas del proceso, buscando que la praxis sea siempre contextualizada, dialogada y productora de sentido y que reflejó los rasgos identitarios de la Comunidad de San Isidro

Planteamiento del problema y justificación

Por la necesidad de generar mecanismos de reconocimiento del entorno y de apropiación identitaria se propuso un proyecto de extensión que diera cuenta de la realidad de la comunidad de San Isidro en Puerto Caldas, la cual ha sido un ejemplo de emprendimiento en cuanto a procesos diferenciales que han impactado su entorno.

Esta población ha transitado por rupturas sociales de distinta índole, incluyendo altos grados de violencia de diferentes tipos (familiar, delincuencia, sexual y de género), sin embargo estas coyunturas no son impedimento para buscar alternativas que propicien el buen vivir, es por ello que han agenciado estrategias de adaptación que les ha permitido adquirir una capacidad de resiliencia y de emprendimiento, reflejada en sus prácticas cotidianas que denotan un resurgimiento tanto individual como colectivo.

En sus inicios los barrios allí constituidos se conformaron clandestinamente y fueron llamados coloquialmente como invasiones; este punto de partida denota la necesidad de conocer su historia y reflexionar sobre hechos puntuales que permitieron tener una apropiación del contexto y del territorio.

En este trasegar se han establecido familias provenientes de diferentes lugares del país, en la mayoría desplazados producto del flagelo de la violencia, generando un primer tipo de núcleo afectivo, en ese sentido se fueron construyendo familias con características diversas y multiculturales las cuales desarrollaron procesos que facilitaron la conformación de la comunidad actual.

Este proceso de convivencia produjo distintos tipos de relaciones, las cuales han requerido espacios de reflexión que proponen formas de resolver los conflictos que se dan naturalmente en este espacio, por esta razón es importante vincular a la

comunidad con la intención de que se apropien y sean gestores de información basada en el conocimiento de su propia realidad y de su entorno sociocultural.

De esta manera se fueron conformando núcleos familiares mono parentales, unifamiliares, extensos, familias con características diversas y multiculturales las cuales desarrollaron procesos que facilitaron la conformación de la comunidad actual, que compone ya casi 5 generaciones desde los fundadores hasta los antecesores que aún residen en este lugar.

La pregunta de investigación que se planteó el semillero con el fin de profundizar en esta investigación fue ¿Cuál es la influencia de la intervención institucional en el proceso de ocupación, la adaptación del entorno y en la construcción de la historia de vida de la comunidad San Isidro, Puerto Caldas, Pereira, Risaralda? Y para esto se propuso un acompañamiento en los procesos de formación y empoderamiento de las estrategias de caracterización y de sistematización de los procesos comunitarios.

Objetivos

General

Identificar las influencias de la intervención institucional en el proceso de la construcción de la historia de vida de la comunidad San Isidro, Puerto Caldas.

Específicos

- Orientar a la comunidad de San Isidro, Puerto Caldas, en el proceso de reconocimiento de las experiencias significativas.
- Caracterizar desde una mirada social, demográfica, histórica y prospectiva a la comunidad de San Isidro.

- Recopilar las experiencias que reflejan rasgos identitarios de la comunidad de San Isidro, Puerto Caldas - Pereira.

Metodología

Plantear una introspección³ que pretenda reconstruir la memoria de la comunidad de San Isidro, implicó reflexionar sobre las acciones y trayectorias que ha tenido, por medio de las experiencias vividas en los distintos ámbitos de interacción. Por esto la metodología orientadora del proyecto, giró en torno a la convergencia entre la Investigación Acción Participación y la Sistematización de Experiencias, dicha convergencia se destaca por ser más holística exaltando la noción de conocimiento como una fuente que viene de diversas procedencias. Son dos prácticas sociales que se han desarrollado desde los años setenta, para aportar a procesos pertinentes, significativos y potentes de conocimiento, educación e interacción social.

Orlando Fals Borda plantea la IAP como conocimiento que se obtiene sobre el terreno y se somete a serio proceso de sistematización u ordenamiento para la comprensión cabal de los propios recursos; no pertenece al investigador ni al extensionista involucrado; es propiedad de la comunidad, que tiene derecho primario a conocer, razón por la cual implica la obligación de “devolver”.

La sistematización es un proceso de construcción social del conocimiento que permite reflexionar sobre la práctica, para aprender de ella, conceptualizarla, comprenderla y potenciarla; puede aportar al desempeño profesional comprometido y pertinente, a la transformación de condiciones de inequidad, injusticia, discriminación, pobreza. Aporta a la producción

³ Con introspección se hace referencia a una mirada hacia adentro desde la comunidad que pretende reflexionar sobre su historia y los momentos que los han marcado como grupo, en ese sentido se puede decir que las trayectorias son el paso desde que llegaron hasta el momento actual y como generaron interacciones sociales o relaciones que le permitieron tener una experiencia o historia de vida.

intencionada de conocimientos sobre y desde la práctica, su reconstrucción pertinente, contextualizarla histórica y socialmente e interpretarla, al asumir el reto de la autorreflexión.

Con la intención de generar una recopilación de experiencias que reflejen los procesos históricos y sociales de la comunidad de San Isidro desde su propia mirada, evidenciando así sus rasgos identitarios y particularidades colectivas, se planteó esta convergencia metodológica.

Autores como Oscar Jara resaltan la importancia de esta, como estrategia para transformar las inequidades sociales por medio del empoderamiento de los sujetos “puedo decirles que la sistematización de experiencias desde una perspectiva de educación popular se sitúa siempre como un factor que busca contribuir a fortalecer las capacidades transformadoras de los sujetos sociales”⁴.

La sistematización de experiencias se constituye en una apuesta política de las organizaciones sociales por avanzar desde una perspectiva colectiva y crítica en la construcción y producción de saberes que les permita tanto aprendizajes internos sobre el sentido y la dinámica de sus procesos, como enseñanzas externas que hagan posible compartir sus experiencias con otros actores sociales⁵.

Surgieron como objetivos de la sistematización los de recuperar el proceso vivido, socializar los aprendizajes para finalmente dar sentido a la experiencia. Se asumió que la sistematización es el proceso de interlocución entre actores, instituciones, generaciones que negocian discursos, teorías y construcciones culturales diversas encontrando que:

4 La sistematización de experiencias: aspectos teóricos y metodológicos, entrevista a Oscar Jara, Matinal, Revista de Investigación y Pedagogía con Óscar Jara, y que apareció en los números 4 y 5 (julio y diciembre) de 2010, pág. 68.

5 Planeta Paz, octubre de 2013, documento de trabajo Mesa Social por la Educación.

“Toda sistematización, como modalidad colectiva de producción de sentidos, es siempre una experiencia inédita, dado que lo que se pone en juego no son un conjunto de procedimientos y técnicas estandarizadas, sino las vivencias, sueños, visiones y opciones de individuos y grupos que la asumen como posibilidad de auto comprensión y transformación⁶”

En este sentido se hizo relevante plasmar las historias de vida de la comunidad así que se requiere de una agrupación de ideas de carácter democrático, con la intención de recolectar información que permita encontrar enfoques o líneas temáticas que sean la estructura central de la sistematización, de manera tal que al final de esta se pueda hacer una evaluación de los aspectos más relevantes.

Se propuso entonces romper con las formas tradicionales y lineales de la producción de conocimiento, de modo que se lograran incluir elementos como la reflexión- diálogo- acción- aprendizaje, con la intención de fortalecer estas habilidades en la población.

Diseño de la investigación

El proyecto se desarrolló en tres fases y se tuvieron en cuenta 3 pasos centrales para el desarrollo de este.

Fase I – Diagnóstico Comunitario Participativo

En esta fase se suscitó un acercamiento a la comunidad donde se realizó una descripción clara del proceso de carácter informativo, el cual pretende generar expectativa y motivación a los mismos.

6 Cendales y otros (2003) La metodología de la sistematización: una construcción colectiva. <http://centroderecursos.alboan.org/sistematizacion/es/registros/5777-la-metodologia-de-la>. Marco Raúl Mejía. Atravesando el espejo de nuestras prácticas A propósito del saber que se produce y como se produce en la sistematización. En: http://www.cepalforja.org/sistem/sistem_old/espejo_practicas.pdf

Esto incluyó la convocatoria, conformación y capacitación del grupo de influencia el cual fue capacitado y dotado con herramientas que le permitan materializar sus procesos de forma sistemática y ordenada.

Se utilizó la técnica de diagnóstico participativo en respuesta a la necesidad de una caracterización del entorno, en ese sentido iniciar con un mecanismo que fortalezca la autogestión, la participación democrática y el trabajo en equipo, desde la población será de gran ayuda para el proceso.

Fase II – Caracterización

Se realizó una caracterización que evidenció la historia, los procesos de constitución y las particularidades de la población de San Isidro del corregimiento de Puerto caldas. Que llevó a tener un

Fase III – Sistematización

Cómo respuesta a la necesidad de visibilizar los procesos de la comunidad, se presenta la sistematización como mecanismo de organización de la información y las acciones o experiencias vividas.

La finalidad de la sistematización que se propuso consistió en visibilizar las experiencias dadas a partir de otras formas de pensar y hacer, propiciando una reflexión de la práctica que posibilite la transformación no solo los aprendizajes surgidos sino también que se compartan los conocimientos y se generen redes en pro de un mayor beneficio para la comunidad universitaria y local.

La sistematización supera la simple presentación o registro de las experiencias y va más allá, puesto que trata de comprender, interpretar y buscar sinergias con miras a una transformación real del entorno.

En síntesis, se trasciende el registro hacia una interpretación y resignificación de lo vivido para generar aprendizaje, construir conocimiento socialmente pertinente y transformar la práctica.

Figura 1. *Pasos para el desarrollo de la metodología propuesta*



Fuente:

Los pasos centrales para abordar las fases del proyecto se centraron en:

Formación a los participantes del proyecto

Como valor importante de la investigación extensión se consideró el proceso de formación que se realizará con la comunidad. Se eligió un grupo de personas vinculadas a la Corporación el comienzo del Arco Iris y otros actores de la comunidad, que se denominaron “Equipo base de trabajo”, ellos fueron las personas que acompañadas por integrantes del Semillero de Investigación “Familia, Educación y Comunidad”, se capacitaron en herramientas de diagnóstico, caracterización e interpretación de información.

Figura 2. *Capacitación al grupo base de participantes del proyecto, en técnicas de investigación social*



Fuente:

Reconstrucción de las experiencias con el otro

En esta fase metodológica se realizó un acompañamiento a los procesos de reconstrucción de la historia como eje clave para la producción de conocimiento.

Se realizaron diarios de campo a través de una serie de registros audiovisuales, con los que se lograron insumos para la sistematización y producción audiovisual que recogiera los procesos comunitarios, buscando un repensarse, una realimentación, y una revalorización al momento de reunir a los actores a compartirles dichos registros.

Otra estrategia fue la realización de visitas con el fin de llevar a cabo entrevistas semi-dirigidas que facilitaron un ambiente en el acercamiento más familiar y humano, en aras de apostar en el fortalecimiento del tejido social.

Divulgación y apropiación social del conocimiento

Se realizaron dos jornadas de divulgación de la información, uno en el mes 6 de la intervención y otro al finalizar. El primero permitió compartir con la comunidad los resultados de la Caracterización y de los talleres formativos que permitieron dar a conocer otras formas de hacer lectura del contexto, interpretar y conocer las dinámicas comunitarias que han aportado a la construcción de historias de vida. La segunda jornada se realizará para compartir con toda la comunidad y otros actores de la sociedad la sistematización entendida como la forma de empoderamiento de la realidad que se habita.

Población – muestra

Para el desarrollo de las diferentes fases y pasos metodológicos propuestos, se contó con la participación de diferentes actores vinculados al territorio de San Isidro, siendo integrantes de la comunidad, de la Fundación Al Comienzo del Arco Iris.

Tabla 1. *Población muestra en el proceso de investigación extensión.*

Cantidad	Características
112	Familias de la Comunidad de San Isidro
20	Funcionarios pertenecientes a la Corporación El Comienzo del Arco Iris
650	Personas de la Comunidad San Isidro

Técnicas de recolección de datos

Reconstruir la historia de San Isidro, no se basó solamente en una revisión de momentos conmemorativos de la conformación de la comunidad. Por el contrario, se tuvo en cuenta las experiencias de vida de algunos habitantes líderes del lugar, puntualizando el análisis de lo vivido desde el 2009 hasta el 2019. Periodo de tiempo que se considera importante por los acontecimientos que surgieron a nivel social y cultural.

En memoria de la gran locomotora que alguna vez paso por allí, se propuso esta frase que refleja la historia de vida de muchos de sus habitantes. Los cuentos y juegos a través de los rieles y la manera en la que poco a poco se fueron construyendo relatos. Por esto recorrer los caminos del tren es hacer un viaje en el pasado, para poder analizar la situación y movilización social de sus habitantes en el presente.



Fuente:

Fue clave para el desarrollo del proyecto y el trabajo de campo, creación del logotipo, en el que se definió la frase que identificaba la reconstrucción colectiva “Recorriendo los caminos del tren”. De esta forma, quedó fijado en la memoria de los pobladores las actividades que se realizaban con el proyecto de extensión.

De esta manera se pudo dar una mirada de las transformaciones que ha tenido la comunidad desde su conformación. Por medio de diferentes técnicas que permitieron evaluar el pasado, pensar en el presente y proyectarse hacia el futuro por medio de diálogos generacionales.

Durante el trabajo de campo, se aplicaron diversas técnicas interactivas para la investigación social, que permitieron involucrar al otro, logrando la articulación entre la IAP y la Sistematización de experiencias, que era clave en este proceso de acompañamiento a la comunidad.

Encuestas domiciliarias

Se logró generar un acercamiento con la comunidad planteando la necesidad de conocerse más a fondo a través de una herramienta de recolección de información que se aplicó casa a casa, mediante la colaboración del grupo base de la comunidad. Esta técnica fue la caracterización socioeconómica, realizada a través de encuestas domiciliarias diseñadas a partir de ejercicios de capacitación, lluvia de ideas y construcción colectiva de ideas las cuales dieron pie a la identificación de los elementos más relevantes que salieron de los debates dentro del grupo focal.

Con la intención de resaltar los elementos sociales de la comunidad, se diseñó un muestreo de observación en aras de destacar las particularidades de la comunidad de San Isidro, esto se hizo por medio de los datos arrojados en cada componente, de manera se propició un análisis comparativo entre el factor cuantitativo y el factor cualitativo. De esta manera se fortalecieron los procesos históricos y de autoconocimiento.

Figura 4. *Equipo de trabajo y aplicación de encuesta domiciliaria.*





Fuente:

Cartografía social – Mapas parlantes

Por medio de la Investigación Acción se posibilitó un análisis más coherente de la realidad a través de técnicas interactivas. la cartografía social por medio de la elaboración de mapas parlantes permitió tener una perspectiva más cercana de esta realidad permitiendo transferir el conocimiento de lo global a lo concreto.

La percepción común sobre los mapas es que son espejos, representaciones gráficas de algunos aspectos del mundo real, estas técnicas recogen información desde los presupuestos que caracterizan el enfoque cualitativo e interpretativo, y además potencian el desarrollo de las personas involucradas, investigadores y participantes. (Valderrama, R, 2013)

Figura 5. Jornada de elaboración de mapas parlantes de la comunidad en el territorio. Trabajo colectivo entre comunidad, equipo base e integrantes de la UTP.





Fuente:

Esta técnica permitió comprender la percepción de su entorno físico, la interacción simbólica con el ambiente, las lecturas del presente, del pasado y su proyección a futuro. Reflejando así la identidad de los diferentes grupos de interés niños, jóvenes, adultos y adultos mayores. Proyectando finalmente la percepción que tiene la comunidad de San Isidro sobre su territorio.

Se conformaron sub-equipos entre la comunidad y los participantes del semillero de investigación, se logró pensar en los lugares estratégicos para la realización de estos con las personas de San Isidro y así poder lograr que, desde el niño más pequeño hasta el abuelo más grande, tuvieran acceso a este ejercicio.

Se elaboró un folleto explicativo, se escribió de manera clara la forma en la que se debía hacer para que todos los integrantes del grupo base estuvieran en sintonía con lo que se iba a realizar posteriormente.

Se propuso entonces la realización de 3 mapas sobre el pasado, presente y futuro, con unas preguntas orientadoras para que los participantes se guiaran al realizar sus gráficos, dibujos, trazos o recortes. Distribuido en 3 zonas de la vereda para generar una mayor cobertura, estas fueron: Zona 1 Cajones, Zona 2 las partidas y la Zona 3 que fue en La Corporación El Comienzo Del Arco Iris.

Entrevistas semiestructuradas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los líderes y personas de la comunidad de manera tal que se evidenciaron las percepciones individuales y colectivas sobre el movimiento social que se ha dado en la comunidad, para contrastar posteriormente los niveles de participación mediante un cruce de información con la línea de tiempo.

Reconstruir la historia de San Isidro, no se basó solamente en una revisión de momentos conmemorativos de la conformación de la comunidad. Por el contrario, se tuvo en cuenta las experiencias de vida de algunos habitantes líderes del lugar, puntualizando el análisis de lo vivido desde el 2009 hasta el 2019. Periodo de tiempo que se considera importante por los acontecimientos que surgieron a nivel social y cultural.

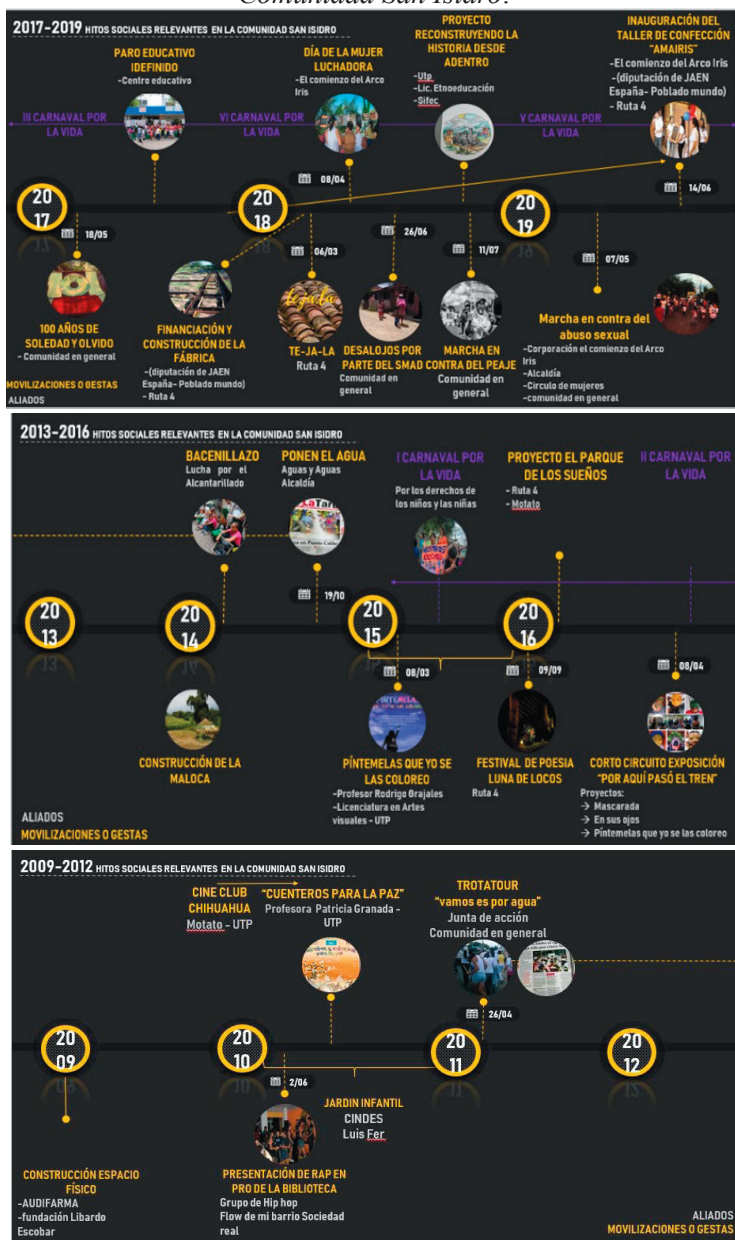
Lluvia de ideas

Fue orientada hacia los sentimientos e ideas que tenían los participantes en relación con sus historias de vida. Por medio de preguntas que permitieron una conversación fluida entre ellos ¿hace cuánto llegaron a la comunidad? ¿Con que palabra describiría a San Isidro? ¿Qué historias recuerda del corregimiento? Se procedió posteriormente a la contrastación de ideas con información del archivo de la Corporación y de fuentes secundarias, principalmente en registros de periódicos de la ciudad. Contrastando de esta manera los datos que mencionaban los abuelos, con la información de los documentos escritos.

Línea de tiempo

En respuesta de la pregunta orientadora ¿Cuál ha sido la influencia de la acción social en el desarrollo comunitario de la vereda de San Isidro, Puerto Caldas? se planteó una introspección¹¹ que pretendió reconstruir la memoria de la comunidad de San Isidro entre los años 2009 y 2019, reflexionando sobre las acciones sociales y simbólicas, las trayectorias y prospectivas por medio de las experiencias vividas en los distintos ámbitos. Las técnicas que facilitaron la construcción de esta línea de tiempo fueron la lluvia de ideas y recolección de fuentes primarias y secundarias. Se priorizó en las fechas más conmemorativas en la historia en un lapso de para puntualizar las acciones sociales que han surgido esto con la intención de contrastar estos relatos con el panorama nacional y también personal de los actores que allí fueron relevantes.

Figura 6. Línea de tiempo 2009 – 2019 de hitos sociales de la Comunidad San Isidro.



Fuente:

Portal del tiempo

El portal del tiempo es una herramienta que recopila datos, fechas o acontecimientos importantes que pueden servir para lograr organizar datos del proceso de investigación o interpretación del tema que se está abordando.

Figura 7.



Fuente: Dilan Montoya

Al viajar en el pensamiento de los jóvenes de San Isidro, se abrió un portal hacia el pasado, donde cada uno recordó sus inicios en el lugar donde se despiertan los sueños “El Comienzo Del Arco Iris” pensar en los relatos vividos, convocó a la palabra y a través de la lana se fue decidiendo quién debía continuar tejiendo historias. Este portal fue un ejercicio realizado con materiales muy sencillos: lana de diferentes colores, un grupo de jóvenes motivados a hacer un viaje en la memoria y mucha complicidad.

Se realizó con la finalidad de entender cuál ha sido el impacto de la Corporación El Comienzo del Arcoíris sobre la vida de los jóvenes de la comunidad; cuál ha sido la influencia, así se evocó por medio de la oralidad la historia y relatos vividos, desde el inicio del proceso pedagógico, respondiendo a preguntas como; ¿En qué

momento llegó por primera vez a la Corporación Comienzo del Arco Iris? ¿Qué es lo que más le gusta de la Corporación y en que ha participado? ¿Qué ha aprendido en la Corporación Arco Iris? ¿Con quién ha compartido sus conocimientos? Permitted guiar el encuentro, logrando tejer una telaraña de lana llena de recuerdos individuales para los más nuevos y compartidos para quienes ya llevaban un recorrido juntos.

Este portal acercó a cada uno de sus integrantes logrando entender lo diferente que es cada ser y de la misma manera los puntos que se tienen en común

Foto- Lenguaje

La foto lenguaje responde al análisis del joven directamente así se pudo compilar las experiencias que reflejan rasgos identitarios, el reconocimiento de la territorialidad y los lugares más significativos y por último la técnica.

Con esta técnica, se pudo evocar los espacios más transcurridos y cotidianos por los jóvenes dándole la importancia a los lugares más significativos, sus experiencias y vivencias, contextualizando situaciones puntuales y experiencias de los jóvenes relacionados al espacio. La fotografía fue el medio por el cual se pudo recuperar la memoria, espacios y momentos, también fortaleció la forma en que cada joven conoció, reconoció y al mismo tiempo como se ha podido apropiarse de dichos espacios.

Figura 8. *Actividad de foto lenguaje con los jóvenes.*



Fuente:

Eco Mapa

Esta actividad consistió en reconocer desde el rol de una persona, las actividades que desempeña en una comunidad, familia, barrio, organización, entre otros; con esta actividad se logra interpretar desde el hacer de un individuo la manera en que comprende e interpreta desde sus acciones

La técnica ayudó principalmente a reconocer y a discutir el papel que juegan en la vida del joven las diferentes personas e instituciones. En este caso se planteó con la intencionalidad de visibilizar el rol dentro de su familia, relaciones de parentesco, comportamiento, experiencias vividas desde la llegada a la comunidad entre otras. Se utilizó la metáfora de la siembra de una planta con los padres de familia para que de forma oral y/o narrando respondieron a las preguntas ¿Qué cultivo en mi familia para mejorar? ¿Qué valores construyo en mi núcleo familiar? y

por último ¿Cómo construyó la convivencia con mis familiares? Consiste en la representación esquemática de estos contextos para que pueda visualizarlos de forma sencilla y comprenderlos mejor. Los jóvenes de la comunidad de San Isidro descubrieron desde sus acciones la manera en la que construyen y significan el territorio.

Figura 9. *Aplicación técnica ecomapa con los jóvenes*



Fuente:

Resultados

La comunidad de San Isidro adquirió metodologías que le permiten en la actualidad mejorar sus conocimientos y habilidades para el reconocimiento de su realidad social.

Por medio de actividades de formación en diagnóstico comunitario participativo, se logró que la comunidad de San Isidro adquiriera habilidades, técnicas y metodologías que le permitieran identificar los aspectos positivos, las problemáticas

y las dinámicas de su comunidad para el reconocimiento de sus rasgos socioculturales. Todo orientado a tener una visión integral de su propia comunidad, de su organización y de su visión como pobladores del territorio.

El reto de conformar un equipo que viera la posibilidad de conectarse y contribuir en su comunidad se logró gracias al apoyo de la Corporación El Comienzo del Arco Iris quienes posibilitaron la convocatoria de 10 niños y jóvenes despertando una chispa de curiosidad que los motivó a cuestionar su realidad generando una esencia propia en el proyecto. Este equipo estuvo dispuesto a participar y hacer un trabajo en comunidad que sirviera como base para el empoderamiento y adquisición de habilidades.

Se realizó una descripción de las particularidades históricas, las trayectorias, las problemáticas y la visión a largo plazo de la comunidad de San Isidro.

A partir de la información recopilada en el diagnóstico comunitario participativo, se realizó una interpretación de la información, con el fin de realizar una caracterización a nivel social, demográfico, histórico y prospectivo⁷ de la Comunidad de San Isidro, entendiendo momentos coyunturales que permitan identificar las categorías centrales para la reflexión sobre la intervención institucional, la adaptación al territorio y la construcción de historias de vida.

La comunidad de San Isidro realizó una interpretación crítica de la experiencia de ocupación del territorio y del acompañamiento institucional que les permite dar sentido a sus historias de vida.

Se realizó la sistematización entendida como la interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de su ordenamiento

⁷ Entendida la prospección como el reconocimiento de las posibilidades y escenarios futuros que identifica la comunidad.

y reconstrucción, descubre o explica la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido, cómo se han relacionado entre sí y porqué lo han hecho de ese modo⁸. A partir del diagnóstico comunitario participativo se establecerán las categorías e intereses de la comunidad para la recuperación de su historia.

La reconstrucción de historias de vida parte desde las familias, si bien es el pilar fundamental para el desarrollo de la comunidad de San Isidro, prima el entendimiento de sus dinámicas sociales, de cómo han sido sus relaciones con el medio para generar nuevos vínculos que posibilitan una transformación constante, y como ha sido su transformación sociodemográfica desde la perspectiva de niñez, relaciones de parentesco, componente nuclear y estructural. Es así como la conformación territorial se ha establecido por familias provenientes de diferentes lugares del país, como Antioquia, Valle, Risaralda, Chocó entre otras, es por ello que sus dinámicas sociales de adaptación y convivencia son en su mayoría complejas, la territorialidad que se ha mantenido en San Isidro principalmente ha sido por familias migrantes específicamente por factores de violencias que permean a la misma comunidad.

Dentro de los testimonios compilados, algunas familias narran que aproximadamente llevan viviendo entre quince y veinte años en San Isidro, mientras que otras familias plantean que han permanecido toda su vida en la comunidad, lo cual, San Isidro se conformó hace 50 años, por otra parte se resalta la importancia de la Corporación sobre la vida de sus hijos, reconociendo nuevos espacios de aprendizaje, que a su vez alimentan el trabajo realizado con las madres de la comunidad, su independencia y solvencia económica para apoyar el sostenimiento de su hogar.

La Corporación Comienzo del Arcoíris lleva aproximadamente entre nueve y diez años; es por ello por lo que las historias de

⁸ JARA, Oscar. Tres posibilidades de sistematización: comprensión, aprendizaje y teorización. En: Aportes núm. 44 (sistematización de experiencias. Búsquedas recientes. Dimensión educativa, Colombia) 1994.

vida de los jóvenes serán en el rango de esta periodización hasta la actualidad 2019, más aún que se podrá constatar cuál ha sido el impacto de su realidad.

El análisis del contexto se realizó con la finalidad de enmarcar y entender la situación actual de la población, teniendo en cuenta las diferentes lecturas que se le hicieron a la comunidad para poder desarrollar la investigación en curso, pero a su vez generar nuevos interrogantes que den respuesta a las necesidades de la misma comunidad, sin embargo, es interesante resaltar que los contextos no son unívocos, al contrario, son cambiantes y por lo tanto no puede hacerse desde una única lectura.

Uno de los métodos utilizados para recopilar las experiencias de vida de los jóvenes de la comunidad fue a través de relatos, ya que se construye a partir de la memoria, reinversiones y proyecciones; van construyendo y reconstruyendo sentidos, entretejiendo sentimientos y datos, despertar recuerdos, momentos y espacios significativos de sus experiencias y vivencias, contratándola con la revisión fotográfica y de audios que se ha desarrollado durante la fase del proyecto en curso.

Cabe resaltar que los procesos ocurridos y los cambios que se empiezan a generar en los niños cuando inician por primera vez el proceso pedagógico son de impacto positivo; con pensamientos más construidos y elocuentes nutriendo no solo su vivencia, sino también su entorno, es así que a través de espacios de reflexión y meditación se van encontrando las realidades vividas, estableciéndose patrones reiterativos que convergen, lugares como el Caño, La loma, El Árbol del abuelo y demás; espacios socialmente construidos por los niños, lugares que les ofrecen tranquilidad, armonía, paz, amistad, compañerismo, felicidad y reconociéndose entre ellos como Familia, la Corporación ha impartido en los niños sentido de pertenencia por los lugares de su propia comunidad, generando otros espacios de interacción y construyendo nuevas identidades, re significando y convirtiendo esos lugares en espacios de aprendizajes.

Todo ello, trasladado a un línea temporal del pasado al presente, transmiten un sentido de continuidad, que ayuda a desarrollar la identidad y a adquirir el sentimiento de ser especial e irreplicable aunque hayan vivido en diferentes contextos y lugares: los recuerdos han podido variar en sus interpretaciones, los temas del pasado que se exploran ayudan a recordar, son muy similares a los que están viviendo en la actualidad: personas significativas, colegio, actividades y diversiones, preocupaciones o duelos. Por tanto, se empieza adquirir el futuro, partiendo de la comprensión de su historia pasada y del momento actual.

El objetivo es reducir la intranquilidad o incertidumbre en torno a su proyecto vital y ofrecerle una expectativa realista y positiva. Por ello es fundamental promover la participación e implicación en sus proyectos de futuro, de modo que tenga la información sobre todos los acontecimientos que van a suceder y le atañen.

“El proceso en la fundación es muy de uno mismo, le enseña cómo ser uno mismo, le abre el panorama global de lo que pasa en el mundo, mi inspiración son personas de la fundación porque lo construyen como ser humano. 27 de mayo de 2019 Testimonio Anónimo”

Evidenciando el papel de resistencia comunitaria que ha tomado la comunidad pues en sus acciones usan formas pacíficas de concebir el espacio pero por lo expresado por los habitantes con actos como los del desalojo de las invasiones se recurren a prácticas de violencia que atentan contra los derechos humanos al violentar y transgredir su bienestar; esto nos referencia las formas de re-existir en el territorio por parte de la comunidad para hacerse escuchar y no permitir que su voz colectiva quede en el olvido.

La conformación del territorio de San Isidro se ha caracterizado por el inicio de una espacialidad rural-urbana, donde los primeros asentamientos se dan por características

migratorias o por búsqueda de la apropiación del espacio. Se puede comparar cómo ha crecido notoriamente la población, de aquellas pocas casas y fincas que estaban allí se construyó un territorio con un sentido comunitario. Muestra de ello es la manera como se ven construidas las casas pues fluctúan en un mismo territorio entorno a unas transformaciones que se han venido dando con la llegada de actores y situaciones en la comunidad.

Los movimientos sociales que se han producido en San Isidro tienen una razón principal de ser. La constante vulneración de derechos fundamentales especialmente en los niños. Para observar de una manera organizada cada punto se realizó un análisis por medio de un cuadro titulado taxonomía de los movimientos sociales 2009- 2019 San Isidro, que clasifica la acción colectiva realizada en contraste con el año o los años en los que se efectuó. Este está basado en el análisis de la herramienta línea de la línea del tiempo.

El papel de las mujeres siempre está presente en todas sus acciones, puesto que en su mayor parte los liderazgos más destacados son por parte de las mujeres. Quienes han movilizad a la comunidad por diferentes medios. Las mujeres de este sector no solo han jugado un papel fundamental en su territorio, también a portan a la construcción de la ciudadanía. Muchas de ellas se encuentran en comunicación con organizaciones como el círculo de mujeres o la ruta pacífica.

El aporte de entidades privadas como Audifarma S.A y La Diputación de Jaén permite la financiación y el acompañamiento de proyectos gestados en la comunidad. Como lo fue el inicio del centro comunitario y el apoyo en toda su trayectoria y la fábrica de corte y confección Ama iris. y facilitando espacios que promueven el desarrollo económico y social.

La reconstrucción de historias de vida parte desde las familias, si bien es el pilar fundamental para el desarrollo de la comunidad

de San Isidro, prima el entendimiento de sus dinámicas sociales, de cómo han sido sus relaciones con el medio para generar nuevos vínculos que posibilitan una transformación constante, y como ha sido su transformación sociodemográfica desde la perspectiva de niñez, relaciones de parentesco, componente nuclear y estructural. Es así como la conformación territorial se ha establecido por familias provenientes de diferentes lugares del país, como Antioquia, Valle, Risaralda, Chocó entre otras, es por ello que sus dinámicas sociales de adaptación y convivencia son en su mayoría complejas, la territorialidad que se ha mantenido en San Isidro principalmente ha sido por familias migrantes específicamente por factores de violencias que permean a la misma comunidad.

Identidad

Dentro de los testimonios compilados, algunas familias narran que aproximadamente llevan viviendo entre quince y veinte años en San Isidro, mientras que otras familias plantean que han permanecido toda su vida en la comunidad, lo cual, San Isidro se conformó hace 50 años, por otra parte se resalta la importancia de la Corporación sobre la vida de sus hijos, reconociendo nuevos espacios de aprendizaje, que a su vez alimentan el trabajo realizado con las madres de la comunidad, su independencia y solvencia económica para apoyar el sostenimiento de su hogar.

Es así como los jóvenes reconocen que sus identidades también es la suma de referentes externos, donde tiene un lugar y espacio, respetando al otro, teniendo en cuenta que se trata de colectividades y no de individualidades. Por tanto, la identidad de los jóvenes de la Comunidad es reflejada a través de la labor desempeñada en compañía de la Corporación comienzo del Arco Iris, el fruto del ambiente construido por ellos y para ellos; llenos de ilusión por seguir construyendo sus historias de vida cargadas de esperanza, empeño y potencia, viendo los resultados logrados hasta el presente, con metas claras que alientan sus vidas.

El reconocimiento de los espacios por medio de historias, relatos, fotografías; han recreado el paso por la Corporación, también han podido desarrollar la aceptación y el establecimiento de nuevos vínculos, porque ayuda a entender que se puede querer a nuevas personas sin renunciar al amor que sienten por las que ya forman parte de su vida, es así que resaltan la participación de algunos facilitadores de la Corporación sobre sus vida así han podido desarrollar sus identidades, describiendo la relación con sus referentes principales en cada etapa de la vida, en un contexto de comunicación positiva y vinculación afectiva y así mismo tomar conciencia de otros vínculos afectivos del pasado. La identidad colectiva de compatibilidades se define por lugares que ocupa en el espacio social (Giménez, 2000: 70).

“Siempre recuerdo que salíamos a la calle a gritar y a cantar y después nos reposamos al caño y me bañaba, el cambio ha sido bastante grande, si bien ha sido por la Corporación, uno es construcción por todas las personas, y rodearse por personas nuevas de la Corporación la construcción es diferente, lo hacen ver cosas diferente, ver y sentir por la gente, sin esperar nada a cambio, que el bien sea trabajar colectivamente, mi inspiración son personas de la Corporación, es una montaña rusa de emociones, trabajando para que continúe el proceso de aprendizaje. 27 de mayo de 2019 Testimonio Anónimo”

Es así como los jóvenes reconocen que sus identidades también es la suma de referentes externos, donde tiene un lugar y espacio, respetando al otro, teniendo encuentra que se trata de colectividades y no de individualidades.

Así mismo el autor Hernández Oliva⁹ plantea que “lo largo de su vida los individuos van aprendiendo el bagaje cultural que requieren para vivir en sociedad, que incluye roles, actitudes, comportamientos proporcionados por los diferentes agentes de socialización, teniendo en los primeros años de vida a la familia —aunque hoy sea en forma parcial—, como el primer grupo

9 Mercado Maldonado, A., & Hernández Oliva, A. V. (2010). El proceso de construcción de la identidad colectiva. *Convergencia*, 17(53), 229-251

de referencia; posteriormente van apareciendo otros agentes — que actualmente han cobrado mayor importancia que la propia familia— como son la escuela, los medios de comunicación, en particular la televisión, los grupos de amigos, la religión, los clubes deportivos, etcétera. Así, a través de todos estos agentes, los individuos van adquiriendo un cúmulo de conocimientos necesarios para convivir con los integrantes de su grupo y con los otros.”

Por tanto, la identidad de los jóvenes de la Comunidad es reflejada a través de la labor desempeñada en compañía de la Corporación comienzo del Arco Iris, el fruto del ambiente construido por ellos y para ellos; llenos de ilusión por seguir construyendo sus historias de vida cargadas de esperanza, empeño y potencia, viendo los resultados logrados hasta el presente, con metas claras que alientan sus vidas.

Generando cambios contundentes y positivos, resaltan la Corporación como generador de aprendizajes, como agente transformador de conocimiento, en el cual siempre han encontrado un impulso que los motiva para seguir en continuidad con los procesos de formación.

Transformación sociodemográfica

La forma de relación de los jóvenes también implica la correspondencia con su entorno familiar, la participación dentro de la misma adquiriendo los roles establecidos y/o adscritos de su núcleo que a su vez incide involuntariamente dentro de los comportamientos para con los demás. En ese sentido las relaciones de parentesco influyen en su mayoría transformando sus experiencias, viendo la figura de autoridad y de proveeduría económica, la sumatoria de lo laboral y lo doméstico entrelazan la práctica de crianza y de socialización con sus hijos.

Sin embargo, la complejidad de esas relaciones va más allá del vínculo; también aflige las disputas porque trascienden en una complejidad continua, que hace que el comportamiento de los jóvenes sea desbocado sin tener una neutralidad, las cargas emocionales y las responsabilidades mal distribuidas dentro del núcleo de la familia, predomina principalmente en el quehacer de su vida cotidiana, así mismo se devela las incongruencias de cómo se proyectan a futuro.

También el drástico cambio que se ha dado paulatinamente dentro del núcleo familiar ha ido tomando fuerza en la medida en que no solo las proyecciones se han generado en los jóvenes, al contrario en las madres se han ocasionado transformaciones y nuevas proyecciones de vida, en cuanto a la sostenibilidad económica de sus hogares; La Corporación Comienzo del Arcoíris siendo una entidad que apoya a los jóvenes no deja a un lado la productividad, teniendo en cuenta mejorar las condiciones de vida para la comunidad, por ello inculca en las mujeres la autosuficiencia económica, con el apoyo del proyecto de confecciones y modistería elaborado por y para las madres de la comunidad, teniendo en cuenta que el bordado es una de las actividades económicas de Puerto Caldas- San Isidro.

Se ha irrumpido las formas tradicionales de llevar los roles de las mujeres principalmente, sumado a las tendencias de la economía, esto impone que la mujer no solo este destinada para el hogar; sino Que también inicie un estatus laboral, por lo que genera rupturas tradicionalistas que responsabilizan la continuidad del ser cuidadora de sus hijos dentro del hogar, de esta forma se da inicio a la democratización de la organización familiar

“La Corporación ha ayudado mucho a que los niños vean otros proyectos de vida, otro futuro, no siempre ver lo mismo, salir de la escuela y de una para el campo, porque ya no se puede trabajar por acá. La Corporación ha ayudado mucho a que los niños tengan una mejor visión y a que las mamás tengan otra visión de la vida, que

no estén con tanta dependencia del varón se les han ido inculcando muchas cosas como mujeres. 25 de mayo de 2019 Testimonio Anónimo”

Además es importante ampliar la perspectiva de familia que no solo ha sido construida desde la consanguinidad, es decir, madre y padre biológicos, sino que también ha sido cosechada en otros espacios; espacios que permiten fortalecer los lazos de afectividad entre los jóvenes de la comunidad, al mismo tiempo han podido identificar a la Corporación como familia, una familia que los apoya independiente de la situación en la que se encuentre, brindándoles diferentes oportunidades para que sigan creciendo a nivel Intelectual y personal, allí pudieron formar zonas de refugio, descanso y aislamiento. Sin embargo, estos espacios también han sido para gestar encuentros dialógicos, produciendo lenguaje de saberes que ayudan a que los jóvenes se sigan nutriendo de positivismo, un apoyo afectivo que les brindan los facilitadores (Docentes) de la Corporación que inciden en el pleno desarrollo de su salud emocional, haciéndoles comprender que existe una complicidad, cercanía y respeto que va más allá de la línea docente-estudiante.

Territorialidad

Por su parte desde la perspectiva de identidad se vincula directamente a la configuración de escenarios, haciendo parte de la historia, entendiendo que son proyecciones más allá de la vida misma que dan lugar a sus historias, lugares con la significación de seguir construyendo nuevos conocimientos, espacios socialmente construidos que los acogen y cobijan de las dimensiones realistas a las que están familiarizados.

Sobresalen los valores morales que siempre son transmitidos por la Institucionalidad que los permea; cambiando de esa forma el hábito de vida, forma de pensar, sentir y actuar frente a las realidades, tomando postura crítica sobre las diferentes

perspectivas de la vida, creando su caparazón de coraje y valentía frente a la lucha constante por salir de la zona de conformidad a la cual han sido sumergidos la mayor parte de su vivir.

Es así que el autor Mario Sosa plantea que cuando se habla de espacio, como categoría puede llegar a ser sinónimo de territorio, porque se construye socialmente y es transformado cotidianamente en los procesos de vida y de producción y reproducción social, en la medida en que los jóvenes convierten y hacen la salvedad de los lugares significativos, representándolos por las diferentes cargas simbólicas que emanan sobre sus experiencias, nuevas territorialidades como la loma, el caño, el árbol del abuelo llenos de mitologías que trascienden de generación en generación y se van transformando aquellos pensamientos estáticos por imaginarios llenos de color, armonía y paz porque se desenvuelven con felicidad y plenitud.

Territorio por tanto han sido las diferentes estructuras que se negocian al fragor de las relaciones sociales, marco en el cual los actores o sujetos lo construyen combinando las representaciones que se adquieran sobre el territorio y la relación directa o indirecta que puedan llegar a desarrollar sobre él. Es así que la influencia de la Corporación sobre sus maneras de plantearse ha sido significativa, en el desarrollo a largo plazo de sus metas propuestas y proyectos de vida, haciendo de su realidad algo cambiante para seguir creciendo en sus diferentes ámbitos social y cultural.

Institucionalidad

En la línea de Educación la Corporación Al Comienzo del Arco Iris, trabaja tres sub-líneas principales, refuerzo escolar, escuela para la vida y psicología, fortaleciendo las capacidades de los niños, y generando espacios de estimulación, formación y lectura para los niños de la comunidad, también promueve el programa de derechos sexuales y reproductivos, inculcando la importancia del cuerpo, acompañando los diferentes espacios que brinda la Corporación.

La segunda línea es la de Cultura; en ella los programas focales son Música, Artes Plásticas, Teatro, Danza, Fotografía, en el fomentan la participación y el libre desarrollo a la expresión, generando al mismo tiempo espacios de reflexión, interpretación, creación y reflexión artística para poder generar en los niños/ jóvenes de la comunidad pensamiento crítico y la representación de las situaciones socioculturales, económicas y políticas de sus cotidianidades. Por último, está la línea de proyectos productivos (Economía Solidaria); en él se trabaja las confecciones este sueño busca generar oportunidades de empleo para las madres, víctimas del conflicto y demás personas que viven en la vereda de San Isidro, además es una iniciativa que permite dar sostenibilidad y mayor cobertura al proceso educativo, cultural y nutricional que ofrece la Corporación.

Para poder captar bien las diferentes formas de organización que son importantes para los hogares, se habla entonces de las prácticas organizativas que se Relacionan con las distintas acciones y estrategias que siguen las personas para poder desarrollar su subsistencia cotidiana y otros proyectos de vida.

Conclusiones

El papel de los aliados es fundamental para el crecimiento de los procesos educativos y culturales enfocado desde los diferentes puntos de atención. Las vivencias, los aprendizajes técnicos y la visibilización frente a la urbe. Generan una población más capacitada para enfrentarse a los retos de la vida moderna sin perder de vista sus objetivos e identidades.

Un claro ejemplo de lo que puede producir el esfuerzo colectivo es la corporación El Comienzo Del Arco Iris producto del trabajo mancomunado de los grupos sociales autóctonos de San Isidro y entidades independientes que se unieron a su causa. En la actualidad se constituye como un espacio de crecimiento y punto de referencia de los proyectos en gesta, tanto educativos como productivos.

El arte y la cultura se han proyectado a través de los diferentes programas brindados apoya a la transformación de los esquemas mentales de los niños y niñas que allí frecuentan y los cuales su foco principal de atención durante estos 10 años. Esto les brinda unas alternativas de vida, que los hacen destacar por su sensibilidad y creatividad. Herramientas que les sirven para enfrentarse a las duras situaciones del diario vivir.

Los líderes sociales han sido un elemento clave para la movilización de ideales que sensibilizan a la comunidad sobre sus falencias. Dichos agentes sociales construyen colectivamente acciones simbólicas que funcionan como medios de reclamación y protesta como el Trota Tour, El Bacenillazo, 100 años de soledad y olvido. Y muchos otros procesos para la gestión de recursos y de soluciones antes las problemáticas. Que no se quedan solo en una respuesta inmediateista si no que se aseguran de que corresponda a sus cualidades. El papel de la mujer en San Isidro es de gran relevancia porque el reconocimiento de su potencial productivo les confiere autonomía en la toma de decisiones. Por ejemplo, el taller de corte y confección ha permitido que se integren al mundo laboral, y que gran parte de las movilizaciones hayan sido impulsadas por ellas.

En cuanto a la participación política se pudo observar la necesidad de mayor fortalecimiento de la JAC y potenciación con grupos juveniles, que permitan identificar necesidades y ejecutar propuestas entorno a la vereda. Pese a esta carencia se puede evidenciar Las acciones sociales han posibilitado el reconocimiento y apreciación de los derechos humanos y del impacto social que tiene el trabajo colectivo.

Se pudo encontrar que la población de San Isidro presenta una movilidad permanente y poca estabilidad de está creando una dificultad para el crecimiento y desarrollo de los procesos, aunque se muestran en una gran parte receptivos ante las ideas propuestas por los diferentes líderes y aliados.

Para el Semillero de Investigación, ha sido un espacio de aprendizaje la construcción colectiva con el otro, donde la sistematización entendida como la interpretación crítica de una o varias experiencias, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explica la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido, cómo se han relacionado entre sí y por qué lo han hecho de ese modo, ha permitido orientar a la comunidad de San Isidro en el reconocimiento de sus experiencias significativas que se convierten en identidades vinculadas a sus territorios.

A partir del diagnóstico comunitario participativo se establecieron las categorías e intereses de la comunidad para la recuperación de sus historias. Logrando así la caracterización de la población desde una mirada social, demográfica, histórica y prospectiva de la comunidad. Por ello la implementación de las diferentes técnicas sociales en la comunidad llevó a entender al grupo de investigación SIFEC los cambios tan significativos tuvieron los jóvenes, con apoyos como les brinda la Corporación De Comienzo del Arco Iris y la disponibilidad de los chicos por hacer parte de los procesos sociales que llegan a su comunidad, con ello se han podido enriquecer y empoderar de diferentes herramientas para su vida cotidiana.

El aprendizaje no solo se fomentó en una sola dirección, comprendiendo así que la educación es en doble sentido entretejiendo las enseñanzas a través de las diferentes experiencias de vida, así individualmente se re- construye un trabajo en comunidad.

Las relaciones tejidas en cada actividad fueron fundamentales a la hora de entender las dinámicas sociales que se gestan en la comunidad de San isidro, ya que son los jóvenes y actores quienes han logrado empoderarse del proceso de transformación que quiere lograr la comunidad, desde sus relatos y saberes propios se pudo encontrar que han logrado unir esfuerzos para seguir soñando, construyendo y re- existiendo en la sociedad, la

motivación, el compromiso, la fuerza, tenacidad, fe y esperanza, son algunos elementos que día a día se siguen laborando en el territorio porque con ellos cada día ven siempre El comienzo del Arco Iris.

Desde la acciones y roles que desempeñan los actores de esta comunidad se sigue caminando en un andar de experiencias, cada uno visiona un futuro diferente para su territorio, pero a la hora de contrastar esas visiones, se difuminan en una sola, como un tejido que se articula para hacerse más fuerte, La comunidad de San Isidro continuará su camino de sueños que, aunque no es fácil, logran descifrar las adversidades y transformarlas en las más bonitas experiencias.

Desde el rol del Licenciado en Etnoeducación y Desarrollo Comunitario, el análisis del territorio y el contexto se vuelven un foco de atención, ya que mediante ellos se genera una cercanía con la comunidad. Que permite realizar unas interpretaciones coherentes con su realidad social. La producción de conocimiento en contexto es fundamental para el crecimiento de las poblaciones en sus territorios. Posibilitar entonces que estas expresen y generen experiencias significativas, contribuye inmensamente en el campo de las ciencias sociales y ayuda a disminuir las grandes brechas sociales en las que se encuentran inmersos.

Es así como desde la experiencia investigativa se ve la importancia de articular la investigación como eje transversal en el ciclo de intervención profesional. La intervención entendida como proceso consciente, reflexivo, ético y político que asume a los seres humanos como sujetos sociales protagonistas en la construcción de sus historias integrando los contextos desde lo experiencial.

La Participación en un proceso de investigación permitió como profesionales avanzar en diversos aspectos de la intervención social, la cual fue abordada crítica y reflexivamente, posibilitando

la retroalimentación y el fortalecimiento de la vida académica, confrontando y llevando al campo los conocimientos teóricos y a la vez buscando nuevas alternativas de aprendizaje que apoyan y refuerzan los conocimientos adquirido.

Figura 10. *Equipo de investigación Semillero “Educación, Familia y Comunidad”*



Fotografía 5. Equipo de Investigación U.T.P (Corporación Comienzo del Arco Iris- San Isidro)

Fuente:

Como equipo de investigación y extensión se da un agradecimiento a la Comunidad de San Isidro y a la Corporación el Comienzo del Arco Iris, por permitir el espacio y la participación activa en este proceso.

Bibliografía

Fals Borda, Orlando, Orígenes universales y retos actuales de la IAP (Investigación Acción Participativa), Publicado en Análisis Político No. 38, septiembre/diciembre de 1999, pp. 71-88. Reproducido en el semanario Peripecias N.º 110 el 20 de agosto de 2008.

García, B., González, S., Quiroz, A., Velásquez, A., & Ghiso, A. M. (2002). Técnicas interactivas para la investigación social cualitativa. Medellín: FUNLAM.

Giménez, G. (1996). Territorio y cultura. Estudios sobre las culturas Contemporáneas, 2(4).

Íñiguez Rueda, Lupicinio, Movimientos sociales: conflicto, acción colectiva, cambio social, (2003) Psicología de la acción colectiva. Vázquez, f, Barcelona: EDIUOC

Jara, O. (2011). La sistematización de experiencias: aspectos teóricos y Metodológicos. Revista Decisio, 28.

Mercado Maldonado, A., & Hernández Oliva, A. V. (2010). El proceso de Construcción de la identidad colectiva. Convergencia, 17(53), 229-251. Padres y madres en cinco ciudades colombianas: cambios y Permanencias. Almudena, 2003.

Nuijten, M. (2002). El papel de las instituciones en Contextos locales. Revista de la CEPAL.

Sosa, M. (2012). ¿Cómo entender el territorio? Guatemala: Cara Parens. Appendini, K., &

7

**CAPÍTULO
SIETE**

Un instrumento para diagnosticar y
caracterizar lingüísticamente las afasias
en el contexto risaraldense

An instrument to diagnose and
linguistically characterize aphasias in
Risaralda context

María Gladys Agudelo Gil
Universidad Tecnológica de Pereira
magu@utp.edu.co

Luz Marina Henao Restrepo
Universidad Tecnológica de Pereira
luzmarh@utp.edu.co

Resumen

En nuestra cotidianidad solemos encontrar personas que ya han adquirido y desarrollado su capacidad de comprender y producir lenguaje articulado, pero la pierden tras sufrir lesiones en su área cerebral. Siendo perentorio entonces revisar, para el caso risaraldense, esta patología del lenguaje: Las afasias.

Así entonces, el propósito fue abordarlas a niveles contextual y teórico, para aportar un instrumento que permita diagnosticarlas y caracterizarlas desde el punto de vista lingüístico, dado el número considerable de hablante-oyentes que todavía en diferentes Centros hospitalarios del Departamento afrontan no solo esta dificultad de comunicación, también los traumas físicos y fisiológicos que les trajo consigo la lesión en su cerebro; y dado el número no menos importante de los que ya no frecuentan estos Centros, pues les dio por terminada su atención médica, pero tuvieron que llevar consigo su inhabilidad para comprender o producir lenguaje como una consecuencia de la lesión sufrida. Instrumento que se justifica en dos sentidos: diagnostica y caracteriza desde lo lingüístico la afasia sufrida y se constituye en punto de partida para el diseño de un plan de rehabilitación para cada caso.

A nivel teórico se incluyeron, entre otras, fuentes para definir las afasias (Barraquer, 1986); establecer relaciones entre pensamiento y lenguaje (Chomsky, 1976 y Vigotsky 1977, 1989); conocer teorías de correlación entre la ubicación de las lesiones cerebrales sufridas y las inhabilidades expresivas que estas conllevan (Broca, 1863; Wernicke, 1874; Luria, 1974; Llinás 1969, 2003); señalar dicotomías del lenguaje (Benson, 1992; Goodglass y Kaplan, 1974; Jakobson, 1974; Luria, 1971, 1984) y analizar las formas de reproducción de esta facultad (Weigl, 1986); revisar los modelos de exploración de trastornos del lenguaje (Azcoaga, 1981); conocer el enfoque neuropsicológico del diagnóstico del daño cerebral (Chirstensen, 1979; Luria, 1971, 1980, Ardila, 1981, 1992) y un modelo neurolingüístico (Luria, 1971, 1984); revisar

un modelo lingüístico (Jakobson, 1975) aplicable a un diagnóstico de este tipo de daño; revisar las alteraciones en los niveles de la lengua y en las funciones del lenguaje, para casos colombianos (Bustamante, Lopera y Rojas, 1987); conocer la elaboración y estandarización del test de Boston (Goodglass y Kaplan, 1974) e ir en pos de una clasificación de esta patología del lenguaje (Luria, 1974).

Después de este acercamiento contextual y teórico, se diseñó un instrumento denominado “Batería para el diagnóstico y la caracterización lingüística de las afasias en el departamento de Risaralda”, el cual consta de dos partes: la anamnesis y la prueba de desempeño en actuación lingüística, y se aplicó a 11 hablantes oyentes patológicos.

En la etapa de interpretación, después de aplicado el instrumento, se realizó un análisis cuantitativo (rendimiento deficitario en cada subproceso evaluado: expresión y comprensión verbal, almacenamiento de la expresión verbal y lenguaje reproducido) y un análisis cualitativo (subprocesos: conservados y alterados).

Finalmente se aportó para cada caso un diagnóstico, según los ámbitos valorados: el lingüístico (Nivel de la lengua afectado), el psicolingüístico (proceso psicolingüístico afectado) y el neurolingüístico (tipo de afasia encontrado), incluyendo precisiones para cada uno. De los casos valorados, 10 son afasias y 1 no.

Palabras clave: Modelos lingüísticos – Procesos psicolingüísticos – Comprensión verbal – Expresión verbal - Afasias

Abstract

In everyday life it is common to find people who have already acquired and developed their ability to understand and produce articulate language but lose it after suffering injuries to their brain area. Hence, it is peremptory to review, for Risaralda's case, this language pathology: aphasias.

Thus, the purpose was to address aphasias to contextual and theoretical levels in order to contribute with an instrument that allows the diagnosis and characterization from a linguistic point of view. This need arises from the high number of speakers and listeners, that even receiving treatment at the different Hospital Centers from the department, still suffer from this communication difficulty and the physical and physiological traumas that the brain injury brought to them. Besides, there are many people who no longer attend these Centers, as their medical care was terminated, but they still have to deal with their inability to understand or produce language as a consequence of the injury suffered. The instrument is justified in two senses: it diagnoses and characterizes the aphasia suffered from a linguistic perspective and it is the starting point for the design of a rehabilitation plan tailored for each case.

At a theoretical level, sources were included to define aphasias (Barraquer, 1986); establish relationships between thought and language (Chomsky, 1976 and Vigotsky 1977, 1989); know theories of correlation between the location of the brain injuries and the expressive disabilities that these entail (Broca, 1863; Wernicke, 1874; Luria, 1974; Llinás 1969, 2003); indicate the language dichotomies (Benson, 1992; Goodglass and Kaplan, 1974; Jakobson, 1974; Luria, 1971, 1984); analyze the forms of language reproduction (Weigl, 1986); review the exploration models for language disorders (Azcoaga, 1981); recognize the neuropsychological approach to the diagnosis of brain damage (Christensen, 1979; Luria, 1971, 1980, Ardila, 1981, 1992) and

a neurolinguistic model (Luria, 1971, 1984); revise a linguistic model (Jakobson, 1975) applicable to a diagnosis of this type of damage; inquiry about the alterations in language levels and language functions, for Colombian cases (Bustamante, Lopera & Rojas, 1987); know the elaboration and standardization of the Boston test (Goodglass and Kaplan, 1974), and go in search of a classification for this language pathology (Luria, 1974).

After the contextual and theoretical approach, an instrument named “Battery for the diagnosis and linguistic characterization of aphasias in the department of Risaralda” was designed. It consists of two parts: the anamnesis and the linguistic performance test, and it was applied to 11 pathological speakers and listeners.

In the interpretation phase, after applying the instrument, a quantitative analysis (deficient performance in each evaluated sub-process: verbal expression and comprehension, storage of verbal expression and reproduced language) and a qualitative analysis (sub-processes: conserved and altered) were done.

Finally, a diagnosis was provided for each case, according to the areas evaluated: linguistic (language level affected), psycholinguistic (psycholinguistic process affected) and neurolinguistic (type of aphasia found), including their respective details. Among the cases evaluated, 10 are aphasias and 1 is not.

Keywords: Linguistic models - Psycholinguistic processes - Verbal comprehension - Verbal expression - Aphasias

Introducción

El lenguaje es una facultad vital en la vida de los seres humanos por cuanto les permite realizarse a nivel personal, familiar, social, laboral, académico, entre otros ámbitos. Sin embargo, esta facultad, una vez adquirida y desarrollada puede perderse, sumiendo a las

personas, la mayoría de las veces, en la interrupción y retroceso de su ritmo de vida habitual y por supuesto de sus proyecciones y metas.

Esta pérdida, denominada afasia, es ocasionada por lesiones cerebrales que afectan las áreas encargadas de la producción y comprensión del lenguaje; lesiones provenientes del medio externo ocasionadas por accidentes o algunos actos de lesa humanidad, o provenientes del medio interno como los accidentes cerebro vasculares (ACV).

Este trabajo¹ se constituye entonces en un acercamiento teórico y metodológico a las afasias como patología del lenguaje, entendida como “Un déficit en la comunicación verbal resultante del daño cerebral” (Hécaen, 1977, tomado por Ardila, 2005, p.35). Es un asunto que cobra vigencia, por ser una consecuencia de trauma (causado por agente interno o externo al cerebro) al cual ninguna edad, condición, ni género escapa, y se incluye dentro de una preocupación integral por el Lenguaje, reconociendo su doble función: Cognitiva (Chomsky, 1977) y comunicativa (Halliday, 1978), funciones necesarias para que el ser humano sea humano, como lo afirma Heidegger (retomado por Conesa y Nubiola, 1999): “El hombre es, a diferencia de la planta y la bestia, el ser vivo capaz de hablar [...] Es el propio lenguaje lo que hace al hombre capaz de ser el ser vivo que es en tanto que hombre” (1959).

Se llevó a cabo la investigación focalizada en los pacientes atendidos por una de las entidades de salud, de gran trayectoria en la ciudad de Pereira. Esta entidad, que no viene al caso mencionar, atiende a pacientes que han sufrido lesiones cerebrales por causas internas o externas, en todo lo relacionado con su salud física, neurológica y fisiológica, hasta que el paciente logre una estabilidad o un bienestar aceptables; pero las alteraciones de

1 Investigación denominada “Evaluación y rehabilitación de las afasias desde una perspectiva lingüística en el departamento de Risaralda”.

su lenguaje (producción y comprensión) son una dificultad que persiste y se la debe llevar consigo, repercutiendo negativamente en sus entornos más inmediatos.

Situación que se replica en otras entidades de la ciudad, en pacientes que acuden a ellas con un ACV o cualquier otro tipo de lesión cerebral. Es usual entonces, en nuestra cotidianidad, encontrar hombres o mujeres, niños o adultos, alfabetizados o no alfabetizados, padeciendo casos de afasia; desvinculados de sus entornos familiar y social, y en el caso de los adultos, del laboral, y lo que es peor, sin ninguna alternativa o posibilidad de rehabilitación o de recuperación de su facultad perdida: la producción o la comprensión del lenguaje.

Cabe anotar que en el contexto clínico se nombran *pacientes* a los usuarios del servicio médico, en este caso, a quienes después de haber sufrido una lesión cerebral, hayan quedado con alguna alteración en la comprensión y producción de su lenguaje; pero en el contexto lingüístico el término utilizado es hablante-oyente y en este caso no es el ideal como el señalado por Chomsky (1976) sino el patológico, por la alteración de su lenguaje a consecuencia de dicha lesión cerebral. Por lo tanto, en adelante, no se hará referencia a los pacientes, sino a los hablante-oyente patológicos, denominación que se abreviará así: H-OP.

Por lo anteriormente expuesto, es evidente la necesidad, para la ciudad y por extensión para la región, de un Instrumento que permita: a) Diagnosticar las afasias, pues no en todos los casos la pérdida de la capacidad de producir o comprender lenguaje se cataloga como afasia. b) Caracterizar lingüísticamente la afasia sufrida por determinado H-OP. c) Tener una base que permita establecer un plan de rehabilitación para el H-OP, de acuerdo con la dificultad presentada (nivel del lenguaje alterado, ya en su producción, ya en su comprensión).

Planteamiento del problema y justificación

En nuestra cotidianidad hay preocupación por las dificultades tomadas como retraso normal en el aprendizaje de la lectura, de la escritura, y aun por las que puede presentar un niño en su adquisición y desarrollo del lenguaje. Dificultades atendidas por logopedas, fonoaudiólogos, fonetistas, psicólogos, profesores y hasta padres de familia.

Ahora bien, el haber adquirido y desarrollado el lenguaje no garantiza que nos acompañe siempre, pues una lesión cerebral (por causa interna o externa) puede ocasionar daños parciales o totales en las áreas encargadas de la comprensión y la producción de este, arrojando así una expresión oral confusa, frenada, poco fluida, y a veces agramatical; o una comprensión muy limitada de lo que se escucha. Las lesiones cerebrales también comprometen la lectura (produciendo alexia) y la escritura (produciendo agrafia), así su aprendizaje hubiera tenido niveles adecuados de realización.

Hay un número considerable de casos de hablante-oyentes del Departamento de Risaralda, que es relegado tanto familiar, como social y laboralmente, porque ha disminuido o perdido su capacidad de producción y comprensión de lenguaje, por las razones ya mencionadas. Además, no cuenta con la atención médica o profesional en materia de rehabilitación y terapia de lenguaje, que le permita retomar sus roles.

Así, dada la relevancia del lenguaje en la vida humana, y dada esta situación específica de casos ubicados en el departamento de Risaralda, que se pueden hacer extensivos a muchos otros, similares, la intención con este proyecto es abordar tal alteración con un riguroso grado de científicidad y proponer una batería o un instrumento que permita caracterizarlas desde una perspectiva lingüística en el contexto Risaraldense. De esta manera tanto el abordaje como el instrumento de evaluación del lenguaje serán un gran apoyo para Entidades de Salud y profesionales que se

ocupan del diagnóstico de las diferentes patologías del lenguaje. Además, por el énfasis en lo lingüístico, se constituye en un punto de partida, para que especialistas del ramo busquen alternativas de rehabilitación para cada caso.

Objetivos

Objetivo general

Abordar las afasias como patología del lenguaje, tanto a nivel teórico como contextual, caso Risaralda, con proyecciones de posibilitar su diagnóstico, como base para el diseño de planes de rehabilitación.

Objetivos específicos

Identificar algunos casos de hablante-oyentes patológicos y su entorno personal, social y de atención hospitalaria para su dificultad comunicativa.

Aportar un instrumento al contexto risaraldense en particular, y colombiano en general, que permita el diagnóstico de las afasias, y su caracterización, desde el punto de vista lingüístico.

Referente teórico

Dado nuestro interés por el papel fundamental que cumple el lenguaje en la vida del ser humano, la evolución que han tenido sus abordajes en relación con los procesos de producción y comprensión por parte de los hablante-oyentes, y la preocupación que hay cuando este lenguaje es alterado después de haber sufrido lesiones en las áreas cerebrales encargadas de esta función, en este proyecto se abordaron asuntos que permitieran entender desde el punto de vista teórico qué está sucediendo cuando una persona que sufre una lesión cerebral produce enunciados visiblemente agramaticales o no comprende enunciados; asuntos a los cuales se hace breve referencia a continuación.

Ubicación de los estudios del lenguaje como ciencia

Fueron varios los interrogantes que llevaron a la formulación de teorías surgidas en el s. XX, dándole un estatus de cientificidad a los estudios del lenguaje, un paso de lo estructural o formal a un interés por el uso, y en forma consecuente, la oración como unidad de análisis en un primer momento, desplazada por el texto, en un momento actual.

El estudio del lenguaje alcanzó cientificidad en el siglo XX, con Ferdinand De Saussure (1913), quien teorizó acerca de cómo es la lengua, y con Noam Chomsky (1976) a quien le interesó saber cómo es posible que un hablante oyente produzca y comprenda enunciados. De Saussure proporcionó una mirada estructural a la lengua, pues señaló cómo está constituida (a través de sus dicotomías: lengua/habla, paradigma/sintagma, significante/significado; e hizo referencia a sus niveles: fonético, fonológico, morfológico, sintáctico y semántico). Y Chomsky centró su análisis en el sistema (competencia) más que en el uso (actuación) de la lengua, avanzando con su interés hacia quien produce dichos enunciados: qué intencionalidades tiene, qué necesidades de comunicación, qué conocimientos yacen en su intelecto (estructura profunda), antes de comunicarlos a través de enunciados bajo la forma de estructuras gramaticales (estructura superficial) correspondientes a la lengua que elige para comunicarse (materna o segunda lengua). Con estas dos alusiones teóricas se aprecia un paso de lo lingüístico (con De Saussure) a lo psicolingüístico (con Chomsky), por el evidente interés en esta última, de revisar qué sucede en el intelecto del hablante en relación con su lengua, o establecer la relación entre actividad mental y lengua, como sistema de signos que ayudan a constituir un mensaje.

A partir de los años 60, los estudios del lenguaje toman un nuevo giro, concibiendo la posibilidad de estudiar su uso, conscientes de sus condiciones asistemática, heterogénea e

individual, contrarias a las que había optado por estudiar el estructuralismo. Aparecen una serie de disciplinas cuyos objetos de estudio se centran en el lenguaje en su relación con aspectos biológicos y sociales del hombre (la antropología lingüística), con las costumbres y tradiciones de los pueblos (la etnografía de la comunicación), con la sociedad (la sociolingüística), con su uso (la pragmática), con su puesta en escena en el texto (el análisis del discurso), con una unidad de análisis que supera a la oración (la lingüística textual) en tanto unidad de análisis, y con el cerebro (la neurolingüística), como posibilitador principal de la comprensión y producción del lenguaje.

Concepto de afasias

El estudio sistemático de la afasia se inició hace más de un siglo y actualmente ha adquirido un gran significado, al grado de que muchos investigadores la consideran como una rama independiente del conocimiento: la afasiología.

Afasia significa sin lenguaje (del griego *a*: negación, y *phasis*: lenguaje). Algunos autores han considerado que la afasia afecta fundamentalmente el intelecto o la formulación y expresión simbólicas (Marie, 1969; Head 1926), mientras que para otros autores las alteraciones de otras funciones psicológicas no tienen ninguna relación con la afasia (Geschwind, 1966; Benton, 1971).

Bein y Ovcharova (1970) definen la afasia como una alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje; Hécaen (1977) como un déficit en la comunicación verbal resultante del daño cerebral; Benson (1979) como un trastorno en el lenguaje causado por un daño cerebral, y Kertesz (1985) como una pérdida adquirida del lenguaje como resultado de algún daño cerebral, caracterizada por errores en la producción, fallas en la comprensión y dificultades para hallar las palabras.

Afasia se refiere, en consecuencia, a un trastorno del lenguaje que se debe a un daño cerebral localizado, el cual puede dar lugar a problemas a la hora de comprender y/o generar formas lingüísticas

Enfoques que explican los mecanismos cerebrales del lenguaje

Las relaciones del cerebro y del lenguaje tuvieron una orientación científica desde las descripciones sustentadas de Pierre Paúl Broca en 1861. Desde entonces este tipo de acercamientos han tomado desarrollos y enfoques que dan una imagen real y sugestiva de dichos mecanismos, presentándose, a lo largo del estudio de estos fenómenos, periodos destacados como los que se esbozan a continuación, siendo claves para entender la tipología de las afasias, pues se relacionan e implican directamente.

Localizacionismo

Pierre Paúl Broca (1824-1880) relacionó la pérdida de la palabra de uno de sus pacientes, con el reblandecimiento y la destrucción parcial del lóbulo frontal izquierdo (1861). En 1865 situó como centro del lenguaje articulado, la parte posterior del tercer giro frontal, y definió como características clínicas de la afonía, conocida hoy como afasia motora o afasia de Broca, la pérdida de la palabra sin parálisis de los músculos de la articulación y sin trastornos de la inteligencia.

Asociacionismo

Karl Wernicke (1874) supuso la existencia de un área cerebral para la elaboración del lenguaje, mucho más amplia que la descrita por Broca, y comprendía la corteza alrededor de la fisura de Silvio, entre el tercer giro frontal y el primero temporal, incluida la corteza de la ínsula. En su funcionalidad, el tercer giro frontal es motor con representación de los movimientos del habla y la zona temporal es sensitiva con el centro de las imágenes sonoras de las

palabras. A diferencia de los pacientes de Broca, los de Wernicke tenían muchas palabras, pero, estas eran a menudo anormales e inadecuadamente utilizadas, y la lesión no comprometía el lóbulo frontal sino el primer giro temporal.

Holismo

A las interpretaciones localizacionista y asociacionista que identifican áreas corticales o centros con funciones propias independientes asociadas por vías nerviosas definidas, se opuso la interpretación holística de las funciones del cerebro, según la cual, este funciona como un todo integrado. El inglés John Hughlings Jackson es un destacado representante de esta tendencia. Basó sus críticas en los aspectos psicológicos y dinámicos del lenguaje, iniciando un enfoque diferente en la problemática de la afasia. Consideraba el lenguaje, no como el funcionamiento de zonas restringidas del cerebro, sino de su totalidad, y a la afasia, como manifestación de un déficit intelectual resultante de la lesión cerebral.

Sistemas funcionales complejos

Para el periodo moderno (1945-1975) se incrementaron los procesos de diagnóstico y rehabilitación en afásicos. Alexander R. Luria (1979) adoptó un punto de vista intermedio entre el localizacionismo y el antilocalizacionismo señalando que los procesos psicológicos representan sistemas funcionales complejos, que requieren de muchos eslabones diferentes para su normal realización. Surge así, la teoría de los sistemas funcionales complejos, desarrollada en Rusia por Vigotsky y sus discípulos. De acuerdo con estas teorías, las funciones mentales como sistemas funcionales complejos, no pueden localizarse en zonas restringidas del córtex en grupos celulares aislados, sino que están organizadas en sistemas de zonas que trabajan concertadamente, cada una de las cuales ejerce su papel dentro del sistema funcional complejo, y pueden estar situadas a menudo muy distantes en el cerebro (Luria, 1979).

Neosociacionismo

Norman Geschwind y la escuela de Boston (1966) han replanteado el aporte de Wernicke en relación con la idea de conexión entre los centros auditivos y expresivos en un enfoque neosociacionista. Dentro del concepto de síndrome de desconexión, Geschwind (1974) intenta definir la identidad funcional de zonas de la corteza que normalmente están unidas por fascículos nerviosos definidos, mediante el análisis comportamental luego de la destrucción de estas uniones, que normalmente hacen parte de la sustancia blanca del hemisferio; considera como el más significativo aporte de Wernicke su idea de conexión entre el área de Wernicke y el área de Broca. Aunque solo fue postulado teóricamente por Wernicke, la realidad anatómica de esta asociación ha sido asimilada a las fibras externas del fascículo longitudinal superior con el nombre de fascículo arqueado, y su destrucción sería determinante de la llamada afasia de conducción.

La escuela de Boston, por ejemplo, destaca fuera del neosociacionismo de N. Geschwind, el descriptivismo o empirismo de F. Benson, el evolucionismo de J. Brown y la anatomo-clínica de A. Kerstetz, entre otras posturas que identifican la relación entre el cerebro y el lenguaje.

Barraquer Borda recuerda que la neurolingüística fue inaugurada en 1939 en la Salpetriere, cuando Th Alajouanine llevó a cabo el estudio del síndrome de desconexión fonética con la lingüista Mlle Durand y el psicólogo Ombredanne (1976). Además, son muchos los lingüistas interesados en la relación cerebro-lenguaje y algunos han hecho aportes importantes a este estudio como E. Lenenberg y H Buckimham en los EE. UU, A. Martinet y R. Jakobson en Europa.

Según el neurólogo J. Bustamante “el estudio neurofisiológico de zonas restringidas de la corteza cerebral, ha rendido pocos

frutos hasta el presente, desde el punto de vista del análisis del comportamiento. Considera que más fructífero ha sido el método anatomo- clínico que describe los cambios de conducta luego de una lesión definida en el cerebro, o el método experimental, basado en la estimulación y/o en la ablación de determinada estructura” (1997 p.87).

Se considera con Luis Barraquer Borda y Gainotti que la afasiología actual conoce varias líneas de cultivo, subrayando la primacía de la línea neurolingüística porque fusiona lo lingüístico y lo neurológico; se convierte en un lugar de convergencia porque permite análisis desde diferentes ópticas. Así, el aporte de Luria a la neuropsicología y a la neurolingüística nos permite dar cuenta de los mecanismos neurológicos y los procesos psicológicos del lenguaje, sobre todo porque este neuropsicólogo es quien más ha insistido en el acercamiento de la afasiología a la lingüística y, con el lingüista Roman Jakobson, propuso una tipología lingüística de afasias popularizada por K. Pribram, que relaciona la codificación y la decodificación del lenguaje con las áreas posterior-anterior de la corteza cerebral.

Neurólogos y Psicólogos se acercan cada día más al rigor de la metodología de la lingüística, sin la cual no podrían conocer la estructura, el funcionamiento y las funciones del lenguaje, su naturaleza, adquisición, desarrollo y desintegración, por ello se hizo un acercamiento a modelos que nos ayudan a comprender esta metodología.

Modelos de formación de estructuras lingüísticas:

Se presentan brevemente, en este apartado, aportes de Jakobson (1967), Chomsky (1976) y Luría (1980), quienes pensaron modelos lingüísticos que fundamentan y explican la comprensión y producción de lenguaje, procesos clave en el abordaje de las realizaciones lingüísticas de los H-OP.

Modelos lingüísticos

Roman Jakobson fue el primer lingüista que se ocupó del estudio de las alteraciones del lenguaje, ocasionadas por lesiones cerebrales y de trazar fundamentos teóricos para su interpretación desde el punto de vista lingüístico; influido por el modelo “sindrómico- sistemático” de Luria, planteó su hipótesis básica en una serie de trabajos publicados de 1955 a 1966, según los cuales todas las formas de alteración del lenguaje por lesiones cerebrales focalizadas pueden dividirse en dos grandes clases: Alteraciones de la organización sintagmática del lenguaje y Alteración de la organización paradigmática del lenguaje. En otros términos: tres tipos de afasia (eferente, dinámica y aferente) se caracterizan por trastorno de la contigüidad con deterioro del contexto. Otros tres tipos (sensorial, semántico y amnésico) revelan trastornos de la semejanza con desarreglo del código. Considerados en términos de comportamiento verbal, esos dos mismos grupos se oponen entre sí, como perturbaciones de la codificación y perturbaciones de la decodificación.

Así, una manera de analizar las relaciones entre estructura y funcionamiento es precisada por lo que Jakobson (1967) llamó “el doble carácter del lenguaje”, donde hablar supone seleccionar determinadas unidades lingüísticas y combinarlas en un nivel de complejidad mayor. Todo signo lingüístico se dispone de acuerdo con estas dos operaciones: la combinación de relaciones sintagmáticas y la selección de relaciones paradigmáticas y serán los dos modos posibles de generar todo discurso.

Luria (1980) en una de sus obras maduras del final de su vida, considera que el paso decisivo de la lingüística contemporánea: la gramática generativa transformacional de Noam Chomsky ha descubierto nuevos caminos, antes imperceptibles, hacia el análisis científico de las etapas del paso del pensamiento al habla exterior. La teoría de Chomsky (1976), aludido por Luria, es la Estándar, cuyo principio básico dice que las estructuras

profundas de la competencia lingüística se transforman en las estructuras superficiales de la actuación. Esta teoría relaciona los niveles de la lengua en tanto que los componentes fonológico y semántico son interpretativos de la información sintáctica, de tal manera que podría, no solo referirse a estructuras de la lengua, sino también a su funcionamiento; pero, Chomsky insiste en que las gramáticas como teorías de la lengua son hipótesis sobre la estructura lingüística y no sobre los procesos lingüísticos. Una gramática caracteriza en forma abstracta e idealizada el conocimiento intuitivo que posibilita la actuación lingüística pero no los mecanismos en los que se realiza.

Modelos neuropsicolingüísticos

Ni la lingüística, ni la psicología, ni la neurología disponen de métodos propios que permitan distinguir, independientemente, los componentes (y sus relaciones) de la producción, comprensión, almacenamiento, reproducción y desintegración del lenguaje. En conjunto, a la neuropsicolingüística le han interesado esos procesos y mecanismos implicados en el uso del lenguaje.

Los test psicológicos, en general, evalúan procesos intrapsíquicos, inconscientes, que hablan de la dinámica de la personalidad. La evaluación neuropsicológica en cambio trata de calificar el defecto y destacar los factores que le sirven de base. La neuropsicología cognitiva a partir de cuatro supuestos, según Valle Arroyo (1992), pretende solucionar los problemas residuales de la neuropsicología clásica; se centra en el método de “caso único” para la observación de la disociación funcional intrasubjetiva. Considera dos niveles de actividad mental: el neurofuncional y el cognitivo en una relación de correspondencia compleja, en la cual los componentes de la red neuronal trabajan al servicio de los diferentes componentes de la función cognitiva.

A partir de Luria (1980), sabemos que el cerebro humano representa un sistema funcional complejo que trabaja con la

participación permanente de “tres bloques fundamentales”, por lo menos. El primero asegura la vigilia de la corteza y posibilita la realización en el tiempo de formas selectivas de actividad; el segundo se ocupa de la recepción, elaboración y almacenamiento de la información; y el tercero cuida de la programación, regulación y control de la actividad que se realiza. De tal manera que, continúa el autor, cada acto de conducta (una acción orientada hacia un objetivo, un proceso de percepción, de acuerdo o de pensamiento) se fundamenta en el trabajo conjunto de estos tres bloques funcionales, donde cada uno apropia y contribuye al proceso necesario o pedido. Estos hechos se evidencian en los análisis sistemáticos de los cambios psíquicos producidos por lesiones cerebrales.

Utilizando el método neuropsicológico en el análisis de los procesos psíquicos, Luria y sus colaboradores lograron acercarse a los procesos psicolingüísticos, relacionando sus etapas con sistemas cerebrales, precisando cómo cambia la estructura de la actividad verbal en pacientes con lesiones cerebrales locales, lo cual se precisa a continuación.

Proceso de comprensión

En el paso de la palabra al pensamiento o “decodificación”, se dan las siguientes etapas (De Vega y Cuetos, 1999, p. 26):

- Análisis de los estímulos físicos que llegan a los sistemas sensoriales e identificación de las unidades lingüísticas básicas (fonemas o grafemas)
- Reconocimiento de palabras consultando el almacén de memoria en el que se encuentran las representaciones (léxico mental)
- Reconocimiento de la relación de las palabras entre sí.
- Extracción del mensaje de la oración e integración con los conocimientos previos.

Las alteraciones de la comprensión verbal son múltiples y se deben a múltiples localizaciones de lesiones: en la afasia sensorial, de Wernicke, o acústico agnósica, existen compromisos del lóbulo temporal; en la afasia semántica, lesiones parieto-occipitales. Se hace necesario puntualizar, además, alteraciones en pacientes con lesiones frontales masivas; existen sospechas de alteraciones de este “aparato paradigmático” en la afasia motora eferente.

Proceso de producción

En el caso de la expresión verbal o codificación, el paso del pensamiento al habla exterior comporta varios eslabones. Es una producción donde intervienen procesos análogos a los de la comprensión pero que operan en orden inverso, pues aquí el hablante (De Vega y Cuetos, 1999, p. 27):

- Tiene una intención comunicativa
- Planifica el mensaje que pretende transmitir activando algunos de sus conocimientos
- Selecciona la estructura sintáctica más adecuada para expresar el mensaje
- Selecciona en su léxico mental las palabras que mejor encajan en la estructura
- Ejecuta los programas motores destinados a producir los fonemas

Las alteraciones de este “aparato sintagmático”, como dice Luria, serían producidas, neurolingüísticamente hablando, por lesiones en el lóbulo frontal, zona de Broca, en correlación con el test de Boston. Si la lesión se localiza en las áreas anteriores del lóbulo frontal, produciría la afasia dinámica motora transcortical, según el test de Boston, que se caracteriza fundamentalmente por la falta de iniciativa en el proceso comunicativo, fase de habla interna.

Proceso de almacenamiento

Se entiende por memoria, según Ardila (1985), la conservación de la información; es guardar y tener la información disponible una vez que la señal, o su acción han desaparecido. Este neuropsicólogo colombiano, discípulo de Luria, actual colaborador de la Escuela de Boston distingue tres fases de la memoria:

- Una de retención o registro, en la cual el sujeto recibe la información.

- Una de almacenamiento o de conservación de la información.

- Una última de evocación o de recuperación de las huellas de la memoria.

Señala cómo las teorías activas del olvido insisten en que este es un problema de evocación y las teorías pasivas del olvido insisten en que hay desgaste de las huellas de la memoria, o sea, del almacenamiento, de la conservación de la huella de la memoria, como consecuencia del paso del tiempo. En relación con las afasias amnésicas, menciona la afasia acústica amnésica, que sería un tipo de afasia específica, un problema de almacenamiento: se olvidan las palabras, se olvida la estructura fonológica de las palabras y la secuencia de los sonidos que constituyen una palabra. Mientras que, en la otra forma de afasia amnésica, en la anómica, el problema no es que la huella de memoria se haya perdido, sino que no es posible recuperarla; es un problema de evocación, porque la huella se hace inaccesible. Si se le presenta al paciente la figura de un objeto, este no es capaz de pronunciar la palabra correspondiente, no porque la palabra esté borrada, sino porque es imposible lograr el acceso a ella. La afasia nominal o anómica tiene una localización cerebral temporo-parieto-occipital, y la afasia acústico-amnésica se localiza generalmente en las áreas temporales medias.

Procesos reproductivos del lenguaje

En este sentido, la psicolingüística se ha encargado de investigar los elementos y las relaciones, los principios estructurales y las descripciones de sucesos cognitivos en los procesos del lenguaje. El otro acceso, también en caso de trastorno del lenguaje de origen central, es el de la neurolingüística, que, como quedó dicho, se interesa en los mecanismos de las funciones del lenguaje distorsionadas o intactas. Este ha sido el trabajo, entre otros, de la sociedad de psicología de la República Democrática Alemana (RDA).

Como recuerda Irina Weigl (1986), los procesos de las funciones de repetición, lectura en voz alta y escritura al dictado, contienen determinados componentes de la percepción y la producción del lenguaje y se fundamentan en procesos de transcodificación.

Tipologías de afasias

De acuerdo con la ubicación de la lesión cerebral y las características de realización lingüística de los H-OP, a causa de dicha lesión, se establecen clasificaciones de las afasias; hay variedad de ellas, en las cuales, por lo general se utilizan dicotomías sencillas. La mayoría de los investigadores contemporáneos utilizan una o varias de ellas. La más frecuente quizá es la dicotomía “expresivo-receptivo” utilizada por Weisengurg and Mc Bride (1935).

Otra dicotomía ampliamente utilizada es la división entre desórdenes de tipo motor y sensorial, propuesta inicialmente por Wernicke. Las regiones posteriores de la corteza realizan actividades sensoriales y las regiones anteriores desempeñan un papel motor; esto hace que la dicotomía relacione el lenguaje con una localización anatómico-básica. Esta última dicotomía desconoce muchas características propias de diferentes tipos de afasias. Sin embargo, al respecto de la diferencia entre las dos

afasias provenientes de estos desórdenes (Broca y Wernicke, respectivamente), Pardo y Antúnez (2013) aseguran que:

A la par, evidencias de interrupción en la representación semántica en presencia de lesión cerebral posterior, que afectaba la comprensión y la producción del lenguaje demostró que las dificultades en la percepción de la información fonológica no era la causa real de los déficits de la comprensión. A partir de tales evidencias, la distinción entre la afasia de Broca y la afasia de Wernicke se concibió más como daño sintáctico versus daño semántico, que como daño motor versus daño sensorial, que era como se manejaba hasta el momento.

Lo mismo podría decirse de dos dicotomías frecuentemente utilizadas en décadas anteriores: la dicotomía fluente y no fluente de Benson (1967), y anterior y posterior de Goodglass y Kaplan (1972). Por su lado, Jakobson (1964) propone una dicotomía puramente lingüística entre desórdenes paradigmáticos y sintagmáticos del lenguaje, posteriormente incorporada con Luria (1980).

Durante los últimos años se ha logrado un avance considerable en las correlaciones clínico-anatómicas de las afasias, gracias, especialmente, a la introducción de la escenografía cerebral, resultando de ello una tendencia a distinguir subtipos en los distintos síndromes afásicos.

Las clasificaciones que se traen obedecen a estudios de la corteza cerebral, y correlaciones entre la ubicación de las lesiones en determinadas áreas y las consecuencias que traían estas lesiones a nivel de comunicación, sin embargo, Barraquer y Peña (1983) y Martín R. (2003) aseguran que:

“La introducción y difusión de técnicas imagenológicas a partir de la segunda mitad de la década del 70 e inicios de los 80, implicó una revolución en las neuro- ciencias, que propició el descubrimiento de hallazgos sorprendentes en relación a (*sic*) las afasias que

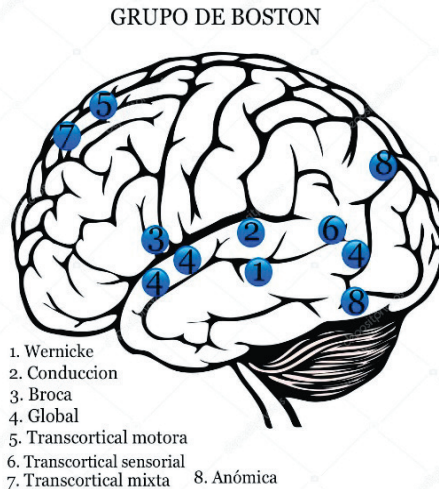
desafiaron el modelo tradicional. Tales hallazgos demostraron la pobre comprensión gramatical en la afasia de Broca (Benítez, 2006a). Ello condujo a una redefinición del síndrome como reflejo de una disrupción sintáctica, que sería la causa de base del déficit de comprensión y de la expresión agramatical”

No obstante, algunas clasificaciones han sido ampliamente aceptadas y utilizadas. Se hace referencia aquí a la del grupo de Boston y el mundo angloparlante (Figura 1) y a la de Luria en la Unión soviética y en los países de Europa Oriental (Figura 2).

Afasias según el grupo de Boston

Los tipos de Broca y de Wernicke presentan formas motriz y sensorial de afasia cortical, respectivamente, desde hace varias décadas; el síndrome lleva el nombre de quien inicialmente lo describió. En la ilustración 1 se encuentran las tipologías de afasia según el grupo de Boston.

Figura



Fuente: <https://sp.depositphotos.com/18799453/stock-illustration-model-of-human-brain-eps10.html>. Adaptada por Luz Marina Henao.

La afasia de Broca Se caracteriza por un lenguaje expresivo no fluido, pobremente articulado, compuesto por expresiones cortas y agramaticales, y producido con gran esfuerzo. Está compuesto básicamente de sustantivos, con una marcada deficiencia o ausencia de estructura sintáctica y afijos (agramatismo).

La afasia de Wernicke El lenguaje expresivo tiene una fluidez normal, y aun puede existir un número excesivo de palabras por minuto. Puede observarse un incremento en su lenguaje, por adición de sílabas a las palabras y de palabras a las frases. La prosodia y la articulación son adecuadas. La comprensión del lenguaje oral es defectuosa, está limitada a comprender palabras simples o frases sencillas; si se incrementa su número cesa su comprensión.

La afasia de conducción La caracteriza un lenguaje espontáneo, relativamente fluente, buena comprensión, pobre repetición con presencia de parafasias literales. Frecuentemente incluye también: defectos en la denominación, alteraciones en la lectura, alteraciones en la escritura, apraxia ideomotora y anormalidades neurológicas. El lenguaje espontáneo puede fluctuar, en ocasiones es fluido y en otras ocasiones es no fluido, parafásico y difícil en su producción. Una o varias frases pueden ser producidas sin mayor dificultad, pero al llegar a una palabra particular, el paciente es incapaz de continuar.

La afasia global Es la forma más grave de las afasias, debido a que todos o gran parte de los diferentes aspectos del lenguaje se encuentran afectados y alterados. La capacidad de articulación, la fluencia verbal y el uso del léxico y la gramática se ven severamente disminuidas y perjudicadas. Se caracteriza por las severas dificultades tanto en la comprensión como en la expresión oral y escrita; también en la capacidad de imitación.

La afasia transcortical motora Se caracteriza por un lenguaje no fluente, buena comprensión, y repetición normal o casi

normal. La prosodia, la articulación y la gramática se encuentran preservadas. Sin embargo, el paciente presenta latencias largas en la iniciación verbal, expresiones poco elaboradas y en ocasiones parafasias verbales.

Afasia transcortical sensorial Hay alguna tendencia a la logorrea. El lenguaje seriado, una vez iniciado por el examinador es notoriamente bueno.

El nivel de comprensión es deficitario, en ocasiones es prácticamente nulo. Tareas tales como denominar, señalar, seguir órdenes verbales y responder preguntas del tipo Sí o No, pueden ser imposibles para estos pacientes. El volumen de memoria puede en ocasiones hallarse discretamente limitado, y esto dificulta la repetición de secuencias verbales.

La afasia transcortical mixta

El paciente no presenta lenguaje espontáneo, su expresión está prácticamente reducida a la repetición de lo que el examinador dice (ecolalia). La articulación es sorprendentemente clara. La producción de series es buena una vez iniciada la tarea. Su nivel de comprensión se encuentra severamente alterado.

La afasia anómica El rasgo principal es la dificultad para encontrar palabras, sobre todo sustantivos, en contextos de habla fluida y gramaticalmente correcta, con una ligera parafasia detectable en los circunloquios, y una comprensión prácticamente intacta.

Afasia según Luria

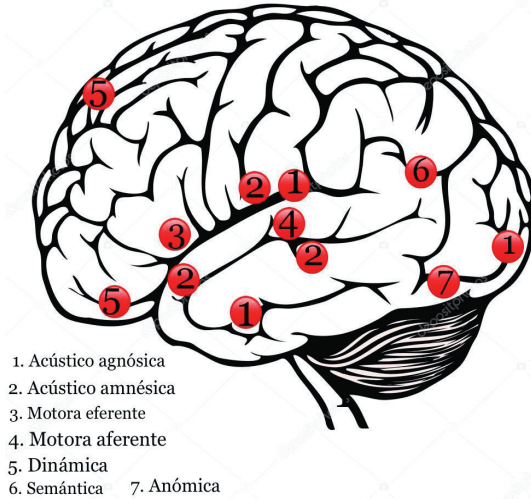
Alexander R. Luria presenta una clasificación sindrómico-sistémica, como lo muestra la Figura 2.

La afasia motora eferente Aparece una inercia patológica en el sistema motor (al que Luria denomina analizador motriz). El H-OP tiene dificultades para iniciar los movimientos del habla, así como para iniciar un paso rápido de una articulación a otra: necesita efectuar movimientos aislados y distintos para cada sonido particular, quedando la corriente del habla drásticamente entrecortada. A nivel gramatical, se observa una idéntica dificultad en lo que respecta a la desintegración del esquema dinámico expresivo en su conjunto. La comprensión es relativamente conservada. En tareas de denominación se observa anomia o aumento en el tiempo de respuesta.

La afasia motora aferente No existen dificultades primarias al iniciar el discurso, ya que el trastorno aparece en la retroalimentación cinestésica de las pautas motrices del habla. La retroalimentación se hace difusa y pierde especificidad, de modo que existen dificultades para que los órganos articulatorios adopten sus posiciones correctas. El signo más evidente puede ser la aparición de sustituciones de articulemas aislados, por ejemplo, dentro de la serie *b/ p/ m/*, sonidos que tienen en común el requerir el movimiento de los labios, pero que necesitan además una diferenciación específica (en términos de sonoridad, continuidad y nasalidad) que los distinga claramente.

Figura

ALEXANDER R. LURIA



Fuente:

<https://sp.depositphotos.com/18799453/stock-illustration-model-of-human-brain-eps10.html>. Adaptada por Luz Marina Henao

La afasia dinámica Al igual que la afasia eferente, manifiesta un trastorno en los procesos dinámicos de excitación nerviosa. De hecho, puede aparecer como un estadio en la recuperación de la afasia eferente, o bien como una forma independiente producida por lesiones en la parte anterior del cerebro. Las dificultades en la iniciación y las transiciones del habla ocurren no a nivel articulatorio, sino principalmente a nivel de frases y oraciones, de modo que este tipo de H-OP difícilmente llegan a producir secuencias de oraciones que sirvan para modelar los episodios de una historia. Debido a las dificultades iniciales, tiende a hacer eco a las palabras que su interlocutor ha iniciado por él, así como recurrir a frases habituales.

La afasia acústico-amnésica Incapacidad para retener el significado de series de palabras. Hay una inestabilidad en la retención de rasgos, por lo que cada palabra inhibe a la siguiente. Los H-OP, al tiempo que intentan retener la audición fonémica, muestran dificultades en la denominación, particularmente cuando se trata de series. No hay deficiencias de articulación.

La afasia semántica Está conservada la audición fonémica, al igual que la comprensión de palabras aisladas. Lo que queda perturbado es el sistema de conexión simultánea, que subyace al significado inmediato de las palabras, y las relaciones que las palabras establecen entre sí, cuando se hayan asociadas en frases y oraciones. El H-OP presenta especial dificultad, cuando se le presentan en forma simultánea varios enunciados simples, para sintetizar y comprender su significado. No hay dificultades de articulación.

La afasia acústico-agnósica o sensorial La dificultad primordial es la audición fonémica, es decir, dificultad para distinguir los sonidos del habla. Esto produce efectos secundarios en el sistema de significados de las palabras: los distintos sonidos que forman la palabra resultan vagos e indiferenciados, siendo imposible discriminar el sentido. El H-OP tiene dificultades para distinguir sílabas o palabras con sonido similar y encuentra muy difícil poder analizar los sonidos componentes de las palabras, así como también, el poder sintetizar sus elementos para constituirlos. Debido al efecto que esto tiene en el significado de las palabras, el H-OP encuentra dificultades para la denominación de cosas, sin que pueda ayudársele, proporcionándole el sonido inicial. No hay dificultades de articulación.

La afasia anómica o amnésica

La alteración de la capacidad para denominar (anomia) es el más común de los trastornos afásicos. Cuando este trastorno es muy marcado, el lenguaje espontáneo se ve plagado de circunloquios

que tratan de suplir la falta del nombre, o bien el H-OP recurre a utilizar palabras ‘de relleno’ (sí, hombre; bueno; sabe usted; entre otras) y generalizaciones inespecíficas (una cosa, aquello, entre otras). El rendimiento en las pruebas de denominación suele reflejar la gravedad de la afasia independientemente del tipo semiológico de ésta.

Baterías o instrumentos de evaluación y diagnóstico de las afasias:

El primer autor que propuso la utilización de procedimientos estándar en la evaluación de las afasias fue Head (1926) y desde entonces, la normalización y validación de las pruebas de lenguaje ha constituido una preocupación permanente en este sentido. Existen baterías o pruebas que permiten realizar una evaluación integral del lenguaje; las más utilizadas en la evaluación de las afasias, en español, durante el siglo XX son:

Prueba de Minnesota

Esta prueba (Schuell, 1953, 1973) contiene 59 subpruebas, agrupadas en cinco áreas diferentes: trastornos auditivos, trastornos visuales y de la lectura, trastornos del habla y el lenguaje, trastornos visomotores y de la escritura, y trastornos de las relaciones numéricas y los procesos aritméticos. Esta extensa batería puede tomar varias horas en su aplicación.

Prueba de Boston

Para el diagnóstico de las afasias esta es, probablemente, la prueba que con más frecuencia se utiliza durante el siglo XX (Goodglass y Kaplan, 1972, 1986). La versión española fue realizada por García-Albea y Sánchez Bernardos (1986).

Los objetivos que plantea esta prueba son: diagnosticar la presencia y el tipo de cuadro clínico, lo que ayuda a inferir el lugar de la lesión; determinar el nivel de actuación del sujeto a lo largo

de un amplio rango de pruebas; y evaluar las capacidades de la persona con afasia en todas las áreas del lenguaje de cara a diseñar estrategias de rehabilitación. Permite obtener un perfil general del lenguaje del H-OP en diversas áreas:

- Escala de severidad: se puntúan ocho características en una escala de siete puntos.
- Comprensión auditiva: discriminación de palabras, identificación de partes del cuerpo, órdenes, material ideativo complejo.
- Expresión oral: agilidad oral, secuencias automatizadas, recitado y ritmo, repeticiones de palabras, frases y oraciones, lectura de palabras, respuestas de denominación, denominación por confrontación visual, denominación de partes del cuerpo, nombres (genéricos) de animales, lectura de oraciones en voz alta.
- Comprensión del lenguaje escrito: denominación de letras y palabras, asociación fonética, correspondencia entre dibujos y palabras, lectura de oraciones y párrafos.
- Escritura: mecánica de la escritura, recuerdo de símbolos escritos, encontrar palabras escritas, formulación escrita.

Batería de Western

En gran medida, representa un desarrollo ulterior de la prueba de Boston, para el diagnóstico de las afasias (Kertesz, 1979, 1982).

De hecho, muchos de los ítems son tomados de la prueba de Boston. La batería incluye cuatro subpruebas de lenguaje oral que permiten derivar cinco puntajes. Estos puntajes se convierten en una escala de 10 puntos, permitiendo crear un perfil de ejecución. Posteriormente, se puede calcular un cociente de afasia multiplicando por dos cada uno de los cinco puntajes escalares y sumándolos. Un puntaje normal o perfecto corresponde a 100. Las discrepancias con este puntaje total informan sobre la gravedad

del trastorno afásico. Se incluyen adicionalmente pruebas de lectura, escritura, aritmética, praxis, habilidades construccionales y la prueba de matrices progresivas de Raven. Con esto se intenta tener una apreciación global sobre el estado general del paciente.

Índice Porch de habilidad comunicativa (PICA)

El Índice Porch (PICA) (Porch, 1983) es de orientación conductista y es usado frecuentemente en investigación. Mide el grado de déficit nominativo de la persona con afasia, ya que presenta un sistema de valoración de las conductas con una gran amplitud de matices. Contiene 18 subpruebas de 10 ítems (cuatro de ellos verbales, ocho gestuales y seis gráficos). Tiene unas normas muy estrictas para su utilización y se supone que, teniendo en cuenta su formato rígido y su sistema de calificación, puede suministrar un sistema de medida muy sensible a cambios menores en las habilidades de comunicación de la persona evaluada. Sin embargo, se le ha criticado que algunas habilidades lingüísticas no son apropiadamente evaluadas y que no incluye ninguna prueba que valore el lenguaje espontáneo.

Examen multilingüe

Desarrollado por Benton y Hamsher (1976) y traducido al español por Rey y Benton (1991). Es una batería relativamente fácil y corta de aplicar, por lo que resulta muy práctica en la evaluación de las afasias. Incluye seis subpruebas: Nombramiento visual, repetición de oraciones, asociación controlada de palabras, prueba de las fichas, comprensión auditiva de palabras y frases, y comprensión escrita de palabras y frases. Además, incluye una escala de evaluación articulatoria.

Batería EPLA

Construida por Kay Lesser y Colther (1992). En inglés PALPA (“Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia”) tiene como objetivo la evaluación de las capacidades lingüísticas en los trastornos del lenguaje. El enfoque desde el que se ha elaborado EPLA es el de la Neuropsicología Cognitiva y permite a psicólogos y neuropsicólogos, de orientación tanto teórica como aplicada, conocer con bastante detalle las habilidades lingüísticas intactas y las que han sufrido algún deterioro. Evalúa los procesos léxicos que funcionan a nivel de oración; la mayoría están dirigidas a los procesos a nivel de palabra y, de hecho. Consta de 58 tareas agrupadas en cuatro bloques de subtests:

- 17 de procesamiento fonológico
- 27 de lectura y escritura
- 8 de comprensión de dibujos y palabras
- 6 de procesamiento de oraciones.

Batería ELA

Elaborada por Stark (1992). Está constituida por una colección de mil fotos que recogen actividades de la vida cotidiana y sobre las que se construyen las diferentes oraciones. Permite evaluar el proceso léxico denominación de dibujos y está especialmente diseñada para evaluar la comprensión y producción de oraciones.

En sentido general, puede decirse que A. R. Luria, padre por excelencia de la neuropsicología, no estableció en su modelo “sindrómico sistémico”, una batería específica para la evaluación y el diagnóstico de las afasias, pese a la diversidad de técnicas que utilizaba el Instituto Burdenko de la Universidad de Moscú. Sin embargo, se han realizado algunos esfuerzos por estandarizar estas técnicas en el mundo occidental:

Un ejemplo notable es el “Diagnóstico Neuropsicológico de Luria”, introducido en los Estados Unidos en 1974 por Anne Lisse Chistensen; el test de Boston, “Evaluación de la afasia y de trastornos similares”, elaborado y estandarizado en los Estados Unidos en 1970 por el psicólogo Harold Goodglass; y la neuróloga Edith Kaplan, según el modelo neo asociacionista de Norman Geschwind, estableció una clasificación de los síndromes afásicos distinta a la de Luria. Entre Luria y Boston, Azcoaga (1981) plantea consideraciones de distintos modelos de exploración de trastornos del lenguaje en adultos, y propone para Argentina su “Modelo fisiológico y fisiopatológico del Síndrome afásico” que no se interesa por el diagnóstico diferencial.

En Colombia las orientaciones más influyentes se deben a Alfredo Ardila (1991) y a su modelo “Enfoque neuropsicológico del Diagnóstico del Daño Cerebral” que establece un puente entre Luria y Boston, pero, no pretende, en forma sistemática, dar cuenta de las alteraciones en los niveles de la lengua ni en las funciones del lenguaje. Estos aspectos se empezaron a plantear en la ciudad de Medellín con una investigación multidisciplinaria llevada a cabo en el hospital San Vicente de Paúl, por Bustamante, Lopera y Rojas.

En Pereira aún se utiliza el “Minnesota Test para el Diagnóstico Diferencial de la Afasia”, publicado por Mildret Schuell en 1955. Esta prueba se aplicó durante varios años en el Servicio Neurológico de Veteranos de Minneapolis; explora la conducta general del lenguaje, lo cual es discutible en relación con la agrupación de los ítems, dados los hallazgos teóricos de la psicolingüística contemporánea.

En la actualidad, los instrumentos utilizados requieren modificaciones metodológicas y precisiones temáticas. Teniendo en cuenta las limitaciones anotadas, es importante la elaboración de baterías ambientadas al medio y aplicadas a H-OP inmersos en el circuito comunicativo humano, destinatarios y receptores de

mensajes verbales en diferentes eventos comunicativos desde una perspectiva que puede llamarse “Neuropsicolingüística”. En ella se tendrán en cuenta los modelos lingüísticos, psicolingüísticos y neuropsicolingüísticos considerados como los más adecuados, y especialmente las enseñanzas de Noam Chomsky, A. R. Luria y Roman Jakobson.

Ya para el siglo XXI, entre los autores que han aportado a la evaluación de las afasias se puede mencionar a Ardila (2005) y a Pasuy y Cisneros (2013). Para Ardila (2005) la evaluación clínica de las afasias supone la exploración de determinados aspectos del lenguaje, los cuales agrupa en su esquema: “Aspectos del lenguaje generalmente incluidos en una evaluación de las afasias”, ver tabla 1.

Y en sintonía con estos aspectos propuestos por Ardila en su esquema, Pasuy y Cisneros (2013, p.101) señalan:

“Una de las estrategias que debe utilizar el terapeuta para lograr un trabajo eficiente es la utilización de unas baterías, recomendable desde un enfoque cognitivo para lograr controlar una serie de variables psicolingüísticas que se derivan de la conducta del paciente y que permiten medir la frecuencia, la regularidad, la concreción/abstracción, la longitud, etc. En definitiva, se trata de una evaluación que explora un amplio número de tareas, cada una de ellas con un variado número de ítems”.

Tabla 1. Aspectos del lenguaje generalmente incluidos en una evaluación de las afasias.

Aspecto	Tipo de prueba
Producción	Lenguaje espontáneo (hay o no lenguaje espontáneo: cantidad, longitud de las frases, fluidez, desviaciones fonéticas, agramatismo-paragramatismo, parafasias, habla vacía, neologismos, jerga, prosodia, características del habla, agilidad oral y verbal, disartria, apraxia del habla, etc)
Comprensión	Lenguaje conversacional. Señalar (objetos, partes del cuerpo, colores, acciones). Órdenes verbales progresivamente más complejas.
Repetición	Palabras pseudopalabras. Palabras una, dos, tres, cuatro sílabas. Frases progresivamente más largas (3, 4, ... 18 palabras).
Denominación	Objetos externos. Partes del cuerpo. Colores. Acciones
Lectura	Letras, palabras, pseudopalabras, frases, textos Comprensión. Paralexias, omisiones. Palabras concretas-abstractas, nombres-elementos gramaticales.
Escritura	Firma. Letras, palabras, frases (caligrafía, uso del espacio, errores en la escritura de letras, paragrafias, ortografía). Escritura espontánea. Copia, dictado. Escritura de números

Fuente: Ardila, 2005

Tanto los aspectos incluidos en una evaluación de las afasias (Ardila, 2005), como las consideraciones de Pasuy y Cisneros (2013), ofrecen un marco teórico y metodológico que permite estructurar una prueba para caracterizar las realizaciones

lingüísticas de los H-OP nativos del español, específicamente en el contexto risaraldense, la cual se presenta en este capítulo, en forma general.

Metodología

La evaluación que se realizó a los H-OP que, tras haber sufrido una lesión cerebral, presentan dificultades en la comprensión y producción de su lenguaje, tuvo dos objetivos: a) diagnosticar las afasias, pues se puede estar ante un caso donde la producción del lenguaje se encuentre alterada, pero no a nivel simbólico, ni de almacenamiento de la información, sino a nivel del aparato de dicción, y la dificultad entonces sea más física que simbólica, como en el caso de las disartrias, donde la dificultad se centra en la articulación. b) caracterizar la afasia que esté padeciendo el H-OP valorado, con el fin de ubicarla según las tipologías existentes y dar así una base lingüística sobre el nivel de lenguaje que está siendo afectado, al profesional que se vaya a encargar de la rehabilitación del caso. Para lograr estos objetivos, se eligieron los métodos, los materiales y recursos, y el procedimiento que a continuación se mencionan y explican de forma muy general.

Métodos

Con la intención de diseñar un instrumento que diagnosticara y caracterizara desde el punto de vista lingüístico las afasias, se tomó una muestra aleatoria de once H-OP, algunos de ellos recluidos todavía en Institución de atención médica, y los demás ya no estaban vinculados a Centro de atención alguno. Todos, H-OP que ya habían adquirido su lenguaje articulado.

Se rige, tanto el diseño del instrumento como su posterior validación (al ser aplicado a dichos H-OP) por el análisis sindrómico sistémico que aplica el método de una “investigación neuropsicológica”, el cual combina métodos psicológico y psicofisiológico, como lo asegura Rojas (1999), quien señala

también dos consideraciones fundamentales para hacer posible una explicación clara y precisa de las alteraciones y el análisis de la desorganización estructural y procesal del lenguaje: “Cada paciente es un caso único y por lo tanto la investigación es única, y debe presentar los resultados como análisis cualitativo” (p. 177). Y por su parte, el rendimiento lingüístico puede evaluarse cuantitativamente a través del análisis factorial, con el fin de obtener frecuencias y correlaciones significativas en la descripción de los niveles de la lengua alterados, evaluados a través de los procesos psicolingüísticos: expresión verbal, comprensión verbal, almacenamiento de la expresión verbal y procesos reproductivos de la expresión verbal, ejecutados por el H-OP valorado.

Procedimiento

Con el fin de acceder a la evaluación de los H-OP con alteraciones en su lenguaje, ocasionados por una lesión cerebral, se realizaron inicialmente entrevistas, incluyendo a sus familiares; información que se integró al formato de la anamnesis, el cual también indaga sobre la evaluación neurológica y clínica en general alrededor del episodio que originó dicha patología.

Posteriormente se aplicó la prueba de desempeño en actuación lingüística para diagnosticar y caracterizar lingüísticamente la afasia sufrida por el H-OP evaluado. Esta prueba se estructuró de acuerdo con los procesos psicolingüísticos: expresión verbal, comprensión verbal, almacenamiento de la expresión verbal y procesos reproductivos de la expresión verbal, propios de la actuación lingüística de los H-OP en condiciones normales de comunicación.

Estas dos partes (formato para la anamnesis y cuestionario para ser aplicado a los H-OP después de haber sufrido una lesión cerebral y presenten dificultades al comprender o producir lenguaje) se constituyen en la batería para el diagnóstico y caracterización lingüística de las afasias, y fueron diseñadas teniendo en cuenta

los fundamentos de neurolingüística, específicamente los aspectos reconocidos como trastornos del lenguaje en el modelo de explicación y alteraciones del lenguaje (Luria, 1980), y teniendo en cuenta también los procesos neuropsicológicos del lenguaje según el mismo autor, en el mismo año.

Se registraron los resultados de la aplicación de la prueba de desempeño en actuación lingüística, en formatos de registro cuantitativo especificados así: a) Formato de registro de rendimiento deficitario en cada subproceso de los procesos psicolingüísticos evaluados. b) Representación gráfica de los rendimientos deficitarios de cada subproceso mencionado. c) Representación gráfica unificada del rendimiento deficitario en cada proceso psicolingüístico evaluado.

Una vez terminada la prueba, y realizados los cálculos cuantitativos del rendimiento deficitario, se registran las apreciaciones sobre los factores del lenguaje conservados y los alterados, con base en los porcentajes totales de rendimiento deficitario obtenido. Esta apreciación se registra a manera de prosa, teniendo en cuenta los subprocesos de los procesos psicolingüísticos evaluados, y se constituye en el resultado del análisis cualitativo.

Finalmente se levantan informes por cada uno de los casos evaluados, donde se correlaciona la información registrada en el formato de anamnesis y en los formatos de registro cuantitativo y cualitativo, emitiendo un Diagnóstico para cada caso, el cual contiene las partes que se aprecian en la tabla 2.

Análisis de los resultados: Diagnóstico

El análisis de los resultados pretende legitimar la cantidad y la calidad de las observaciones realizadas y sirve como evidencia o falsación de la idea inicial de estar frente a una persona afásica, porque tiene como antecedente una lesión cerebral, con una causa

de origen interno o externo, y porque se hace notoria en dicha persona, una dificultad para comprender o producir lenguaje.

El análisis de resultados se presenta en dos sistemas de notación diferentes; dos maneras de reconstruir y recuperar el mundo del H-OP. Son métodos presentados por Rojas (1999, p.p 180):

El método de análisis cuantitativo permite una comprensión general del fenómeno y permitirá un acercamiento a otras comunidades científicas. Hace énfasis este método en la objetividad y en la validez de los procesos investigativos. Pretende matematizar, formalizar en números, cuadro y figuras los rendimientos negativos de la actuación lingüística del hablante oyente. Igual pasa, siguiendo la línea del análisis factorial, con el fin de establecer correlaciones entre los procesos del lenguaje y las alteraciones en los niveles de la lengua. Estas correlaciones son significativas como índices de trastornos en la estructura y funcionamiento del lenguaje.

El método de análisis cualitativo permite la comprensión caso por caso. Es un esfuerzo intelectual flexible y versátil que hace énfasis en la intensidad y en la profundidad en el sentimiento del caso. Puede ser “caso paradigmático” en cuanto confrontación con otros casos del mismo tipo de afasia. No convierte las observaciones en cifras sino en un código lingüístico significativo.

En relación con los métodos de análisis mencionados: cuantitativo y cualitativo, en esta investigación se sigue la línea de trabajo del “método neurolingüístico” en el análisis cualitativo o la línea del “Método factorial” en el análisis cuantitativo, como lo concibe también Rojas (1999, p.p 180) en estas consideraciones.

Una vez analizada la información: la contemplada en la anamnesis y los resultados cualitativos y cuantitativos, por cuanto unos son la base de los otros para establecer los subprocesos conservados y los alterados, se procede a realizar el Diagnóstico del Caso que se esté analizando. Este se puede estructurar tal como aparece en la tabla 2.

Tabla 2. *Diagnóstico caso _ después de aplicación de batería de diagnóstico y caracterización de las afasias*

Diagnóstico caso N° _____	
C o n d i c i ó n valorada	Resultado
Lingüística	<p>Nota: Aquí se informa qué nivel de la lengua está afectado. Y se interpreta, de paso, en términos de proceso alterado. Por ejemplo: si está afectado el nivel sintáctico, entonces está alterada la codificación. Si están afectados los niveles sintáctico y semántico, entonces está alterada la decodificación. Entonces se registra así, por ejemplo: <u>No codifica, pues está alterado su nivel sintáctico de lenguaje. O no decodifica, pues están alterados sus niveles sintáctico y semántico</u></p>
Psicolingüística	<p>Nota: Aquí se registra qué procesos psicolingüísticos, de los valorados en la prueba (expresión verbal, recepción verbal, almacenamiento verbal y reproducción de la expresión verbal), están afectados. Y se menciona cuál o cuáles lo están. Así, por ejemplo: <u>Están alterados todos los procesos, en especial la Expresión verbal y la Reproducción.</u></p>

<p>Neurolingüística</p>	<p>Nota: Aquí se puntualiza: a) Si el H-OP tiene afasia. b) El tipo de afasia sufrida por el H-OP, correlacionando lógicamente, las características presentadas en el caso analizado y las presentadas en las tipologías, a nivel teórico. En este caso se expresa, tanto con la tipología señalada por el Grupo de Boston, como por la de Luria. Así, por ejemplo:</p> <p><u>Afasia según tipología del grupo de Boston:</u> <u>De Broca.</u></p> <p><u>Afasia según tipología de Luria: Motora eferente</u></p> <p>Nota: Una vez clasificada la afasia, con ambas tipologías, se enuncia la lesión cerebral, según lo que se haya consultado para el H-OP a nivel clínico, en la anamnesis, o se enuncia la posible lesión cerebral teniendo en cuenta esta clasificación. Se puede expresar, así, por ejemplo:</p> <p><u>Lesión cerebral: Área de broca</u> o <u>Posible lesión cerebral:</u> _____ _____</p>
-------------------------	--

Diseño y aplicación

La batería está diseñada para la evaluación de las alteraciones del lenguaje en su estructura y funcionamiento, y pretende la descripción y análisis de los trastornos de expresión, comprensión, almacenamiento y reproducción, con el fin de diagnosticar la afasia que esté padeciendo el H-OP valorado, y de caracterizar dicha afasia, de acuerdo con su desempeño lingüístico.

La anamnesis y la prueba (ver gráfica 1, donde se muestra la estructura de la batería o instrumento diseñado) pueden posibilitar investigaciones psicológicas como niveles de conciencia, relación de antecedentes y consecuentes de la enfermedad, dolencias, reacciones frente al medio y hacia sí mismo, estados emocionales y orientación en el espacio y en el tiempo; y posibilitará también todo un programa de rehabilitación del trastorno del lenguaje, si el caso lo permitiera.

Antes de realizar la evaluación, es decir, antes de aplicar la batería o instrumento diseñado, se debe tener una corta conversación previa con el H-OP: Saludarle, presentarse y comunicarle el objetivo de la entrevista con el fin de evitarle ansiedades confusionales. Si el H-OP presenta un estado de somnolencia, excitación o confusión, debería aplazarse el examen, ya que la confiabilidad de los datos depende de cierto grado de alerta o niveles de conciencia, atención y concentración.

Figura 3. Batería diseñada para diagnosticar y caracterizar las afasias



Fuente: <https://www.alamy.es/foto-consultorio-medico-paciente-consulta-terapeuta-medico-examinar-joven-para-el-diagnostico-plano-simple-ilustracion-de-dibujos-animados-173494110.html> - https://es.123rf.com/photo_63322954_muestra-de-ilustraci%C3%B3n-vectorial-tel%C3%A9fono-inteligente-prueba-de-dibujos-animados-hombre-eps-10.html - <http://aulaabierta.arasaac.org/materiales-caa-lexic-lectoescritura-fichas>

Ahora bien, para entender esta segunda parte de la batería: prueba de desempeño en actuación lingüística, convendría preguntarse ¿Qué se espera medir, específicamente con esta prueba? Y la respuesta es: se mide el rendimiento deficitario en subprocesos de procesos psicolingüísticos, como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3. *Prueba de desempeño en actuación lingüística: procesos psicolingüísticos y respectivos subprocesos*

Lenguaje expresivo (expresión verbal)	Lenguaje receptivo (comprensión verbal)	Lenguaje memorizado (almacenamiento de la expresión verbal)	Lenguaje reproducido (procesos reproductivos de la expresión verbal)
<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje espontáneo • Lenguaje dialogado • Lenguaje monologado ilustrativo • Lenguaje monologado narrativo • Lenguaje monologado temático 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión fonémica • Comprensión de palabras • Comprensión de estructuras gramaticales simples • Comprensión de estructuras gramaticales compuestas • Comprensión de estructuras complejas • Comprensión de estructuras lógico-gramaticales 	<ul style="list-style-type: none"> • Retención de series de sonidos • Retención de series de palabras • Retención de oraciones • Retención de acontecimientos en un relato • Lenguaje automático • Denominación de sus partes del cuerpo • Denominación partes del cuerpo en una imagen • Denominación de seres y objetos en dibujos • Denominación por descripciones • Definiciones funcionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura • Escritura • Repetición

Materiales y recursos

- Formato que corresponde a la anamnesis del paciente, con tres partes a saber: a) datos personales del H-OP valorado e información familiar b) información sobre valoración clínica alrededor del episodio que le ocasionó su dificultad, y c) realizaciones lingüísticas del H-OP, relatadas por él mismo o por sus familiares.
- Prueba de desempeño en actuación lingüística para diagnosticar y caracterizar lingüísticamente las afasias, estructurado según los procesos psicolingüísticos: expresión verbal, comprensión verbal, almacenamiento de la expresión verbal y procesos reproductivos de la expresión verbal.
- Fichas para apoyar algunas preguntas de la prueba
- Objetos de oficina (lápiz, bolígrafo, cuaderno, libros, entre otros) para apoyar algunas preguntas de la prueba.

- Formatos de registro cualitativo y cuantitativo de lo respondido en la aplicación de la prueba de desempeño para diagnosticar y caracterizar lingüísticamente las afasias. Así como el formato para levantar informe de cada caso evaluado.
- Una grabadora servirá como apoyo al momento de realizar la entrevista para la anamnesis, y al aplicar la prueba al H-OP valorado.

Resultados

Los resultados que arrojó la ejecución de este proyecto se pueden referir en dos informaciones muy puntuales: a) La batería o instrumento diseñado para diagnosticar y caracterizar las afasias, estructura que se muestra en la gráfica 1, y b) La validación que se dio a este instrumento, es decir, una vez aplicado, que resultados arrojó.

Cabe anotar que en julio de 2020 se publicó el libro titulado “Batería para el diagnóstico y caracterización lingüística de las afasias en el contexto risaraldense”, como producto del proyecto de investigación: “Evaluación y rehabilitación de las afasias desde una perspectiva lingüística, en el departamento de Risaralda”, fuente en la cual sí se pudo hacer un mayor despliegue de los resultados de este proyecto, presentando la batería o instrumento diseñado y la información obtenida correspondiente a los once casos valorados, elegidos en forma aleatoria, a los cuales se les aplicó dicho instrumento. Allí se explicita, de solo un caso, tanto los formatos y gráficas correspondientes a la valoración cuantitativa, como los de la valoración cualitativa, mostrando finalmente su respectivo diagnóstico, donde se recogen, a manera de síntesis, las condiciones valoradas: lingüística, psicolingüística y neurolingüística (ver tabla 4). De los demás casos (2 a 11) se presentó solo la identificación de cada uno, sin comprometer o divulgar sus datos personales, y su respectivo diagnóstico.

Tabla 4. *Diagnóstico Caso 1 después de aplicación de batería de diagnóstico y caracterización de las afasias*

Diagnóstico caso N°1	
Condición valorada	Resultado
Lingüístico	Codificación: Nivel sintáctico Dificultad para expresarse verbalmente; se evidencia en la no utilización de predicados verbales, recurriendo al uso continuo de monosílabos y palabras aisladas (nombres) para sus respuestas. Incapacidad de concatenación de palabras.
	Decodificación: Nivel sintáctico / Nivel semántico No hay comprensión de pasajes o fragmentos, sólo refiere palabras aisladas que sí hacen parte de ellos. Al alterarse el componente sintáctico, por ende, también se alteran las estructuras lógico-gramaticales que comportan un nivel semántico.
Psicolingüístico	Están alterados todos los procesos, en especial el expresivo y memorizado.
Neurolingüístico	<ul style="list-style-type: none"> • Afasia de Broca (según tipología de Boston) • Afasia motora eferente (según tipología de Luria) • Área de Broca (H.C refiere Infarto en región anterior cerebral izquierda; hipodensidad paramediana frontal izquierda) • Lesión cerebral

Así, todos los casos evaluados a través de dicha batería o instrumento se caracterizan como se aprecia en la tabla 5, lo cual se constituye en su validación. Este instrumento permite mostrar qué tipo de afasia padece el H-OP, puesto que evalúa su lenguaje, y de él su parte simbólica. Y si un H-OP solo tiene afectada su producción de habla a nivel de dicción o articulación, y tiene intacta su parte simbólica, supera la prueba con altos niveles de rendimiento, como sucedió con el caso 11, quien en su diagnóstico no presentó afasia sino dicha inhabilidad (disartria).

Tabla 5. *Once casos valorados con Batería para el diagnóstico y caracterización lingüística de las afasias, contexto risaraldense: resultados*

Casos	Género	Edad	Escolaridad	Lateralidad	Etiología	Afasia predominante
1, 2, 4, 5, 7, 10	Cuatro: masculinos Dos: femeninos	Dos: 21 años Tres: 46 (aprox.) Uno: 71 años	Cuatro: primaria Uno: Bachiller Uno: Profesional	Cinco: diestros Uno: zurdo	Cinco: vascular (ACV) Uno: traumática	Afasia de Broca (Boston) Afasia motora eferente (Luria)
3	Femenino	38 años	Primaria	Diestra	Vascular (ACV)	Afasia de conducción (Boston) Afasia motora aferente (Luria)
6	Masculino	54 años	Primaria	Diestro	Vascular (ACV)	Afasia global (Boston) sin correlato en Luria
8	Masculino	12 años	Primaria	Diestro	Vascular (ACV)	Afasia transcortical mixta (Boston) sin correlato en Luria
9	Masculino	35 años	Primaria	Diestro	Vascular (ACV)	Afasia de conducción aferente (Boston) Afasia acústico amnésica (Luria)
11	Masculino	39 años	Profesional	Diestro	Vascular (ACV)	No es una afasia ²

Conclusiones

- Con esta Batería sí se logra evaluar, diagnosticar y caracterizar lingüísticamente las afasias a nivel general de los procesos psicolingüísticos que intervienen en la producción y comprensión del lenguaje.

- No existe una alteración pura de un solo proceso psicolingüístico. Siempre hay repercusiones de algún grado sobre los demás procesos. En los casos 4, 7 y 10 de Afasia Motora Eferente hay un mayor rendimiento deficitario en el proceso psicolingüístico expresivo. Sin embargo, los demás procesos psicolingüísticos (memorizado, receptivo y reproducido), también muestran rendimiento deficitario en menor grado.

- La evaluación realizada a los H-OP ofreció un acercamiento y una familiarización con los síndromes afásicos establecidos en las tipologías tradicionales (Boston y Luria).

- La competencia lingüística y la actuación lingüística del H-OP proporcionan toda la información necesaria para llegar a determinar el tipo de afasia que se sufre. Independientemente esto de la focalización de la lesión cerebral.

Recomendaciones

Las Entidades de Salud y los profesionales que se ocupan de rehabilitación de afasias, deben apropiarse de un instrumento, ambientado al medio, que les permita evaluar y diagnosticar las afasias, orientando así sus programas de rehabilitación.

Las Entidades de Salud deben diagnosticar el problema de lenguaje que su H-OP tiene, para así brindarle información específica sobre su estado, en este sentido. Así mismo, remitirlos a terapia del lenguaje, como pacientes con el derecho a seguir siendo atendidos por dicha Entidad e inscribirse en un programa de rehabilitación.

Se recomienda a las familias de los pacientes hacerlos participes de las actividades cotidianas, tratándolos así con normalidad, sin ignorarlos y sin hacerles tan evidente su dificultad de lenguaje.

Bibliografía

- Ardila, A (1981) *“Las afasias”*. Bogotá, Instituto neurológico de Colombia.
- (1985). *“Psicofisiología de los procesos complejos”*. México. Editorial Trillas.
- Ardila, A & Ostrosky, S. (1991) *“El diagnóstico del daño cerebral: enfoque neuropsicológico”*. México, Edit. Trillas.
- Ardila, A & Rosselli, M. (1992) *“Neuropsicología Clínica”*, Tomo I, Medellín, Edit. Prensa Creativa,
- Azcoaga, J E (1981) *“Trastornos del lenguaje”*. México, Edit. El Ateneo S.A.
- Barraquer, L.I. Peña, J. (1983). *“Formas clínicas de Afasia. Bases clínicas y neurolingüísticas”*. En: Peña, J. y Ll. Barraquer, L.I., eds. Neuropsicología. Barcelona.
- Benson, F. & Geschwind (1992) *“Aphasia and related cortical disturbances” en Ardila y Rosselli: “Neuropsicología Clínica”*, Tomo I, Medellín, Edit. Prensa Creativa.
- Broca, P. (1863) *“Localisations des fonctions cérébrales. Siège de la faculté du langage articulé. Bulletin de la Société d’ Anthropologie 4: 200-208”*
- Bustamante, J. Lopera F. & Rojas, J. (1987) *“El lenguaje: fundamentos de neurolingüística”*. Medellín, Edit. Prensa Creativa,

- Bustamante, J. (1997). *“Neuroanatomía funcional”*. Bogotá. Fondo Educativo Interamericano.
- Chomsky, N. (1977). *“El lenguaje y el entendimiento”*. Seix Barral, Barcelona
- Chomsky, N. (1976) *“Aspectos de la teoría de la sintaxis”*. Madrid, Edit. Aguilar.
- Christensen, A. (1978). *“El diagnóstico neuropsicológico de Luria”*. Edit. Pablo del Río. Madrid
- Cuetos, F. (1998). *“Evaluación y Rehabilitación de los pacientes afásicos: una aproximación cognitiva”*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Fajardo. L.A & Moya C. (1999) *“Fundamentos neuropsicológicos del lenguaje”*. Instituto Caro y Cuervo. Santa Fé de Bogotá.
- Geschwind N (1974) *“Selected papers on language and the brain”*. D. Reidel Publishing Company.
- Goodglass H. & Kaplan E. (1974). *“Evaluación de la afasia y trastornos similares”*. Buenos Aires, Edit. Panamericana.
- Head, H. (1926) *“Aphasia and kindred disorders of speech. London”*. Cambridge University Press
- Hécaen, H. (1977) *“Afasias y apraxias”*. Buenos Aires: Paidós.
- Halliday. M. (1978). *“El Lenguaje como semiótica social”*. México: Fondo de cultura económica.
- Jakobson, R. (1974). *“Lenguaje infantil y afasia”*, Madrid, Edit. Ayuso, 1974.

- Kaplan, E.F., Goodglass, H. y S. Weintraub (1978) “*The Boston naming test*”. Boston.
- Lecours, A. (octubre 1995) Conversatorio: “*IV Congreso Latinoamericano de Neuropsicología*”, Cartagena de Indias, Asociación Latinoamericana de Neuropsicología.
- Lopera, F: (1996) “*El cerebro: órgano del conocimiento*”. Medellín, Universidad de Antioquia,
- Luria A. R (1984) “*Conciencia y lenguaje*”. Madrid, Visor-Libros.
- Luria A. R (1980) “*Fundamentos de Neurolingüística*”. Barcelona, Toray – Masson.
- Luria A. R (1974) “*Cerebro y lenguaje; la afasia traumática: síndromes, exploración y tratamiento*”. Barcelona, Edit. Fontanella,
- Luria A. R. (1971) “*Problemas y hechos de la neurolingüística*”. Buenos Aires, Nueva Visión (Lingüística y Comunicación),
- Llinás, R (2003). “*El cerebro y el mito del yo*”. Editorial Norma Bogotá.
- Pasuy G., Cisneros B. Y Cisneros E. (2013) “*Las afasias desde una mirada lingüístico-cognitiva*.” Ediciones Ecoe. Bogotá.
- Rojas, J. (1991) “*Modelo pragmático- comunicativo del discurso afásico; en neuropsicología: evaluación clínica y psicométrica*”. Medellín, Edit. Prensa Creativa,
- Rojas, J. (1993) “*La psicolingüística*” Medellín. 3ra edición. Edit. Pragma Editores,
- Rojas, J. (1999) “*Tratado sobre el lenguaje: lingüística, psicolingüística, neuropsicolingüística, afasiología*”. Medellín. 1ra edición. Edit. Pragma Editores.

- Roselli, M. & Ostrosky, F. (octubre, 1995) Seminario “afasias” en el “IV Congreso Latinoamericano de Neuropsicología”, Cartagena de Indias, Asociación latinoamericana de Neuropsicología,
- Saussure, F (1945) “*Curso de lingüística general*”. Buenos Aires. Edit. Losada.
- Vigotsky L. (1997) “*Pensamiento y lenguaje*”. Buenos Aires, La Payade,
- Weigl, I. (1986) “*Interdependencia de los factores neuropsicológicos y psicolingüísticos en afasias. En: Efectos psicológicos de los componentes del lenguaje*” (Compilación de Manfred Bierwisch). Buenos Aires: Editorial Paidós

8

CAPÍTULO
OCHO

**USO DE DATA MINER EN LA
CAPTURA DE IMAGINARIOS
URBANOS: TRANSFORMACIONES
DE LOS CROQUIS CIUDADANOS DE
PEREIRA (2009-2019).**

**USE OF DATA MINER IN THE
CAPTURE OF URBAN IMAGINARIES:
TRANSFORMATIONS OF THE
CITIZEN CROQUIS OF PEREIRA (2009-
2019).**

*Yorman Julian Gonzalez Ramirez
Institución Educativa Lázaro de Gardea
yjgonzalez@utp.edu.co*

*Coautora:
Olga Lucia Bedoya
Universidad Tecnológica de Pereira
olbedoya@utp.edu.co*

Resumen

El presente artículo tiene como propósito compartir los resultados y proceso metodológico de la investigación orientada a analizar las Opiniones escritas por los usuarios de Google Maps en el año 2017-2018-2019 de algunos escenarios de la ciudad, buscando relaciones entre estas (opiniones) y los imaginarios urbanos y sus cambios encontrados en el ejercicio de contrastar los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Pereira Imaginada: croquis digitales (2009/2018) de estos escenarios la ciudad.

Palabras claves: Imaginario, Urbanos, Croquis Digitales, Google Maps, Opiniones.

Abstract

The purpose of this article is to share the results and methodological process of the research aimed at analyzing the Opinions written by the users of Google Maps in the year 2017-2018-2019 of some scenarios of the city, looking for relationships between these (opinions) and urban imaginaries and their changes found in the exercise of contrasting the results of the investigations Pereira imaginada and Pereira Imaginada: digital sketches (2009/2018) of these scenarios the city.

Keywords: Imaginary, Urban, Digital Sketches, Google Maps, Opinions.

Introducción

La ciudad en su devenir histórico es, ha sido y será un espacio de múltiples cambios. Este proceso de evolución y descubrimiento se ha desarrollado gracias a los diversos análisis e interpretaciones que se han hecho de la misma, los cuales van más allá de la mera delimitación geográfica, pues éstos se reconocen también en los

croquis afectivos representados desde el punto de vista de sus habitantes, que posibilitan la construcción de ciudadanía, hecho que se pone en evidencia a partir de un sin número de estudios que desde la antropología develan las experiencias estéticas y valoraciones simbólicas más allá del terreno delimitado.

Esta investigación propone dar un recorrido a la ciudad desde algunos escenarios físicos, sus imaginarios urbanos cambiantes y su relación con lo virtual desde la teoría y el análisis de datos desde el enfoque dado en los postulados del Doctor Armando Silva Téllez y del filósofo y padre de la semiótica Charles Sanders Peirce.

Dicho esto, el presente trabajo se encarga de abordar los Imaginarios Urbanos develados en los resultados de las investigaciones de Pereira Imaginada (2009) y Pereira Imaginada, Croquis Digitales (2018) que se dan en escenarios físicos preseleccionados por el macroproyecto Pereira imaginada, croquis digitales (2018) para el diseño y elaboración de una plataforma multimedia virtual.

Con el propósito de identificar la transformación de los imaginarios en el tiempo (2009/2018) y relacionando el punto de vista ciudadano que se da en la plataforma de Google Maps a partir de las opiniones escritas por sus usuarios en el año 2017-2018-2019, se involucra Google Maps a la investigación entre otras cosas porque Silva advierte la importancia de lo virtual cuando se refiere a los tres niveles de captación del imaginario (la inscripción psíquica, la social y la técnica de representación) indicando que van al unísono, interactuando al tiempo, y que este es un suceso que depende de las épocas históricas, que en una época se manifestaban en la fotografía, luego en el cine, y hoy, en lo virtual, pues los imaginarios se construyen desde los sujetos y no con códigos algorítmicos (Silva, 2007) mostrando cómo en lo virtual se captan y se manifiestan imaginarios que son necesarios analizar.

Planteamiento del problema y justificación

En consecuencia y como parte del hilo conductor de esta investigación se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible evidenciar una relación entre las opiniones escritas por los usuarios de la plataforma Google Maps en el año 2017-2018-2019 de algunos espacios físicos preseleccionados de la ciudad de Pereira, con los resultados develados en las investigaciones Pereira Imaginada y Croquis Digitales, en cuanto a los imaginarios urbanos y sus cambios (2009/2018) encontrados en estos espacios físicos preseleccionados?

Después de conocer el objetivo general y los específicos debemos indicar que la ciudad como espacio físico llega a “ser” (existir), porque es representada desde el punto de vista ciudadano, por ende la manera en cómo éstos experimentan y registran la ciudad construye su narrativa, que va de voz a voz y que se expresa en múltiples medios, en palabras de Silva “Dijimos que un territorio, como marca de habitación de persona o grupo, puede ser nombrado y recorrido física o mentalmente; necesita así de operaciones lingüísticas y visuales, entre sus principales apoyos de representación”. (2006, p. 28)

En otras palabras, la ciudad es real, gracias a los sujetos que la habitan y la hacen parte de sus realidades, la verbalizan y comparten con otros.

Además, desde la institucionalidad a nivel nacional y regional se hacen ingentes esfuerzos por ofrecer a la sociedad en general programas que buscan llevar conectividad gratuita a diferentes rincones del país. Mirando esto en el contexto local, más concretamente en el plan de desarrollo de Pereira 2016 a 2019 se puede leer lo siguiente:

el establecimiento de zonas con Wifi gratis; un mayor cubrimiento de la conectividad en planteles educativos; la promoción del uso de las TIC en el sector productivo y turístico; y el incentivo, a través del financiamiento, para la adquisición de nuevas tecnologías para la producción, constituyen, entre otros, la forma de materializar los procesos de innovación en la vida diaria y productiva de los pereiranos. Lo anterior, unido a la creación de nodos de innovación, ciencia y tecnología, permitirán alcanzar una Pereira moderna y competitiva. (2016, p. 44)

Es decir, por la apuesta institucional de ciudad, la virtualidad es potencia y representa con la internet una necesidad de expansión que busca cerrar brechas de conexión encaminadas a alcanzar una Pereira moderna y competitiva.

Sin embargo, la internet por sí sola no garantiza cumplir con este objetivo, por eso parece un aporte para el conocimiento de la ciudad indagar los urbanismos expresados en la realidad virtual ya que desde allí se expresan activamente miles de ciudadanos, un contexto de creciente conectividad que permite identificar ese punto de vista ciudadano diverso y cambiante. De esta manera se contribuye a la comprensión de diferentes campos de investigación acerca los escenarios de la ciudad, los cuales se podrían abordar en otros estudios.

Objetivos

El objetivo del presente estudio es entonces analizar las Opiniones escritas por los usuarios de Google Maps en el año 2017-2018-2019 de algunos escenarios de la ciudad, buscando relaciones entre estas (opiniones) y los imaginarios urbanos y sus cambios encontrados en el ejercicio de contrastar los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Pereira Imaginada: croquis digitales (2009/2018) de estos escenarios la ciudad. De igual forma, los objetivos específicos son:

- Describir los cambios encontrados en el tiempo en los imaginarios urbanos de los escenarios de la ciudad preseleccionados en la investigación Pereira Imaginada: Croquis digitales (2018) resultado de su contraste con la investigación Pereira imaginada (2009).
- Analizar las opiniones de los usuarios de la plataforma Google Maps en el año 2017-2018-2019 de los escenarios urbanos preseleccionados por la investigación Pereira Imaginada: Croquis digitales (2018).
- Relacionar el resultado del análisis de las opiniones de los usuarios de Google Maps de algunos escenarios de la ciudad con los imaginarios urbanos y sus cambios develados en los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Croquis digitales (2009/2018) de estos escenarios.

Referente teórico

Armando Silva desarrolló una metodología encaminada a aprehender las ciudades imaginadas. Esta se asienta filosóficamente en una visión triádica del mundo, que se soporta en el pensamiento del semiólogo Charles Sanders Peirce (1893-1913) y la pluralidad del YO, en Sigmund Freud (1893-1895). Para el desarrollo metodológico de la misma Silva presenta un formulario base de 82 preguntas y subpreguntas, que extiende en tres categorías y subcategorías: ciudad: cualidades, calificaciones y escenarios; ciudadano: temporalidades, marcas y rutinas, y otredades: afinidad, lejanía y anhelos.

Siguiendo con el análisis de la visión triádica, Peirce piensa el fenómeno como la correlación entre la primeridad, la segundidad y la terceridad. Desde este punto de vista fenomenológico, la primeridad está en el escenario de las sensaciones, la segundidad en el de la reacción o “lucha” entre esas sensaciones y los objetos de la conciencia o externos, y la terceridad en el campo de la historia o de las leyes donde esos fenómenos tienen sentido (Houser,

Kloesel (2012). Por consiguiente, los estudios sobre el fenómeno se exponen a partir de estas relaciones.

Figura 1. Esquema de las categorías y subcategorías de la teoría de imaginarios urbanos



Fuente: Elaboración Propia

La primera triada busca develar los elementos y los signos que identifican a cada ciudad, a través de las cualidades, calificaciones y escenarios urbanos. La segunda triada trata de comprender las maneras como los ciudadanos construyen sus realidades, mediante las temporalidades, marcas y rutinas. Y la tercera triada indaga por la forma como nos ven y como vemos a los otros, a partir de las ciudades cercanas, lejanas y anheladas.

Comprender los imaginarios urbanos de escenarios de ciudad y sus cambios en el tiempo a partir de su análisis y su relación con espacios de representación mediados por plataformas virtuales, convoca al investigador a realizar un estudio que permita encontrar en la percepción ciudadana manifestada en lo digital su valor en los estudios de ciudad, tomando como base las teorías de Silva y de otros autores que aportan a la comprensión de lo que Silva llama urbanismo virtual. (2003, p. 148)

Reconocer el valor de lo virtual hace parte del ejercicio de este marco de referencia que lleva a mirar las propuestas y reflexiones realizadas por Armando Silva, identificando en este espacio un potencial de representación ciudadana.

Para iniciar, Silva reconoce tres niveles de captación del imaginario: la inscripción psíquica, la social y la técnica de representación, los cuales van en simultáneo e interactúan al tiempo. Es decir que la técnica de representación es la forma como logra manifestarse ese imaginario. Este hecho que es relativo a la época histórica, en una época se manifestaba el imaginario en la fotografía, luego en el cine, y hoy, en lo virtual; en cierta medida los imaginarios se construyen desde los sujetos y no con códigos algorítmicos (Silva, 2007).

Dichas técnicas de representación que están relacionadas con los medios masivos de comunicación y la importancia de estos últimos en la construcción de imaginarios, se potencian con el computador, que ha superado la mera tarea de hacer cálculos y ha mostrado su capacidad para facilitar la creación de lenguajes y contribuir a la comunicación (Bedoya, 2011); siguiendo la reflexión, un ejemplo sería el correo electrónico porque es un espacio donde los ciudadanos de distintas clases sociales comparten, están conectados y verbalizan sus experiencias habitando la ciudad, convirtiéndolo en un medio virtual que hace parte de la urbe.

Asociado a lo anterior, el Dr. Silva provoca haciendo una pregunta y una afirmación alrededor de este fenómeno “¿Es más real la ciudad física o la virtual, las construcciones reales de ladrillos o las virtuales de palabras, medios e Internet? No es nuestra tarea dar solución a este interrogante, pero sí abocarnos al estudio de ambas entidades” (2003, p. 16)

Esta pregunta y afirmación invita a profundizar en el estudio de lo virtual identificando en este un medio potencial simbólico que debemos reconocer, ya que moviliza sentidos, experiencias e inéditas formas de creación.

Así es como el Dr. Silva habla de la ciudad mediática, una ciudad que es incitada de distintas maneras y las compila generando la siguiente pregunta “¿Cómo identificar a una ciudad que debe compartir sus referentes físicos con los mediáticos, virtuales y creativos?” (2003, p. 17).

Reiterando la importancia de lo virtual para identificar nuevas cualidades de la ciudad, es decir ampliando la ciudad y su representación en una vorágine de expresiones que hacen parte de lo virtual y que se conectan constantemente con las experiencias ciudadanas cotidianas.

En este orden de ideas, es relevante mencionar que la evolución meteórica de los artefactos tecnológicos en la actualidad ha permitido desarrollos e innovaciones que han acercado y democratizado el acceso a estas tecnologías a todas las clases sociales, encontrando artefactos tecnológicos con acceso a internet en la vida común de las personas, todo esto acompañado con la evolución y desarrollo de plataformas virtuales que se involucran de manera protagonista en la vida cotidiana. Un ejemplo claro son las aplicaciones o apps de mensajería instantánea, los cuales son un medio popular para comunicarnos; otro ejemplo para mencionar, son las apps que nos permiten navegar en espacios físicos facilitando la ubicación a partir de GPS (Posicionamiento Global Satelital) y no solo eso, sino que además nos lleva a escribir y a conocer opiniones de otras personas con respecto a esa ubicación. Esto conduce a verse en un rol activo, que transforma la manera de participar y que supera la pasividad que ofrecían los medios masivos o tradicionales de comunicación, ya que la internet los subsume reconociéndose como un Metamedio. En consecuencia, ahora el ciudadano en lo virtual tiene la posibilidad

ser un pro-sumidor. Esa posibilidad de participación en lo virtual existe y reconoce una preponderancia de lo estético, es decir un espacio para crear. Ampliando esta afirmación el filósofo Pierre Lévy en su libro ¿Qué es lo virtual? nos comparte lo siguiente, reconociendo esa posibilidad de creación como potencia de expresión que además es cotidiana:

Un texto impreso en papel, aunque producido por ordenador, no tiene un estatus ontológico ni una propiedad estética diferente en lo fundamental, a un texto redactado con instrumentos del siglo XIX. Lo mismo se puede decir de una imagen o una película hechas por ordenador y visionadas con soportes clásicos. Pero si se considera el conjunto de todos los textos (de todas las imágenes) que el lector puede presentar automáticamente interactuando con un ordenador a partir de una matriz digital, se entra en un nuevo universo de gestación y de lectura de los signos (1999, p. 30)

Conectando con lo anterior hablando de estética y volviendo a Silva, este discute con lo conocido por este concepto que existe diferentes posturas de quienes la estudian o incluso hablan de estéticas, identificado estéticas oficiales y otras marginales y rebeldes, sin embargo todas tienen un punto en común que “Definen y al tiempo regulan la práctica y la apreciación de una expresión artística o de una experiencia que exige descargar emociones y que busca ofrecer y exhibir lo bello” (2003, p. 117).

Así lo estético hace parte de la experiencia vital y en lo virtual se plasma de múltiples formas y cuando se relaciona con la ciudad, Silva permite entender que ésta: “es mucho más espacio un físico construido por arquitectos: se convierte en un espacio estético que es materia ciudadana” (2003, p. 118).

Otro aspecto vital sobre lo virtual, lleva a reconocer al ciudadano o navegante virtual a partir de sus marcas ciudadanas, es decir las valoraciones indicativas de los ciudadanos sobre su ciudad, formas de marcarla, de objetivarla, que van desde: las

tecnológicas, mediáticas (radio, prensa y televisión), ficticias (cine, novelas), religiosas, hasta corporales (alimentación e higiene) que se integran en el futuro de la ciudad y que se representan en el desarrollo de un urbanismo virtual.

Lo anterior acerca a las prácticas ciudadanas que se dan en lo virtual y cómo estas se configuran en el voz a voz que alimenta parte de la construcción de imaginarios urbanos, haciéndolos parte activa de la narración de la ciudad a partir de su participación en plataformas virtuales que le permiten escribir su experiencia.

Metodología

De acuerdo al objetivo principal de esta investigación que pretende analizar las opiniones escritas por los usuarios de Google Maps de algunos escenarios de la ciudad, buscando relaciones entre estas (opiniones) y los imaginarios urbanos y sus cambios encontrados en el ejercicio de contrastar los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Pereira Imaginada: croquis digitales (2009/2018) de estos escenarios la ciudad, se hace alusión al paradigma que enmarca este proceso investigativo donde se referencia al enfoque cualitativo como elemento fundamental para enlazar el sujeto y el objeto de estudio.

Es decir, comprender los significados y los entramados que existen en algunos escenarios de la ciudad de Pereira, a partir de los imaginarios urbanos y sus cambios encontrados en el ejercicio de contrastar los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Pereira Imaginada: croquis digitales (2009/2018) y los croquis que se pueden llegar a evidenciar analizando las opiniones escritas por los usuarios de Google Maps por medio del proceso metodológico y triádico planteado por el Dr. Armando Silva, nos ayudará a representar estos escenarios de la ciudad desde sus imaginarios y su construcción por medio de la mirada de quienes la habitan.

Fuentes de recolección de la información

En su ejecución el Macroproyecto Ciudades Imaginadas planteado por el Dr. Silva, orienta a los investigadores a utilizar un cuestionario base que contiene 82 preguntas, cada una relacionada con las categorías que avanzan en el estudio de ciudad (Ciudad, Ciudadanos y Otriedades) y a su vez con las triadas que corresponden a cada categoría (Ciudad: Cualidades, Calificaciones, Escenario, Ciudadanos: Temporalidades, Marcas, Rutinas, Otriedades: Anhelos, Afinidad, Lejanía); teniendo en cuenta lo relatado en el capítulo anterior, ambas investigaciones producen resultados de los imaginarios de la ciudad a partir del mismo cuestionario base, con la diferencia que la primera lo hace a partir de la aplicación directa del cuestionario base a los ciudadanos a partir de entrevistas presenciales y la segunda a partir de la una plataforma virtual que vincula recursos multimedia y preguntas del cuestionario que están relacionados con algunos escenarios de la ciudad.

Esta coincidencia permitió registrar la evolución o cambios en los imaginarios urbanos, ya que ambas realizaron las mismas preguntas, pero lo hicieron en momentos históricos distintos, una en el año 2009 y la otra en el 2018.

Por otro lado, partiendo del análisis y reflexión de la experiencia del investigador frente al uso y la navegación de la plataforma virtual creada en el desarrollo del proyecto de investigación Pereira Imaginada, Croquis Digitales (2018), la cual le permite observar, escuchar y sentir algunos escenarios preseleccionados de la ciudad a partir de recursos multimedia asociados a estos escenarios de ciudad, surgen elementos que como ciudadano e investigador permiten notar diferencias frente a la experiencia de recolección de la información y como esta mediación permite otras posibilidades a reconocer dando lugar a la necesidad de profundizar en el reconocimientos de los mismos.

Parte de esta necesidad implica avanzar en el estudio de los escenarios de ciudad y relacionando la experiencia de uso cotidiano por parte del investigador de la plataforma virtual *Google Maps*, se genera un cruce de valor que encuentra pertinencia en el avance y reconocimiento de estos escenarios desde la virtualidad.

En consecuencia, Google Maps como una fuente primaria de información y teniendo presente que la misma entrega información de los escenarios de la ciudad, se filtraron los resultados de las investigaciones sobre imaginarios urbanos dados en el macroproyecto Pereira imaginada en el año 2009 y 2018 y se seleccionaron las preguntas que traen una respuesta que está relacionada a un sitio, lugar físico o escenario de la ciudad. En concordancia, las fuentes de información de este proyecto de investigación son:

- Resultados de la investigación Pereira Imaginada (2009) utilizando como fuente de análisis las preguntas que tenían como respuesta un escenario o lugar físico de la ciudad.
- Resultados de la investigación Pereira Imaginada: Croquis Digitales (2018) utilizando como fuente de análisis las preguntas que tenían como respuesta un escenario o lugar físico de la ciudad.
- Opiniones escritas por usuarios de Google Maps de los sitios o escenarios de la ciudad preseleccionados por la investigación Pereira Imaginada: Croquis Digitales (2018) de los años 2017-2018-2019 relacionadas con las preguntas que tenían como respuesta un escenario o lugar físico de la ciudad.

Para obtener la información necesaria para el desarrollo de esta investigación, desde el Macroproyecto Pereira imaginada se consiguió:

- El libro Pereira Imaginada (2009) en versión digital el cual recopila los resultados del estudio ciudad del proyecto de investigación Pereira imaginada.

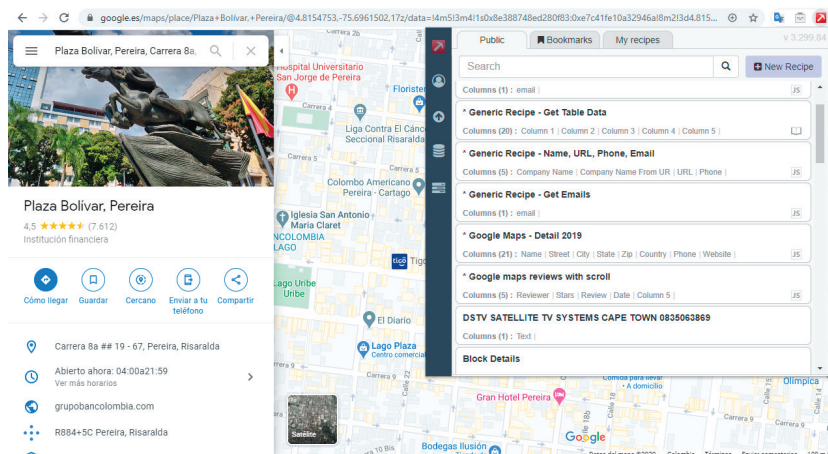
- El acceso a la base de datos generada desde la plataforma virtual donde se resguardan los datos resultantes de la investigación Pereira Imaginada, croquis digitales (2018).

Por otro lado, para obtener los datos de Google Maps, específicamente las opiniones generadas por los usuarios en relación con lugares o escenarios de la ciudad, se realizó un proceso de ensayo y error basados en la experimentación con la plataforma virtual. En un primer momento se intentó usar el buscador de comentarios integrado dentro la misma herramienta, el cual permite a partir de palabras claves encontrar comentarios que las incluyan (de manera literal); sin embargo, esta opción era insuficiente porque los largos tiempos de espera para la carga de los comentarios y falta de visión general de los mismos no facilitaba el análisis para la relación de elementos significativos. Además, los comentarios no aparecen en un orden de línea de tiempo y no se podía identificar la cantidad de comentarios que se generaron en un corte de tiempo específico, dejando esta opción como inviable para avanzar en el desarrollo del proceso.

Después, se procedió con la investigación de diferentes herramientas que nos brindasen la oportunidad de obtener esta información, permitiéndonos solventar los inconvenientes antes descritos. En esta búsqueda apareció el término “web scraping”, sin embargo, este término en la escena digital se conoce comúnmente como “scrapear” uno y otro consisten en utilizar herramientas que permitan navegar automáticamente una web y extraer información de ella. Con este conocimiento adquirido se buscaron herramientas dedicadas a la extracción de datos de la plataforma Google Maps y entre las múltiples opciones (Casi todas de pago) y pruebas, se detectó una herramienta llamada: Data Miner, que en español se traduce como Minero de datos. Dicha herramienta nos permitió acceder de manera completa al histórico de opiniones dadas por los usuarios de Google Maps y con ellos se creó una base de datos que ofrece la siguiente información, la cual es pertinente para los fines de este proceso de investigación:

- Usuario que hace el Opinión
- Opinión escrita
- Registro de la fecha de la opinión (mes o año)

Figura 2. Interfaz DATA MINER recolectando información en Google Maps.



Análisis y síntesis de la información

La naturaleza de la presente investigación es de enfoque cualitativa, por ello el análisis y sistematización de la información recolectada se realizó a partir del desarrollo de las siguientes fases:

Fase 1: Depuración de la información

- Selección y extracción de los resultados de las investigaciones, es decir las preguntas que dieron como respuesta escenarios físicos de la ciudad.
- Selección y extracción de las opiniones de Google Maps de los escenarios urbanos preseleccionados por la investigación Pereira Imaginada: croquis digitales (2018) de los años 2017-2018-2019.

Fase 2: Análisis de la información

- **Paso 1** Elaboración de gráfico de barras comparando los resultados de las preguntas de la fase 1 de ambas investigaciones (2009-2018).
- **Paso 2** Análisis del gráfico de barras comparativo orientado a escribir una descripción que recoja los cambios encontrados en los Imaginarios de los escenarios de ciudad.
- **Paso 3** Elaboración de tablas de representación visual orientadas a profundizar el análisis de los escenarios de ciudad, mostrando todas preguntas que los involucraron como su respuesta.
- **Paso 4** Análisis de las relaciones encontradas en las tablas elaboradas en el paso 3, orientadas a describir los cambios en los imaginarios urbanos de los sitios o escenarios de la ciudad.
- **Paso 5** Aplicación del protocolo de síntesis de la información de las opiniones extraídas de Google Maps.

Figura 3. Fases de la metodología de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Protocolo de síntesis información de las opiniones extraídas de Google Maps.

Una vez se recolectaron los datos de Google Maps, se procedió a hacer la selección de elementos significativos, elementos basados en el contenido de las opiniones con las preguntas relacionadas a cada uno de los escenarios de la ciudad.

Para ello se eligieron palabras clave dentro de las preguntas, o se propusieron palabras que se pudieran identificar como sinónimos o palabras similares, buscando en todos los casos mantener el objetivo del interrogante. Con estas palabras clave o similares se filtraron las opiniones lo que permitió continuar a la agrupación de éstas, para luego totalizar la cantidad de opiniones por cada agrupación. Con este insumo se construyeron gráficos estadísticos que representaban en porcentajes los resultados de la agrupación de cada escenario de la ciudad.

De allí, se procedió a hacer una relación entre los resultados del paso 4, donde se evidencian los cambios en los imaginarios de los escenarios urbanos preseleccionados con los resultados del análisis de elementos significativos o palabras claves realizado en este paso, lo que a su vez exigió un nivel de abstracción de mayor nivel; así se contrastó dicha información con los autores que respaldan el marco teórico de este proyecto.

Figura 4. *Protocolo de síntesis de la información.*



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

El presente apartado tiene como propósito responder al objetivo de la investigación que busca relacionar el resultado del análisis de las opiniones de los usuarios de Google Maps de algunos escenarios de la ciudad, con los imaginarios urbanos y sus cambios develados en los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Croquis digitales (2009/2018) de estos escenarios.

Se procedió entonces a establecer la relación entre los resultados del paso 4 de la metodología (Análisis de las relaciones encontradas en las tablas elaboradas en el paso 3) donde se evidencian los cambios en los imaginarios de los escenarios urbanos preseleccionados con los resultados del Paso 5 (Protocolo de síntesis de la información de las opiniones extraídas de Google Maps). Allí se encontraron los resultados del análisis de elementos significativos o palabras claves de los escenarios de la ciudad; este ejercicio requirió un nivel de abstracción de mayor nivel ya que se contrastó dicha información con los autores que respaldan el marco teórico.

Relación de los resultados del análisis obtenido en las opiniones de Google Maps, frente a los cambios de los imaginarios urbanos registrados en algunos escenarios de ciudad.

Después de recorrer un camino en el proceso de análisis y síntesis de la información recolectada en las investigaciones Pereira Imaginada (2009), Pereira Imaginada Croquis Digitales (2018) y las Opiniones consignadas por los usuarios de Google Maps (2017-2018-2019), es relevante tener como referencia las aproximaciones y conclusiones a las que llegaron las investigaciones sobre los diferentes escenarios de la ciudad, ya que su análisis permitió complejizar la relación de los resultados obtenidos en el presente proceso investigativo con las opiniones extraídas de Google Maps.

Dicho esto, es importante resaltar que nuestro enfoque fue analizar los escenarios de la ciudad y su evolución en los imaginarios urbanos y para ello se propuso adentrarse en la categoría Ciudad y sus subcategorías Cualidades y Escenarios urbanos (Silva, 2006).

Para iniciar con esta actividad, primero se debe recordar que desde el marco teórico el Dr. Silva nos convoca a conocer los imaginarios virtuales y con ello sus estrechos vínculos con la realidades simbólicas; para avanzar en este estudio debemos ir más allá de identificar lo virtual como una herramienta en el plano de lo técnico e instrumental y comprender que su potencial está en el plano de la sígnico, es decir, su potencial para crear, recrear el mundo y dotar las realidades de rastros que implican conocer cómo los sujetos la apropian y construyen a partir de ella los imaginarios de su mundo.

En dicha apuesta de vincular la investigación cualitativa y hacer análisis de fenómenos virtuales para avanzar en el conocimiento de la ciudad es un proceso potente que deja abierta la reflexión anterior para retomar el camino indicando; que, para efectos prácticos frente a la organización de los resultados en este ejercicio, presentó el análisis de relaciones de cada escenario de la ciudad por separado, recordando que se contrastaron dichos resultados con el marco teórico.

En coherencia y como antesala al análisis de cada escenario de la ciudad, se presentaron los diversos hallazgos que emergieron frente a las percepciones físicas e históricas que se relacionaron con los escenarios encontrados por la investigación Pereira Imaginada (2009) y Pereira Imaginada croquis digitales (2018), identificando las «Cualidades» que se reconocen como los signos sensibles, que a juicio de los ciudadanos representan a la ciudad, convirtiéndola en imagen sensorial que la distinguen y la hacen única, y «Escenarios» como la puesta en escena de lugares y sitios de la ciudad y a la urbe como tablado teatral donde suceden hechos cívicos.

Conclusiones

El aventurarse a desarrollar este proyecto de investigación implica comprender que en las cualidades de la ciudad está la riqueza que permite desentrañar la urbe que habita en la mente de los ciudadanos y que configura sus urbanismos. En coherencia y reconociendo que desde donde inició este proceso (macroproyecto Pereira Imaginada) se contaba con la ventaja de tener el consolidado de experiencias y madurez frente a los resultados en el avance del conocimiento de la ciudad.

En este amplio recorrido de ciudad, más allá de kilómetros, lo que se recorre es el camino sensible y estético que evocan los ciudadanos para representar su ciudad para hacerla parte de su mundo, y este proceso de inacabable recorrido suma día a día múltiples escenarios y transformaciones que permiten identificar una evolución en la ciudad.

Este recorrido implica para el investigador desaprender sus prejuicios y encarnar en su vida una sensibilidad para comprender al otro, para reconocerlo y describirlo, implica identificar escenarios para la construcción de realidad o realidades y allí aparece la internet y su meteórico crecimiento como medio de interacción ciudadana, donde se mueven millones de mensajes de múltiples formatos las cuales están preñados una carga significa propia de su naturaleza.

Reconociendo en internet un escenario potente de construcción e interacción simbólica, surge la necesidad de identificar desde sus entrañas, cómo este medio aporta a la identificación de las cualidades de ciudad, ya que desde allí se proyecta otro escenario de realidad que es una extensión de la realidad tangible y ese ir y venir cotidiano de sus usuarios que son ciudadanos de la ciudad, es donde se construyen y se movilizan imaginarios.

Con este antecedente para iniciar esta investigación, se tenía como expectativa identificar en las opiniones escritas por los usuarios de Google Maps de algunos escenarios de la ciudad, las relaciones entre estas opiniones y los imaginarios urbanos y sus cambios encontrados en el ejercicio de contrastar los resultados de las investigaciones Pereira imaginada y Pereira Imaginada: croquis digitales (2009/2018).

Ahora después del recorrido dado, encontramos desde la propuesta realizada por el Dr. Silva una potencia de reconocimiento que él mismo dejaba como pregunta abierta dentro de sus postulados: “¿es más real la ciudad física o la virtual, las construcciones reales de ladrillos o las virtuales de palabras, medios e Internet?” (2003, p. 16).

Esta pregunta vaticinaba lo que hoy es un fenómeno imparable y sumando, además, los postulados de Silva que son la estructura central de su propuesta, que están encaminados a develar los imaginarios urbanos y reconociendo su relación con este emergente escenario virtual, aparece la necesidad de proponer caminos de análisis que fue la apuesta que hicimos desde esta investigación.

Podemos afirmar como conclusión, que este proceso permitió evidenciar lo que Silva intuía con esa pregunta, mostrando una vez más su capacidad y sensibilidad para mirar en los otros lo que permite contar la ciudad.

Dicho esto, y retomando con el propósito de este capítulo, vamos a relatar qué conclusiones se lograron tejer de este proceso investigativo; así encontramos respuesta a uno de los objetivos de este proceso, que en términos generales no se evidenciaron grandes cambios o transformaciones en los imaginarios urbanos relacionados con los sitios la de ciudad seleccionados. Logramos más bien, evidenciar como muchos de estos que se consideran emblemas de ciudad ya están perdiendo protagonismo, ya que

en todos los casos analizados solo encontramos uno, relacionado como un imaginario emergente que tuviera protagonismo, es decir todos los imaginarios referenciados aparecieron alguna vez con diferentes niveles de representación simbólica en el pasado, y en ese contraste en el tiempo tenían ese antecedente de evocación.

Este caso fue el encontrado con el lugar Ciudad Victoria ya que en el 2018 emergió un nuevo imaginario de este lugar identificado en una de las preferencias de los ciudadanos como la calle o zona más alegre de la ciudad.

En el sentido contrario mirando el imaginario que desapareció o con el cual ya no se contó con referencia reciente, no solo evidenciamos uno, sino varios escenarios de la ciudad. En estos casos el primero es la Plaza de Bolívar, ya que en el año 2009 estaba relacionado con el imaginario de lugar que más gusta de la ciudad y con el de mejor olor de la ciudad, ya en el año 2018 no se evidenciaron evocaciones relacionadas a estos imaginarios.

Otro caso se evidenció en el lugar Viaducto César Gaviria Trujillo, pues en el año 2009 este escenario estaba relacionado con el imaginario de lugar que más gustaba en la ciudad, y ya en el año 2018 no se dieron evocaciones de relacionadas a este imaginario.

El último es el caso del sitio Ciudad Victoria que en el año 2009 se relacionaba con el imaginario de zona más transitada por los jóvenes, y en el 2018 no se evidenciaron referencias sobre este imaginario.

Siguiendo con la socialización de conclusiones, hallamos en todos los casos que los imaginarios de los escenarios de la ciudad encontraron relación con el contenido de las opiniones registradas por los usuarios de la plataforma virtual en Google Maps, dicha relación se da en dos vías: la primera dada en función de cantidades y frecuencia de opiniones relacionadas al imaginario, y

la segunda como la interpretación de estos resultados, mostrando que así como existen coincidencias también hay diferencias entre las opiniones y los imaginarios relacionados.

Para profundizar en esta conclusión vamos a referenciar algunos hallazgos que emergieron o marcaron una diferencia entre los resultados del análisis de transformaciones de los imaginarios urbanos con las opiniones registradas por los usuarios de Google Maps:

En el imaginario, la Plaza de Bolívar se consolida como la calle o zona más transitada por los viejos, pero en la plataforma Google Maps no se evidencia lo mismo ya que sus usuarios no opinan con tanta frecuencia evocando este imaginario urbano.

Por otro lado, en el año 2009 había una baja referencia a este escenario como el lugar de más agrado o gusto para los ciudadanos de Pereira, por el contrario, en la plataforma de Google Maps en el consolidado de opiniones del año 2017-2018-2019 encontramos una alta incidencia en el contenido de estos en relación con este imaginario.

El Parque de La Libertad se reconoce en el imaginario de los ciudadanos pereiranos como un sitio desagradable o que no gusta de la ciudad, en contraste en la plataforma de Google Maps se evidencia que los ciudadanos en los contenidos de los comentarios referencian poco este imaginario.

El Viaducto César Gaviria Trujillo continúa siendo en la mente de los pereiranos el acontecimiento más importante en la historia reciente de la ciudad, por el contrario, si analizamos el resultado del análisis del contenido de los comentarios dados por usuarios de Google Maps identificamos muy pocas referencias a este imaginario.

El Parque El Lago se reconoce con el imaginario como una de las zonas con peor olor de la ciudad, imaginario que se ha debilitado con el paso del tiempo. Paradójicamente desde el análisis al contenido de opiniones registradas por los usuarios de Google Maps, encontramos una alta frecuencia de estas relacionadas con este imaginario.

El parque Olaya Herrera se reconoce con el imaginario de zona que no gusta de la ciudad, sin embargo, se evidencia que con paso del tiempo este imaginario desaparece. Ahora, si analizamos el contenido de las opiniones de Google mapas relacionados con este imaginario, encontramos coherencia ya que la cantidad de opiniones es muy baja.

El parque recreacional Comfamiliar o Consotá se reconoce con el imaginario como uno de los lugares que más gusta de la ciudad y con el paso del tiempo este imaginario crece, por el contrario, vemos que en la frecuencia de opiniones registradas en Google Maps relacionadas con este imaginario, aunque existen referencias, su frecuencia no es muy alta.

Por el contrario, encontramos que la Universidad Tecnológica de Pereira se consolida en el imaginario como uno de los lugares que más gusta de la ciudad y que además se relaciona con el imaginario de lugar más tránsito de los jóvenes, ya que con el pasar del tiempo aumenta su relevancia, igualmente analizando la frecuencia de opiniones de Google Maps existe una frecuencia importante relacionada a ambos imaginarios.

Cada uno de estos hallazgos nos permiten evidenciar que como lo nombró Silva la tele ciudad hace parte de las realidades de los ciudadanos, ya en su rol de prosumidores asumen un papel protagónico en construir el relato de la ciudad que circula en ese escenario virtual.

Finalmente, es viable hallar enlaces significativos entre la investigación y sus resultados, con los objetivos trazados desde el principio por la Maestría en Comunicación Educativa. Esto, debido a que los resultados y conclusiones hasta aquí esbozadas dejan la puerta abierta para ahondar en las huellas ciudadanas que se registran cotidianamente en escenarios virtuales y nos lleva preguntarnos cosas como: ¿Qué imaginarios tienen los ciudadanos de la realidad virtual y su representación en múltiples plataformas virtuales?, pues en muchas ocasiones una cosa es lo creen los ciudadanos de este escenario virtual y otra es lo que pasa allí. Igualmente relacionando lo virtual, parece útil preguntarse sobre ¿Cuál es la utilidad en las técnicas usadas para el análisis de Big Data?, aprovechadas para el mapeo de datos buscando que sean significativos en la interpretación de imaginarios urbanos virtuales, otra pregunta pertinente es ¿Cuál es la utilidad que tiene el desarrollo de este tipo de análisis para la planificación de la ciudad?, seguramente muchas de estas preguntas serán resueltas en el camino que propone abrir en adelante este proceso en el hallazgo de las ya demostradas relaciones.

Bibliografía

- Bedoya, O. L. (2011). Pereira Imaginada 2009 – 2014. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Bedoya, O. L. (2017). Pereira Imaginada. Obtenido de <https://www.utp.edu.co/pereira-imaginada/pereiraimaginada.html>
- Bedoya, O. L., & Puentes, M. Á. (2018). Croquis Digitales: Urbanismos Ciudadanos en Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

- Ospina Lozada, M. A. (2011). Rutinas Ciudadanas: Una mirada comunicativa de los imaginarios urbanos en el espacio virtual de los jóvenes entre 12 y 16 años de la Institución Educativa Ciudadela Cuba. Recuperado el 08 de junio de 2020 de Revistas Miradas: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/miradas/article/view/1353/5199>.
- Bravo, Vallejo, J.A (2011). Medellín imaginada a través de los sitios web de turismo: orgullo paisa, hermosura y mujeres, anhelos ciberciudadanos. Recuperado el 08 de junio de 2020 de repositorio institucional UDEM: <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/96>
- Puentes Castro, M. Á. (2014). Pereira imaginada multimedia. Recuperado el 8 de junio de 2020 de Repositorio UTP: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/5553/1/30235P977.pdf>
- Lev́y, P. (1999). ¿Qué es lo virtual? Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S.A.
- Secretaria de Planeación de Pereira (2016). Plan de desarrollo municipal 2016 – 2019 “Pereira, capital del eje” Recuperado el 08 de junio de 2020 Alcaldía de Pereira: <http://www.pereira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionYControl/Anexo%20Plan%20de%20Desarrollo%202016-2019.pdf>
- Silva, A. (2006). Imaginarios Urbanos, Quinta edición corregida y ampliada. Bogotá: Arango Editores.
- Silva, A. (2003) “Libro: Bogotá imaginada,” Datos imaginarios urbanos, consulta 8 de junio de 2020, Recuperado de Imaginario Urbanos: <http://datos.imaginariourbanos.net/items/show/10915>.

Silva, A. (2004). *Imaginarios urbanos: Hacia el desarrollo de un urbanismo desde los ciudadanos. Metodología*. Bogotá D.C.: Convenio Andrés Bello, Universidad Nacional de Colombia.

DANE. (18 de diciembre de 2018). DANE. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cultura/encuesta-nacional-de-lectura-enlec>

Vera, P. (2017). Es real porque es imaginado. Entrevista a Armando Silva. *Inmeditaciones de la Comunicación*, 335-359.

Restrepo J., M. (2012). Aperturas de la teoría de la retórica peirceana. *Revista de Estudios Sociales*, 113-125.

9

CAPÍTULO
NUEVE

HAY FESTIVAL MINIVOLEIBOL U.T.P

THERE IS A MINIVOLEIBOL FESTIVAL U.T.P

*Luis Guillermo Garcia Garcia
Universidad Tecnológica de Pereira
Email: luisgui@utp.edu.co*

Resumen

El Hay Festival Minivoleibol U.T.P es el medio por el cual la comunidad escolar, recibe los beneficios en extensión comunitaria, solidaria y sin ánimo de lucro del programa Ciencias del Deporte y la Recreación. Se ha diseñado a través de su área de deporte , y sus proyectos de extensión inscritos, los cuales se encargan de planificar, preparar, ejecutar controlar y evaluar los mismos, en dependencia de sus escenarios por medio de actividades que tienen como fin promover, fomentar y fortalecer el deporte, inculcar los hábitos de la sana competencia, afianzar los valores sociales

y contribuir en general al proceso de formación integral de sus participantes y fortalecer los procesos que impulsen la práctica y masificación del deporte en las instituciones educativas, barrios, comunas, veredas de acuerdo a los lineamientos y prioridades de las prácticas deportivas en iniciación, formación, fundamentación infantil.

Con el propósito de contribuir a la formación integral de los niños, facilitándole condiciones de integración para el desarrollo de la práctica deportiva y fomento sociocultural del niño, niña y joven colombiano, creándole la cultura de que la actividad física es salud. Somos un proyecto de extensión solidaria y cultural del área de Deporte formativo y comunitario del Programa de Ciencias del Deporte y la Recreación, dedicado a brindar calidad de vida y desarrollo humano a la comunidad infantil entre 8 y 14 años, a través de sus servicios deportivos de promoción, iniciación y formación en la disciplina deportivas del voleibol, enfocados hacia la construcción de la convivencia y la paz, el mejoramiento de la salud física, mental y espiritual, de todos los participantes y personas que conforman sus diferentes estamentos. , un nuevo esquema que tiene como objetivo enseñarles a los niños a jugar, practicar y recrearse en mini vóleibol, en una atmósfera divertida, recreativa y estimulante.

No obstante, no basta con crear un juego basado en la enseñanza de nuevas cualidades si no se cuenta con alguien que se encargue de la orientación a lo largo del proceso, y es allí donde los estudiantes que cursan la materia de voleibol de quinto semestre del programa, tienen como misión trabajar por la extensión institucional hacia las comunidades escolares infantiles durante su semestre académico actuando como formadores, educadores y organizadores de toda la estructura que demanda el evento final llamado hay festival, que se desarrolla al interior del campus y que se soporta en una estructura deportiva de treinta y tres (33) canchas simultaneas de minivoleibol, que albergaran una

población de seiscientos (600) niños escolares que previamente han sido orientados por nuestros estudiantes, y que culminan este bello proyecto con el gran día de juego y diversión de minivoleibol.

Palabras claves: minivoleibol, proyecto de extensión solidaria, formación, iniciación, integración

Abstract

The Hay Festival Minivoleibol U.T.P is the means by which the school community receives the benefits in community outreach, solidarity and non-profit from the Sports and Recreation Sciences program. It has been designed through its sports area, and its registered extension projects, which are in charge of planning, preparing, executing, controlling and evaluating them, depending on their scenarios through activities that are intended to promote, encourage and strengthen sports, instill the habits of healthy competition, strengthen social values and contribute in general to the process of comprehensive training of its participants and strengthen the processes that promote the practice and massification of sport in educational institutions, neighborhoods, communes, paths according to the guidelines and priorities of sports practices in initiation, training, child foundation.

With the purpose of contributing to the integral formation of children, facilitating integration conditions for the development of sports practice and sociocultural promotion of the Colombian boy, girl and youth, creating the culture that physical activity is health. We are a project of solidarity and cultural extension of the formative and community Sports area of the Sports and Recreation Sciences Program, dedicated to providing quality of life and human development to the child community between 8 and 14 years old, through its sports services promotion, initiation and training in the sports discipline of volleyball, focused on the construction of coexistence and peace, the improvement of physical, mental and spiritual health, of all participants and people

who make up its different levels. , a new scheme that aims to teach children to play, practice and recreate mini-volleyball, in a fun, recreational and stimulating atmosphere.

However, creating a game based on the teaching of new qualities is not enough if you do not have someone to guide you throughout the process, and it is there that students who take the volleyball subject of the fifth semester of the program, their mission is to work for the institutional outreach to children's school communities during their academic semester, acting as trainers, educators and organizers of the entire structure required by the final event called there is a festival, which takes place inside the campus and is supported in a sports structure of thirty-three (33) simultaneous mini-volleyball courts, which will house a population of six hundred (600) school children who have previously been guided by our students, and who culminate this beautiful project with a great day of play and fun mini-volleyball.

Keywords: mini-volleyball, solidarity extension project, training, initiation, integration

Introducción

Voleibol un deporte que cumple ciento veintiséis años (126) de instauración como deporte clásico. Con más países y practicantes en el planeta. Siempre se tendrá que sembrar la semilla de la iniciación en cada deporte para su posterior trascendencia en la historia. Pero no solo necesitamos practicantes activos de Voleibol para garantizar ese futuro deseado. También tenemos necesidad de otra serie de personas interesadas, apasionadas de una forma incondicional que ocupen el resto de los elementos estructurales de un deporte y que son imprescindibles para el desarrollo de este: técnicos (monitores, animadores, entrenadores) árbitros, directivos y, sobre todo, público que disfrute con el Voleibol. Siempre que busquemos la iniciación o construcción de las bases de un deporte como el voleibol, estamos de acuerdo en que la fuente

la hallaremos en los niños, infantes y escolares como la esencia, creación y renovación.

Es importante explicar que la iniciación goza de varios objetivos como son: buscar en primera instancia un producto de calidad que en otras palabras es el rendimiento, para algunos esto es lo tradicional. Otro objetivo es más de proceso integrador y que busca lo educativo y recreativo; esto es lo moderno para algunos. Se inicia desde el 2013 un proyecto llamado HAY FESTIVAL MINIVOLEIBOL resultado de un sueño masificador e integrador de la comunidad académica y la comunidad escolar infantil y deportiva. Con unos objetivos modernos como los anteriores, pero con un elemento adicional académico impartido desde el programa Ciencias del Deporte y la Recreación y sus festivales deportivos, que buscan por intermedio de la misión de la institución que es llevar la extensión solidaria deportiva a la región en población escolar infantil como fuente de práctica de nuestros estudiantes de quinto semestre de la materia Voleibol. Compartiendo el saber deportivo en estas comunidades, de forma integradora, en desarrollo del minivoleibol y con ella construyendo mejores ciudadanos en convivencia, paz y aceptación del otro (Villora, 2009).

En el desarrollo deportivo del voleibol se evidencia una relación notable entre el proceso evolutivo-madurativo y la capacidad de adquisición del movimiento, con el aprendizaje de los diferentes elementos técnico-tácticos individuales y colectivos (habilidades específicas de cada deporte) y con las destrezas o competencias motoras que inciden de manera evidente en el aprendizaje, desarrollo y perfeccionamiento deportivo de una o varias especialidades deportivas.

Mediante el deporte, la recreación y el juego, y en este caso del minivoleibol los niños y las niñas y los adolescentes aprenden a pensar críticamente y a emplear su criterio para solucionar problemas. Esas actividades promueven el sentido de la amistad,

la solidaridad y el juego limpio. También enseñan autodisciplina y respeto por los demás, fortalecen la autoconfianza, propician el liderazgo y desarrollan habilidades tanto ofensivas como defensivas y la capacidad de trabajar en equipo. No menos importante, el deporte, la recreación y el juego enseñan a los niños y niñas a hacer frente a las dificultades, y los preparan para asumir papeles de liderazgo y convertirse en individuos responsables y útiles a su comunidad.

En épocas de conflicto, posconflicto y emergencias, el deporte, la recreación y el juego proporcionan esperanza y sentido de normalidad a los niños y adolescentes de ambos sexos. Esas actividades también ayudan a que los pequeños que han sufrido traumas canalicen sanamente el dolor, el temor y la pérdida. De igual modo, ayudan a cicatrizar las heridas emocionales creando un ambiente seguro en el que los niños, niñas y adolescentes pueden expresar sus sentimientos, aprenden a confiar y establecen su autoestima y la confianza en sí mismos. Desarrolla en los niños un sentido de pertenencia que es crucial para su integración a la comunidad cuando se desea formar parte de un grupo deportivo, club o equipo como tal.

El deporte es un lenguaje universal con la capacidad de superar diferencias y fomentar valores esenciales para una paz duradera. Es una herramienta poderosa para liberar tensiones y facilitar el diálogo. En los campos de juego, las diferencias culturales y políticas se esfuman. Los menores que hacen deporte se dan cuenta de que es posible interactuar sin coerción ni explotación.

Los juegos deportivos, los festivales y los atletas populares tienen el poder de congregarse enormes multitudes y de atraer gente que no tiene acceso a los servicios de salud, en especial la que vive en zonas rurales y remotas. Esta clase de eventos constituyen excelentes oportunidades para fomentar un estilo de vida saludable recalcando, por ejemplo, los beneficios del ejercicio, la higiene

y el saneamiento ambiental, servirá de alerta contra los efectos nocivos de algunas conductas, como fumar, consumir alcohol y utilizar otro tipo de drogas.

Practicar alguna actividad física de manera habitual es crucial para el desarrollo físico, mental, psicológico y social. Los buenos hábitos se adquieren temprano en la vida. Según diversas investigaciones, los menores que hacen ejercicio tienen más probabilidades de mantenerse activos físicamente cuando son adultos.

Fortalecen el organismo y evitan las enfermedades. La actividad física regular contribuye a la salud de los huesos, los músculos y las articulaciones, ayuda a controlar el peso corporal y a reducir los niveles lípidos y la presión arterial. Promover la actividad física es una excelente manera de prevenir las enfermedades crónicas y, desde el punto de vista de los países, una estrategia económica para mejorar la salud pública.

La práctica del deporte es una manera eficaz de acercarse a los niños y adolescentes marginados, o a aquellos contra quienes se ejerce algún tipo de discriminación, como los huérfanos, los que tienen limitaciones mentales o físicas, los que viven o trabajan en la calle, personas en situación de conflicto violento, los que son víctimas de explotación sexual y los que pertenecen a comunidades indígenas. Para ellos, el deporte representa compañía, apoyo, sentido de pertenencia y conexión emocional.

Somos un proyecto de extensión solidaria y cultural del área de Deporte del Programa de Ciencias del Deporte y la Recreación, dedicado a brindar calidad de vida y desarrollo humano a la comunidad infantil entre 8 y 14 años, a través de sus servicios deportivos de promoción, iniciación y formación en diferentes disciplinas deportivas, enfocados hacia la construcción de la convivencia y la paz, el mejoramiento de la salud física, mental y espiritual, de todos los participantes y personas que conforman

sus diferentes estamentos. Serán reconocidos en Risaralda, como un proyecto sólido, sostenible y líder en procesos pedagógico-deportivos y comunitarios que promuevan en unidad con otras entidades públicas y privadas, el desarrollo del deporte formativo en el voleibol, educando a niños, jóvenes y adultos en estilos de vida saludables, la convivencia y la paz.

Planteamiento del problema y justificación

Las competencias en infantes han sido desde hace algunos años producto de reproche en el deporte colombiano debido a los atropellos físicos y mentales que traen consigo dichas actividades, en la década de los 90 se abordó el tema de los festivales deportivos en los que se promueven los grandes encuentros deportivos y recreativos en las diferentes disciplinas deportivas, que en sus orígenes tiene como finalidad principal la masificación del deporte lúdico, la demostración de habilidades Psicomotrices y debe tener la ambientación de fiesta infantil en la que se respire un contexto de confianza y camaradería y no de rivalidad.

El programa Ciencias del Deporte y la Recreación desde el año 1993 realiza festivales deportivos inicialmente en los deportes de baloncesto y atletismo; después fútbol y natación que en su origen y con base en sus creadores tienen como principal aporte el brindar a nuestros estudiantes escenarios de práctica ligados a las realidades de las comunidades que les permita adquirir las competencias profesionales en el campo de la pedagogía y la planificación.

La expectativa generada por la reunión semestral de una gran cantidad de niños en los diferentes deportes atrajo a los pensadores del área de deportes a construir una propuesta de escuelas de formación deportiva que permitiera a los niños interesados en continuar con la práctica deportiva como hábito de vida. La idea de planificar este Hay Festival Minivoleibol, en la ciudad de Pereira, capital del departamento de Risaralda y con

una población estimada de 600.000 habitantes ubicada a 400 kilómetros de la capital Bogotá, al suroccidente de Colombia, y con la profunda necesidad de darle solución a un problema bien sentido como es la falta de escenarios deportivos y recreativos existentes en nuestra ciudad, y con el gran interés de aportar a la sociedad de parte de la Universidad Tecnológica de Pereira, es la búsqueda de soluciones al problema, nació la idea de planificar, organizar, instruir y efectuar un montaje con carácter alternativo y posible como era el de diseñar, armar múltiples escenarios o canchas de Voleibol, simultáneamente para realizar un Festival de Mini voleibol donde los niños participaran continuamente durante todo el evento sin tener que esperar largos momentos por falta de escenarios disponibles, necesidades en escenarios deportivos de la comunidad deporte escolar y en la educación física se detectan falencias notables en escenarios deportivos y recreativos, los centros educativos no tiene lugares para realizar su deporte, deben trasladarse a un parque cercano para poder ejecutar, otros centros educativos lo tiene pero son llamadas placas polideportivas, donde en una sola cancha se ubican tres o cuatro deportes como lo es baloncesto, voleibol, futbol salón, y gimnasia básica. Esta consideración muestra un panorama desalentador para poder ejecutar la temática oficial o programa curricular del área de educación física escolar

Los festivales deportivos argumentan su importancia en la necesidad que tiene nuestra niñez y juventud de contar con procesos formativos integrales surgidos de los claustros de nuestra Universidad y llevados a cabo por estudiantes motivados por el deseo de retribuir a sus vecinos y amigos con el conocimiento recibido actualmente en sus asignaturas en el campo técnico deportivo y recreativo con el fin de distanciar a estos niños de tantos problemas que en sus cortas edades ya atormentan su existencia, como son:

La violencia intrafamiliar, el alcoholismo, la drogadicción y la prostitución infantil, y sociales que les permita cambiar la realidad de sus comunidades.

Consideramos posible por medio de la inclusión en procesos pensados integralmente, construir ciudadanos con habilidades físicas, deportivas y sociales que les permita cambiar la realidad de sus comunidades.

Apoyados en los aportes brindados en las necesidades expresadas por la sociedad, en la cual se evidencia la importancia de la niñez en los diferentes planes de gobierno y acunados en las propuestas que se gestan en la actualidad con relación al plan decenal de deporte, recreación, educación física y actividad física 2009-2019 que lo argumenta como un derecho constitucional y fundamental que brinde equidad social e inclusión cultural.

El proyecto de Hay Festival Minivoleibol UTP desarrollado por docente y estudiantes del área de deporte, espera generar en los niños y padres de familia motivación para continuar en procesos formativos en una o varias disciplinas deportivas.

Aumentar la base deportiva de Escuelas o clubes deportivos además de mejorar la cultura sobre la importancia de la práctica deportiva y actividad física saludable y permitir a nuestros estudiantes practicar, trabajar, apoyar el desarrollo de este proceso de formación en la región.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el hay festival minivoleibol u.t.p para los centros educativos, comunas, barrios, veredas, pueblos del eje cafetero

Objetivos específicos

1. Contribuir al proceso de formación integral de los escolares través de la práctica deportiva escolar en las Instituciones Educativas de la región.
2. Buscar mecanismos de participación deportiva en todos los Centros e Instituciones Educativas de la región.
3. Ampliar la cobertura poblacional por deporte, buscar mayor participación de los estudiantes de los diferentes Centros Educativos del eje cafetero.
4. Promover y fomentar la formación de hábitos deportivos, fortalecer la práctica de los valores en los niños, niñas, impulsando la formación deportiva y mejoramiento continuo de la competencia, favoreciendo la detección de talentos y la preparación de la reserva deportiva.
5. Desarrollar en los estudiantes del programa Ciencias del deporte, la práctica profesional deportiva con los escolares.
6. Transmitir conocimiento y enseñanzas deportivas a la comunidad externa escolar, impactando en lo social desde la Universidad.

Misión

Somos un proyecto de extensión solidaria y cultural del área de Deporte formativo y comunitario del Programa de Ciencias del Deporte y la Recreación, dedicado a brindar calidad de vida y desarrollo humano a la comunidad infantil entre 8 y 14 años, a través de sus servicios deportivos de promoción, iniciación y formación en disciplina deportivas del voleibol, enfocados hacia la construcción de la convivencia y la paz, el mejoramiento de la salud física, mental y espiritual, de todos los participantes y personas que conforman sus diferentes estamentos

Visión

Los hay festival minivoleibol UTP, serán reconocidos en la región, como un proyecto sólido, sostenible y líder en procesos pedagógico-deportivos y comunitarios que promuevan en unidad con otras entidades públicas y privadas, el desarrollo del deporte formativo en el voleibol, educando a niños, jóvenes y adultos en estilos de vida saludables, la convivencia y la paz.

Referente teórico

Recomendaciones adaptadas del informe del Secretario General de las Naciones Unidas sobre el deporte para el desarrollo y la paz.

1. Incorporar el deporte y la actividad física en el programa de desarrollo de los países y los organismos nacionales e internacionales de desarrollo, haciendo un particular hincapié en la juventud.
2. Convertir la práctica del deporte en un propósito y en una herramienta para lograr los Objetivos de Desarrollo para el Milenio y las metas de otras conferencias internacionales y alcanzar las metas más amplias de desarrollo y paz.
3. Incluir las iniciativas relacionadas con el deporte en los programas de los organismos de las Naciones Unidas siempre que sea apropiado, y de acuerdo con la evaluación de las necesidades locales.
4. Facilitar el establecimiento de alianzas innovadoras que incluyan el deporte como herramienta de desarrollo.
5. Como parte de la asistencia para el desarrollo en el exterior, instar a los gobiernos a destinar recursos a iniciativas y programas deportivos para el desarrollo que traten de lograr la máxima participación y acceso al “deporte para todos” dentro de sus propios países, y fortalecer la posición del deporte y la actividad

física en la formulación general de las políticas. Así mismo, urgir a los aliados del sistema de las Naciones Unidas –incluidos el sector privado, las organizaciones deportivas y la sociedad civil– a brindar apoyo financiero y en especie para el deporte en favor del desarrollo y la paz. En todos los países del mundo, el deporte, la recreación y el juego influyen positivamente en la salud física y mental. Esas actividades enseñan importantes lecciones sobre el respeto, la capacidad de liderazgo y la colaboración.

El UNICEF aprovecha el potencial del deporte, la recreación y el juego dentro de sus programas en diversos países. En la actualidad, está formando alianzas con todos los sectores de la sociedad, desde los gobiernos hasta el mundo deportivo y la sociedad civil, con el fin de promover el acceso de los niños y las niñas a los campos deportivos y darles a conocer tanto a ellos como a sus familias los beneficios de la actividad física.

El juego, un asunto serio

Desde el momento en que nacen, y antes de empezar a hacer gorgoritos y a balbucear, los bebés comienzan a explorar. Estiran las manos, tocan los objetos, los agarran, los sacuden y se los llevan a la boca; en otras palabras, descubren poco a poco el mundo no solo con los ojos y los oídos, sino también con las manos, los pies y la boca. Los bebés juegan.

Cuando juega, el niño permanece activo. Todo el tiempo hace nuevas observaciones, pregunta y responde, hace elecciones y amplía su imaginación y su creatividad. El juego proporciona al pequeño la estimulación y la actividad física que su cerebro necesita para desarrollarse y poder aprender en el futuro. A través del juego, el infante explora, inventa, crea, desarrolla habilidades sociales y formas de pensar; aprende a confrontar sus emociones, mejora sus aptitudes físicas y se descubre a sí mismo y sus propias capacidades. En la infancia, el juego constituye una sólida base para toda una vida de aprendizaje.

El niño en edad escolar

Al ir creciendo, el niño adquiere nuevas habilidades y perfecciona las que ya tiene. Trepar, correr, saltar, brincar, son actividades que, entre muchas otras, desarrollan y fortalecen su cuerpo. Y el proceso de socialización le ayuda a dominar las habilidades de índole más formal.

Los juegos basados en reglas y el trabajo formal en equipo desempeñan un papel crucial en el desarrollo de las habilidades físicas, el sentido de la colaboración, la empatía y el pensamiento lógico del pequeño, que aprende a observar las reglas, a compartir, a respetar a sus compañeros y a esperar su turno.

La adolescencia

La principal tarea del adolescente, hombre o mujer es la búsqueda de identidad. Como explorador de un mundo inmenso y desconocido, el adolescente prueba nuevos comportamientos y posibilidades. Con la orientación adecuada, desarrolla las habilidades que necesita para llegar a ser un adulto responsable y respetuoso de los demás.

El deporte organizado y la recreación física proporcionan al adolescente la oportunidad de expresarse, un aspecto esencial del proceso de descubrimiento. La razón es que esas actividades ayudan a desarrollar habilidades de comunicación, negociación y liderazgo, y ponen a prueba las aptitudes del joven, que mejoran al igual que la confianza en sí mismo. El deporte organizado y la actividad física ayudan a los jóvenes a establecer vínculos afectivos con sus compañeros y con los adultos, lo que genera sentido de comunidad y pertenencia.

Una práctica que enriquece la vida

Mediante el deporte, la recreación y el juego, los niños y los adolescentes de ambos sexos aprenden a pensar críticamente y a emplear su criterio para solucionar problemas. Esas actividades promueven el sentido de la amistad, la solidaridad y el juego limpio. También enseñan autodisciplina y respeto por los demás, fortalecen la autoconfianza, propician el liderazgo y desarrollan habilidades de afrontamiento y la capacidad de trabajar en equipo. No menos importante, el deporte, la recreación y el juego enseñan a los niños y niñas a hacer frente a las dificultades, y los preparan para asumir papeles de liderazgo y convertirse en individuos responsables y útiles a su comunidad.

El compromiso con el derecho a jugar

“Los Estados Parte reconocen el derecho de la niñez al descanso y la diversión, a jugar y realizar actividades recreativas apropiadas para la edad, y a participar libremente en la vida artística y cultural”. Los niños no solo tienen derecho a jugar, sino que los Estados deben “proveer oportunidades para el desarrollo de actividades culturales, artísticas y recreativas”.

Artículo 31 de la Convención sobre los Derechos del Niño (1989).

Como parte de su compromiso de propiciar una vida sana y proporcionar una educación de calidad, en el Período Extraordinario de Sesiones de las Naciones Unidas sobre la Infancia, en mayo del 2002, los líderes mundiales se comprometieron a:

- “Promover la salud física, mental y emocional de los niños, incluidos los adolescentes, por medio del juego, los deportes, actividades de esparcimiento y la expresión artística y cultural.”

- “Proporcionar instalaciones y oportunidades de acceso a actividades deportivas y de recreación en las escuelas y comunidades”.
- “Un mundo apropiado para los niños” (2002)
- “La educación física y la práctica de los deportes son un derecho fundamental de todo el mundo”.

Artículo 1 de la Carta Internacional de la Educación Física y el Deporte
(UNESCO, 1978).

Metodología

La ciencia del deporte, la recreación y el juego

Practicar alguna actividad física de manera habitual es crucial para el desarrollo físico, mental, psicológico y social. Los buenos hábitos se adquieren temprano en la vida: según diversas investigaciones, los menores que hacen ejercicio tienen más probabilidades de mantenerse activos físicamente cuando son adultos. El deporte, la recreación y el juego:

Fortalecen el organismo y evitan las enfermedades. La actividad física regular contribuye a la salud de los huesos, los músculos y las articulaciones, ayuda a controlar el peso corporal y a reducir los niveles lípidos y la presión arterial. Promover la actividad física es una excelente manera de prevenir las enfermedades crónicas y, desde el punto de vista de los países, una estrategia económica para mejorar la salud pública.

Una ayuda para prosperar

Los juegos deportivos, los festivales y los atletas populares tienen el poder de congregarse en enormes multitudes y de atraer gente que no tiene acceso a los servicios de salud, en especial la que

vive en zonas rurales y remotas. Esta clase de eventos constituyen excelentes oportunidades para fomentar un estilo de vida saludable recalcando, por ejemplo, los beneficios del ejercicio, la higiene y el saneamiento ambiental, y advirtiendo contra los efectos nocivos de algunas conductas, como fumar, consumir alcohol y utilizar otro tipo de drogas.

Llegar a todos, niños y niñas

La práctica del deporte es una manera eficaz de acercarse a los niños y adolescentes marginados, o a aquellos contra quienes se ejerce algún tipo de discriminación, como los huérfanos, los que tienen limitaciones mentales o físicas, los que viven o trabajan en la calle, los excombatientes, los que son víctimas de explotación sexual y los que pertenecen a comunidades indígenas. Para ellos, el deporte representa compañía, apoyo, sentido de pertenencia y conexión emocional.

Descripción del proyecto

De acuerdo con la planificación del evento, esta actividad recreativa para niños, niñas del eje cafetero, de diferentes edades entre los 8 y los 12 años. Es indudable que el deporte puede ayudar al desarrollo de ciertas características de los niños, ya que despierta su motivación hacia el aprendizaje y les muestra cómo el trabajo arduo puede conducir al éxito.

Por lo tanto, la Universidad Tecnológica de Pereira decidió crear los festivales en su área de deportes del programa Ciencias del Deporte, por toda la región, un nuevo esquema que tiene como objetivo enseñarles a los niños a jugar, practicar y recrearse en deportes, en una atmósfera divertida, competitiva y estimulante. No obstante, no basta con crear un juego basado en la enseñanza de nuevas cualidades si no se cuenta con alguien que se encargue de la orientación a lo largo del proceso. Es importante que el estudiante de los festivales tenga claro que la competición forma

parte del proceso de desarrollo deportivo, ya que constituye un medio ideal de aprendizaje del juego en sí, el cual tendrá como objetivo la organización de competiciones a intervalos regulares, ayudará a que los participantes entiendan la competición y admitan que se trata de un lugar en el que deben dar lo mejor de sí mismos al mismo tiempo que se divierten. A este nivel el estudiante practicante puede entrenar y ayudar a estructurar la actitud de los niños ante la competición, durante e incluso después de la misma.

En consecuencia, es importante que los practicantes entiendan que: la competición exige el compromiso de los niños, ya que a ellos les corresponde decidir trabajar bien o no. Este procedimiento podría ayudar a ejercer una influencia en su actitud tanto hacia el deporte como hacia la vida.

Una de las ideas centrales de los festivales es elogiar a los niños de manera correcta. El tema es que se podría elogiar excesivamente a un jugador y ocasionar un impacto negativo, como, por ejemplo, una reacción egocéntrica exacerbada del jugador concernido, lo cual puede ser adverso para todos.

Sin embargo, el elogio se debe hacer si es merecido, específicamente cuando se trata de su propio esfuerzo. Aunque es importante ganar cuando se juega un deporte, también es necesario aprender cómo reaccionar correctamente en caso de perder. El fracaso debe comprenderse como algo que requiere reflexión sobre lo que se debe mejorar. La organización del sistema de competición requiere una atención particular por parte de las personas directamente responsables (por ejemplo: monitores, líderes locales y regionales), ya que las oportunidades que se le dediquen a la práctica ejercerán una influencia en las posibilidades de desarrollo del deporte. Nuestra intención es hacer hincapié en que la primera preocupación de los organizadores sea crear situaciones que permitan la participación de todos. Esto significa que los sistemas de competición no deben estar

orientados hacia la eliminación y deben asegurar la participación de todos los niños a lo largo del torneo, mediante la creación de condiciones que permitan la realización de partidos simultáneos. Nunca debemos olvidar que todos los participantes merecen recibir un reconocimiento, aunque sea por haber participado en el torneo. Esto requiere que los organizadores recaben fondos y patrocinios que respondan a estas necesidades.

Esto no significa que el reconocimiento debe ser algo de valor monetario. A menudo, con cosas sencillas y presupuestos bajos, los niños sienten que se ha reconocido su esfuerzo.

Aunque los eventos se extienden durante varias horas, éstos no deberían ser demasiado largos, ya que los niños se cansan; el sistema de competiciones debe constar de partidos consecutivos y, en caso de necesidad, se deben programar espacios entre los partidos para que los niños hagan labores y estén ocupados. Los retrasos previos a los eventos suelen ser ocasionados principalmente por malgasto de tiempo en formalidades innecesarias. Para evitar que eso ocurra es importante que el evento sea sencillo y se organice rápidamente. El tiempo libre debería incluir a su vez actividades de esparcimiento para que el mismo transcurra de manera activa y participativa, a través del juego, para concluir, es de suma importancia recordar que el “espíritu” del equipo debe permanecer presente en el corazón del FESTIVAL. Es decir que todos pertenecen a una gran familia cuyo nexo es la práctica del deporte, por esta razón los niños deben desempeñar un papel activo y deben hacer sugerencias acerca de todos los planes, nunca se debe olvidar que este proyecto es para todos a partir del momento en que todos sientan que pertenecen al mismo. Esto requiere el esfuerzo de todos, así como también una participación activa y siempre hay que recordar a los jugadores jóvenes.

Actividades

- Estudiantes del programa Ciencias del Deporte y la Recreación, matriculados y cursando las materias de deportes en cuestión.
- Docente exponiendo a los estudiantes toda la planificación y metodología del festival.
- Docente programando fechas del festival, comisiones de trabajo.
- Estudiantes buscando colegios, escuelas, lugares de enseñanza y práctica.
- Estudiantes, confirmando lugares, horas, y alumnos escolares, para sus prácticas.
- Estudiantes rigurosamente, 2 y cuatro horas por semana, orientando la actividad deportiva, a sus escolares.
- Docente supervisando las labores de práctica de sus estudiantes universitarios.
- Estudiantes durante dos a tres meses impartiendo sus enseñanzas
- Escenarios de práctica, establecidos y referenciados ante los docentes.
- Implementación requerida para las practicas, suministrada por la Universidad Tecnológica de Pereira, y sus programas de Ciencias del Deporte y la Vicerrectoría de Responsabilidad Social.
- Transporte suministrado por el proyecto, para el desplazamiento de los estudiantes universitarios, hacia los lugares de práctica.
- Montaje, infraestructura, transporte, suministrada por el proyecto, para el día del evento.
- Refrigerios para todos los escolares presentes el día del evento, FESTIVAL, suministrado por el proyecto.

- Premiación consistente en banderines y diplomas, suministrada por el proyecto.
- Transporte para el día del evento, para todos los escolares participantes en el FESTIVAL.
- Cartillas didácticas editadas producto del evento, sobre los festivales deportivos, publicadas y suministradas a las escuelas y colegios participantes.
- Para el segundo semestre de cada año se repite las mismas actividades reseñadas anteriormente, pues los FESTIVALES se realizan dos veces por año

Cronograma

HAY FESTIVAL MINIVOLEIBOL U.T.P / 2 VERSIONES AL AÑO									
Actividades/Fecha Límite	FEB	MAR	ABR	MAY	JU	AGO	SEP	OCT	NOV
Planificación docentes y estudiantes	X					X			
Búsqueda de Colegios	X					X			
Compra de implementos	X					X			
Estudiantes en sus practicas		X	X	X			X	X	X
Docentes en supervisión		X	X	X			X	X	X
Compra de premiación			X					X	
Festivales en ejecución				X					X
Transporte de escolares				X					X
Evaluación de festivales				X					X
Publicación de cartillas didácticas					X				X

Población

1. Niños y niñas en edades comprendidas entre 8 a 12 años, de la comunidad escolar del eje cafetero y la región. (1200 por año).
2. Docente del programa Ciencias del Deporte y la Recreación, de la Facultad de Ciencias de la Salud.

3. Estudiantes del programa Ciencias Del Deporte y la Recreación.
(120 por año) estudiantes.

4. Monitores académicos (2).

5. Monitores Sociales (2).

Territorio de ejecución

El proyecto HAY FESTIVAL MINIVOLEIBOL U.T.P se ejecutará en el Campus de la Universidad Tecnológica de Pereira, en su cancha de futbol, en la pista atlética, canchas de deportes.

Las prácticas por parte de los estudiantes universitarios se realizarán en los colegios, barrios, comunas, y placas deportivas del eje cafetero.



Resultados

Resultados esperados

1. 1200 niños escolares atendidos cada año en iniciación, formación deportiva, recreación, uso óptimo del tiempo libre, calidad de vida, convivencia y paz, integración social, y acercamiento con la Universidad Tecnológica de Pereira.
2. 120 estudiantes por año del programa Ciencias del Deporte, haciendo su práctica deportiva en lo técnico, pedagógico, metodológico.
3. Programa de Ciencias del Deporte y facultad Ciencias de la Salud cumpliendo con la misión institucional de velar por la extensión social, con el entorno, brindando el saber y la integralidad del ser a la comunidad externa.
4. Universidad Tecnológica de Pereira cumpliéndole a las metas del milenio, en lo mandatorio de la infancia y sus derechos.

Memoria proyecto hay festival minivoleibol UTP

Cómo empezamos

Iniciamos en el año de 2012 un 20 de junio, con diez (10) canchas simultáneas, con el sistema de andamios y cintas plásticas para la demarcación. El lugar fue el centro de convenciones cámara de comercio Pereira, dentro del marco de la semana de la salud congreso realizado por la Universidad Tecnológica d Pereira, con ciento cincuenta niños (150) donde se jugó con el sistema de cuatro contra cuatro 4 x 4. Para 78 partidos y 37 equipos.

El equipo de trabajo estuvo constituido por los estudiantes de quinto semestre de la materia voleibol, programa Ciencias del Deporte y la Recreación, adicional los dos monitores académicos y un docente. Fue el primer festival realizado, y hasta el momento

el único que se ha ejecutado fuera del campus universitario con un total éxito y la participación de 21 colegios, del área metropolitana de Pereira.



Para el Hay Festival número 11° realizado en noviembre de 2017 en el campo de fútbol de la Universidad se utiliza un nuevo montaje, 12 canchas con tubos metálicos y trasladables con roda chines o ruedas, que se obtienen de concursar de forma interna en convocatoria de recursos de extensión solidaria. Implementación que reemplaza del todo el sistema de andamios, este montaje de canchas trasladables solo necesita ser sostenido por sujeción a tierra o por peso de soporte. Para este evento participan 300 niños. Mucho más estético y versátil de armar este método, además de ser propio del mismo HAY FESTIVAL UTP.



Hasta llegar al día de hoy en nuestra versión número 13° con treinta y tres (33) canchas simultaneas y seis cientos (600) escolares de la región, siendo impactados por la extensión institucional como pilar misional ampliamente constituido.

Aportes del hay festival al objeto del programa ciencias del deporte y la recreación

Los hay festival minivoleibol UTP son el medio por el cual la comunidad escolar, recibe los beneficios del programa Ciencias del Deporte el cual ha diseñado a través del área de deporte, y sus proyectos de extensión, los cuales se encargan de planificar, preparar, ejecutar controlar y evaluar los mismos, en dependencia de sus escenarios por medio de actividades que tienen como fin promover, fomentar y fortalecer el deporte. Fomentar los hábitos de la sana competencia, afianzar los valores sociales y contribuir en general al proceso de formación integral de sus participantes y suscitar los procesos que impulsen a la práctica y masificación del deporte en las instituciones educativas, de acuerdo a los lineamientos y prioridades de las prácticas deportivas en iniciación, formación, fundamentación infantil, con el propósito de contribuir a la formación integral de los niños, facilitándole condiciones de

integración para el desarrollo de la práctica deportiva y fomento sociocultural del niño, niña y joven Colombiano, creándole la cultura de que la actividad física es salud.



Impacto social

La práctica del deporte es una manera eficaz de acercarse a los niños y adolescentes marginados, o a aquellos contra quienes se ejerce algún tipo de discriminación, como los huérfanos, los que tienen limitaciones mentales o físicas, los que viven o trabajan en la calle, los excombatientes, los que son víctimas de explotación sexual y los que pertenecen a comunidades indígenas. Para ellos, el deporte representa compañía, apoyo, sentido de pertenencia y conexión emocional.

# FESTIVAL	# CANCHA	# PARTIDOS	# EQUIPOS	# PARTICIP	# ESTUDIAN
1	10	70	37	150	60
2	13	130	40	200	60
3	13	130	50	200	60
4	13	130	50	200	60
5	13	130	50	200	60
6	20	217	60	250	60

7	25	250	65	400	60
8	25	250	65	600	60
9	32	300	80	700	60
10	33	300	85	700	60
11	12	200	50	300	60
12	33	600	85	600	60
13	33	600	80	600	60

NUMEROS

Conclusiones

- 1- Estudiantes del programa Ciencias del Deporte y la Recreación haciendo su práctica deportiva
- 2- Docente trabajando por la extensión social.
- 3- Docente inculcando a sus estudiantes el trabajo social comunitario desde la academia
- 4- Estudiantes compartiendo el conocimiento académico adquirido a colegios, escuelas, lugares de enseñanza y práctica.
- 5- Estudiantes rigurosamente, cumpliendo con dos horas de práctica en extensión por semana.
- 6- Estudiantes durante tres meses impartiendo sus enseñanzas a la comunidad externa escolar deportiva infantil.
- 7- Docente supervisando las labores de práctica de sus estudiantes universitarios.
- 8- Estudiantes en escenarios de práctica, establecidos y referenciados ante el docente
- 9- Montaje, infraestructura, transporte, suministrada por el proyecto, para el día del evento.
- 10- Refrigerios para todos los escolares presentes el día del evento festival, suministrado por el proyecto.

- 11- Premiación consistente en diplomas y banderines suministrados por el proyecto.
- 12- Transporte para el día del evento, para todos los escolares participantes en el festival.
- 13- Cartilla didácticas editadas producto del evento, sobre los festivales deportivos, publicadas y suministradas a las escuelas y colegios participantes.

Bibliografía

- Asencio, C. G. (12 de Septiembre de 2011). <https://www.us.es/centros/departamentos/educacion-fisica-y-deporte>. Obtenido de <https://www.us.es/centros/departamentos/educacion-fisica-y-deporte>: <https://www.us.es/centros/departamentos/educacion-fisica-y-deporte>
- Atsotegui, C. S. (23 de Julio de 2014). *Proyecto Deportivo de Centro*. Obtenido de https://www.bizkaia.eus/kultura/kirolak/pdf/ca_Proyecto_d.pdf?hash=a3f188970984f63cf4deba1439a54ba9: https://www.bizkaia.eus/kultura/kirolak/pdf/ca_Proyecto_d.pdf?hash=a3f188970984f63cf4deba1439a54ba9
- Bachmann, E. y. (1995). *1000 Ejercicios y Juegos del Voleibol y Minivolei*. Barcelona: Hispano Europea,S.A.
- Carvalho, O. M. (2008). *Voleibol 1000 Ejercicios* . Rio de Janeiro: Sprint LTDA.
- Castro, O. D. (2018). *Universidad Santo Tomas. Tesis de grado*. Obtenido de file:///C:/Users/CasaG/Documents/LUISGUI%20PC/Minivoley/Cartilla%20de%20juegos.pdf

- Castro, O. M. (17 de Mayo de 2018). *file:///C:/Users/CasaG/Documents/LUISGUI%20PC/Minivoley/Cartilla%20de%20juegos.pdf*. Obtenido de *file:///C:/Users/CasaG/Documents/LUISGUI%20PC/Minivoley/Cartilla%20de%20juegos.pdf*: *file:///C:/Users/CasaG/Documents/LUISGUI%20PC/Minivoley/Cartilla%20de%20juegos.pdf*
- Chejov, Y. Z. (2000). *La Preparación de los Voleibolistas Jovenes*. La Habana: Cientifico Técnica.
- Desarrollo, F. (2014). *Minivoleibol*. Lausana, Suiza: FIVB.
- García, L. G. (2003). *Voleibol Fundamentación*. Armenia: Kinesis.
- García, L. G. (2017). *Cartilla Didáctica Hay Festival Minivoleibol U.T.P*. Pereira: Publiprint S.A.S.
- Hessing, W. (2015). *Voleibol para Principiantes*. Barcelona: Paidotribo.
- Lucas, J. (2015). *El Voleibol Iniciación y Perfeccionamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Montes, D. A. (2017). Influencia de los Juegos. *Revista Digital lecturas de educacion fisica*, 8-10.
- Moras, G. (2000). *La Preparacion Integral en el Voleibol*. Barcelona: Paidotribo.
- Papageorgios, A. (2010). *Libro de Entrenadores de Voleibol*. United kindong: Meyer&Meyer Sport.
- Pequevoley, E. (8 de Noviembre de 2019). *http://www.rfevb.com/pequevoley/eventos-pequevoley*. Obtenido de *http://www.rfevb.com/pequevoley/eventos-pequevoley*: *http://www.rfevb.com/pequevoley/eventos-pequevoley*

Sánchez, W. R. (24 de Marzo de 2014). http://repositorio.roca.utfp.r.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/4491/1/MD_EDUMTE_2014_2_121.pdf. Obtenido de http://repositorio.roca.utfp.r.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/4491/1/MD_EDUMTE_2014_2_121.pdf: http://repositorio.roca.utfp.r.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/4491/1/MD_EDUMTE_2014_2_121.pdf

Sergio, C. (13 de Noviembre de 2005). *Proyecto Deportivo de Centro*. Obtenido de Deporte de la Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao.

Tovar, S. C. (28 de Abril de 2010). <http://ened.conade.gob.mx/capacitacion.html>. Obtenido de <http://ened.conade.gob.mx/capacitacion.html>: <http://ened.conade.gob.mx/capacitacion.html>

Toyoda, H. (21 de Febrero de 2014). www.fivb.org. Obtenido de www.fivb.org: www.fivb.org

Uribe, I. D. (2018). Iniciación deportiva y praxiología motriz . *Educacion Fisica y Deportes*, 6-8.

Valladares, J. A. (10 de Diciembre de 2016). <http://www.pequevoley.com/pdf/valladares.pdf>. Obtenido de <http://www.pequevoley.com/pdf/valladares.pdf>: <http://www.pequevoley.com/pdf/valladares.pdf>

Villora, S. G. (2009). El Concepto de Iniciación Deportiva en la Actualidad. *Redalyc*, 14.

Volley, C. (24 de Enero de 2018). www.fivb.org. Obtenido de www.fivb.org: www.fivb.org

Wise, M. (2003). *Voleibol*. Barcelona: Hispano Europea.

Sergio, C. (2005). “Proyecto Deportivo de Centro”. Dirección General de Deporte de la Diputación Foral de Bizkaia. Bilbao. (Sergio, 2005)

10

CAPÍTULO DIEZ

**FABRICACION DE SUPERFICIES
SELECTIVAS SOBRE SUSTRATOS
METALICOS UTILIZANDO LAS
TECNICAS CVD ASISTIDA POR
AEROSOL Y ASPERSION**

**MANUFACTURE OF SELECTIVE
SURFACES ON METALLIC
SUBSTRATES USING THE
TECHNIQUES OF SPRAY AND CVD
ASSISTED BY AEROSOL**

Leidy Mariana Mosquera Rivera¹

Jorge Iván Montes Monsalve²

Beatriz Cruz Muñoz³

Rubén Dorantes Rodríguez⁴

Leidy Mariana Mosquera Rivera

Institución Universidad Tecnológica de Pereira

Email leidymariana1997@utp.edu.co

Resumen

La reducción de pérdidas ópticas en colectores solares planos son un factor importante en la eficiencia de conversión de la radiación solar de estos dispositivos. En este trabajo, se implementó el uso de dos técnicas de depósito de películas delgadas, las cuales tienen como propósito depositar pinturas de alta temperatura como posible capa absorbidora y TiO_2 como posible capa antirreflejante para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas ópticas de un colector solar. Se hace uso de la técnica de depósito químico de vapor asistido por aerosol (AACVD) debido a su bajo costo y versatilidad para escalar los resultados, con el fin de obtener películas delgadas de TiO_2 y estudiar sus propiedades como superficie antirreflejante en función de la variación de los parámetros del proceso: velocidad de depósito, temperatura de sustrato, flujo de aire y número de capas. La solución precursora se preparó a partir de Oxiacetil Acetonato de Titanio (IV) (pureza 90 %) disuelta en alcohol metílico (pureza 99,8 %) en concentración molar de 0,05 M disuelto durante 20 minutos en baño ultrasónico. Cada sustrato de vidrio se limpió en un baño de alcohol metílico y acetona.

Los depósitos se realizaron con el fin de evaluar las propiedades ópticas de los recubrimientos a partir de la variación del flujo de aire (2 L/min - 6 L/min), temperatura del sustrato (150 °C - 450 °C) y la velocidad de depósito (0.6 cm/min - 0.8 cm/min). Se realizó caracterización óptica por medio de espectroscopia UV-VIS, se midieron espectros de transmitancia para cada película que se depositó variando la temperatura del sustrato. Las medidas de transmitancia permitieron determinar la temperatura ideal de depósito y hallar a su vez, la energía de la banda prohibida. Se determinó la influencia de temperatura del sustrato para hallar una estabilidad térmica de los recubrimientos por medio de termogravimetría (TGA).

La segunda técnica de depósito se conoce como aspersión o depósito por spray, con este método, se depositan dos tipos de pinturas comerciales de alta temperatura que se encuentran fácilmente en el mercado colombiano sobre sustratos de aluminio, cobre y acero inoxidable 304, se estudian sus propiedades ópticas, mecánicas y de durabilidad para poder ser utilizadas como superficies absorbedoras. Se realizó caracterización **óptica por medio de espectroscopia UV-VIS, se midieron espectros de reflectividad y absorptividad y se realizó mediciones de emisividad para conocer la capacidad de las pinturas para emitir energía infrarroja. Se midió el grosor y se emplearon ensayos de adherencia, durabilidad y corrosión en un ambiente salino.** Las evidencias anteriores permiten concluir que las pinturas de alta temperatura como el material depositado por estas dos técnicas, pueden ser utilizados como capa absorbidora y capa antirreflejante que podrían implementarse en colectores solares.

Palabras claves: Absortividad, Aspersión, CVDAA, Superficie absorbidora, Superficie antirreflejante.

Abstract

The reduction of optical losses in flat solar collectors is an important factor in the efficiency of conversion of solar radiation of these devices. In this work, the use of two techniques for depositing thin films was implemented, which aim to deposit high-temperature paints as a possible absorbent layer and TiO₂ as a possible anti-reflective layer to improve the efficiency and reduce the optical losses of a solar collector. The aerosol-assisted vapor chemical deposition (AACVD) technique is used due to its low cost and versatility to scale the results, in order to obtain thin films of TiO₂ and study its properties as an anti-reflective surface as a function of variation. of the process parameters: deposit speed, substrate temperature, air flow and number of layers. The precursor solution was prepared from Titanium (IV) Oxyacetyl

Acetate (90% purity) dissolved in methyl alcohol (99.8% purity) at a molar concentration of 0.05 M dissolved for 20 minutes in an ultrasonic bath. Each glass substrate was cleaned in a methyl alcohol / acetone bath.

The deposits were made in order to evaluate the optical properties of the coatings from the variation of air flow (2 L / min - 6 L / min), substrate temperature (150 ° C - 450 ° C) and the deposit speed (0.6 cm / min - 0.8 cm / min). Optical characterization was carried out by means of UV-VIS spectroscopy, transmittance spectra were measured for each film that was deposited by varying the temperature of the substrate. The transmittance measurements made it possible to determine the ideal storage temperature and, in turn, to find the energy of the forbidden band. The temperature influence of the substrate was determined to find a thermal stability of the coatings by means of thermogravimetry (TGA).

The second deposit technique is known as aspersion or spray deposit, with this method, two types of high temperature commercial paints are deposited that are easily found in the colombian market on aluminum, copper and 304 stainless steel substrates, their optical, mechanical and durability properties to be used as absorbent surfaces. Optical characterization was carried out by means of UV-VIS spectroscopy, reflectivity and absorptivity spectra were measured and emissivity measurements were made to know the ability of the paints to emit infrared energy. The thickness was measured and adhesion, durability and corrosion tests were used in a saline environment. The previous evidences allow to conclude that high temperature paints as the material deposited by these two techniques, can be used as an absorbent layer and an anti-reflective layer that could be implemented in solar collectors.

Keywords: Absorptivity, Absorbing surface, Anti-reflective surface, Aspersion, CVDAA.

Introducción

Un colector solar es un dispositivo que se encarga de coleccionar energía proveniente del sol y a través de este proceso, eleva la temperatura para calentar algún tipo de fluido, en nuestro caso, calentar agua. La captación de la irradiación solar se puede clasificar en calentamiento solar de baja temperatura (30 °C a 90 °C), media temperatura (91 °C a 250 °C), y alta temperatura (251 °C a 1500 °C). Tener buenas propiedades ópticas en colectores solares planos es un factor importante en la eficiencia de conversión térmica de la irradiación solar. Los siguientes antecedentes se han centrado en encontrar una superficie absorbente que cuente con buenas propiedades ópticas para mejorar la eficiencia en el colector solar, que sean duraderos y económicos.

Hay dos pinturas comerciales con selectividad espectral y sensibles al espesor. Estas pinturas se comercializan bajo las marcas registradas Solarect-Z y SolkoteHI/SORB-II. La pintura Solkote contiene un aglutinante de polímero de silicona y dependiendo del sustrato y del espesor del recubrimiento, una absorción solar de 0,88 a 0,94 y una emisión térmica de 0,28 a 0,49. La pintura Solarect-Z contiene un pigmento de FeMnCuOx en una resina de siloxano y tiene una absorción solar en el rango de 0.90 a 0.92 y una emitancia térmica entre 0.20 y 0.25 para un recubrimiento de 2 a 3 μm de espesor en aluminio. Estudios realizados en un laboratorio de una gama de los pigmentos para un pigmento de acero-manganeso de óxido de cobre (FeMnCuOx) con un aglutinante de silicona, registro una absorción solar 0.92 y una emitancia térmica de 0.13 (Teschmichael, T. Hoel, A. Wäckelgård, E. Niklasson, G. Gunde, M. Orel, Z. (2001)). El recubrimiento a base de W-Ni- busca trabajar en el rango de altas temperaturas, utiliza la estrategia de depositar una capa de níquel (Ni) o tungsteno (W) sobre el sustrato de acero inoxidable pulido mecánicamente para que actúe como una barrera de difusión y como un recubrimiento de baja emisión de IR para mejorar la selectividad espectral. Estudia el rendimiento de la capa de reflector IR de metal con

una estructura de cermet de doble capa y dos recubrimientos antirreflectante (ARC). Las capas de cermet basadas en el material anfitrión de cerámica se llenan con una aleación de Ni-W estable a alta temperatura preparada por pulverización conjunta, lo cual logra obtener un absorbedor solar con una absorptancia de 0.9 y una emitancia hemisférica total de ≈ 0.15 a una temperatura de funcionamiento de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Cao, F. Kraemer, D. Sun, T. Lan Y. Chen, G. Ren, Z. (2014)).

La energía, evidentemente, es el pilar del desarrollo de los procesos productivos, del progreso social de los países y elemento fundamental del avance tecnológico mundial y lograr su amplia disponibilidad en la sociedad es un factor importante de calidad de vida para los seres humanos, ya sea a través del uso de la energía para calentamiento, para disponer de energía eléctrica o para producir combustibles. Es así como los proyectos de generación en el sistema eléctrico en Colombia no solo impulsan el desarrollo sostenible, es decir, el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable, aprovechando las ventajas que geográficamente abundan en Colombia, sino que también benefician la población que carece de estos servicios, como son las zonas no interconectadas (zonas rurales) (Cortés, S. Arango L, A. (2017)). Sin embargo, también es de destacar que estas zonas también tienen problemas en el uso de equipos para secado de productos agrícolas, potabilización y desalinización de agua e inclusive en la falta de disponibilidad de combustibles para la cocción de alimentos, los cuales pueden ser resueltos con el uso de la energía solar y otras fuentes renovables.

Esta investigación se enfocó en la fabricación de películas delgadas y en la aplicación de pinturas comerciales que pueden emplearse como recubrimientos selectivos para ser utilizados como superficie absorbidora y superficie antirreflejante en un colector solar. Las técnicas empleadas para realizar los depósitos fueron: Depósito Químico de Vapor Asistida por Aerosol (AACVD) y aspersion. Además, se caracterizaron las propiedades

ópticas mediante espectros de reflectancia y transmitancia, las propiedades mecánicas (adherencia) y medidas de emisividad térmica de los recubrimientos obtenidos.

Planteamiento del problema y justificación

El alto uso de combustibles fósiles a nivel mundial ha producido problemas de seguridad energética, ambientales y económicos que obligan a generar cambios tecnológicos en los procesos de conversión energética tradicionales a tecnologías sostenibles y de altos rendimientos como lo son las fuentes de energía renovables. Existen tecnologías diversas de captación de la energía solar dependiendo de la temperatura (baja, media o alta) que se requiera para una aplicación específica. Una de las tecnologías más usadas desde la década de 1950 se denomina calentador solar plano con cubierta de vidrio o de policarbonato, con tubo y aleta de cobre o tubo de cobre y aleta de aluminio.

Actualmente, la mayoría de los equipos utilizados en Colombia son de importación, a pesar de que sus procesos de manufactura no son complicados, por lo que representa una gran oportunidad para la industria colombiana fabricar este tipo de calentadores solares y para las universidades, el reto de contribuir al desarrollo de mejores tecnologías aplicadas en energías renovables, adaptadas a las necesidades específicas y que sean transferidas a la industria. Uno de los principales desafíos es cómo mejorar el rendimiento térmico de las superficies captadoras y del colector solar en general, para lo cual es necesario realizar estudios experimentales que se deben desarrollar a nivel microscópico de la estructura y de las propiedades ópticas y mecánicas de los recubrimientos, una vez depositados sobre las superficies captadoras.

Se pretendió abordar este tema utilizando la técnica de depósito químico de vapor asistido por aerosol (AACVD), realizando depósitos sobre láminas de vidrio de materiales tipo cermet u óxidos metálicos que han mostrado, de acuerdo con

la revisión bibliográfica, tener selectividades aceptables con posibilidad de ser optimizadas. Además, se pretendió emplear a su vez, el uso de la técnica por aspersión o también conocido método de spray para pinturas comerciales de alta temperatura que se encuentran en el mercado colombiano, estas pinturas permiten una aplicación fácil, rápida y eficaz. Se realizaron depósitos sobre láminas de cobre, aluminio y acero inoxidable 304 y se estudiaron sus propiedades ópticas, mecánicas y de durabilidad. Con la ejecución de este trabajo se pretendió aportar en el desarrollo y optimización de superficies selectivas que puedan en un futuro ser empleadas como absorbedores y capas antirreflejantes de colectores solares.

Objetivos

Objetivo general

Depositar superficies selectivas sobre sustratos de aluminio, cobre o acero inoxidable 304 utilizando la técnica de depósito químico de vapor asistido por aerosol (AACVD) y la técnica de aspersión.

Objetivos específicos

- Depositar recubrimientos selectivos sobre sustratos de aluminio y cobre utilizando la técnica AACVD.
- Depositar pinturas comerciales de alta temperatura sobre sustratos de aluminio, cobre y acero inoxidable 304 utilizando la técnica por aspersión.
- Caracterizar óptica y térmicamente cada uno de los recubrimientos depositados por AACVD determinando aquellos con mayor selectividad.

- Caracterizar óptica, térmica y mecánicamente los recubrimientos depositados por aspersión antes y después de ser sometidos a prueba de durabilidad en la cámara salina.
- Determinar el sustrato(s) y recubrimiento(s) con mayor selectividad y durabilidad en ambiente salino.

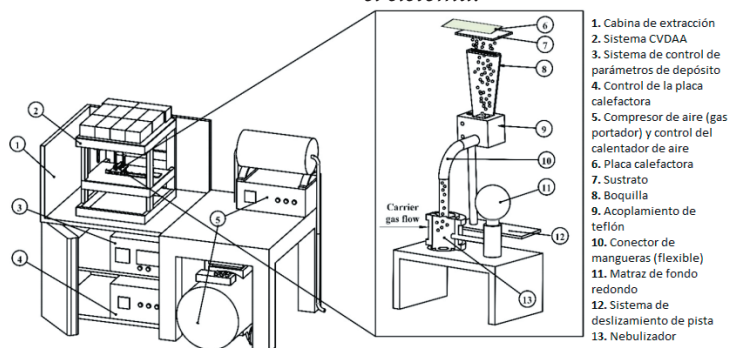
Referente teórico

En este trabajo se emplearon dos técnicas de depósito de los recubrimientos las cuales se describen a continuación:

(a) Depósito químico de vapor asistido por aerosol (AACVD) Esta técnica consiste en **(i)** un proceso de atomización de la solución precursora, la cual genera gotas que se envían (por medio de un gas portador) con cierta velocidad inicial hacia la superficie de un sustrato, **(ii)** el proceso de transporte de la pulverización de la gota, donde se tiene como objetivo trasladar tantas gotas como sea posible a la superficie del sustrato y **(iii)** la descomposición del precursor sobre la superficie del sustrato, el precursor se mueve a través del ambiente calentado exponiéndose a diversos cambios físicos y químicos, los cuales dependen del tamaño de la gota y la temperatura ambiente (Hou, X. Choy , K. (2006)). El material depositado crece a partir del vapor de gotas que pasa muy cerca del sustrato caliente. El proceso de atomización se puede realizar mediante diferentes métodos: aire comprimido (el líquido se expone a una corriente de aire), nebulizadores ultrasonidos (frecuencias ultrasónicas producen las longitudes de onda cortas necesaria para la atomización fina) o técnicas electrostáticas (el líquido se expone a un campo eléctrico); la pulverización de la solución difiere para los casos mencionados en el tamaño de gota, la velocidad de atomización y la velocidad inicial de las gotas (Filipovic, L., Selberherr, S., Mutinati, G., Brunet, E., Steinhauer, S., Koeck, A., Kraft, J., & Schrank, F. (2013)), La eficiencia del depósito a través de la técnica depende de variables como: la temperatura del sustrato, el tamaño de la

gota, la velocidad de pulverización, la velocidad de enfriamiento después del depósito y la distancia del atomizador al sustrato. En la figura 1 se muestra el esquema descriptivo de la técnica AACVD donde se presenta cada uno de los componentes del sistema. El ítem 2 denominado sistema AACVD se encuentra conformado por piezas que influyen directamente en el depósito del material, como son: la placa calefactora (temperatura de depósito 200 °C - 550 °C), la tobera (velocidad constante de movimiento entre 0.2 cm/min - 1.0 cm/min), distancia entre la boquilla de la tobera y el sustrato (1 mm - 10 mm). Estos parámetros incluyendo la distancia de depósito, el tiempo entre capas depositadas y el número de capas se controlan con los sistemas representados por el ítem 3 y 4 de la figura denominados, sistema de control de parámetros de depósito y control de la placa calefactora, respectivamente. Otro de parámetro importante es el flujo del aire (aire de arrastre) que ayuda al ascenso de la solución nebulizada, este es generado por un compresor y calentado hasta una temperatura aproximada de 30° C, su flujo se controla por un rotámetro mecánico (ítem 5 Figura 1).

Figura 1. Diagrama descriptivo de la técnica asistida por aerosol (AACVD) donde se presenta cada uno de los componentes que componen el sistema.



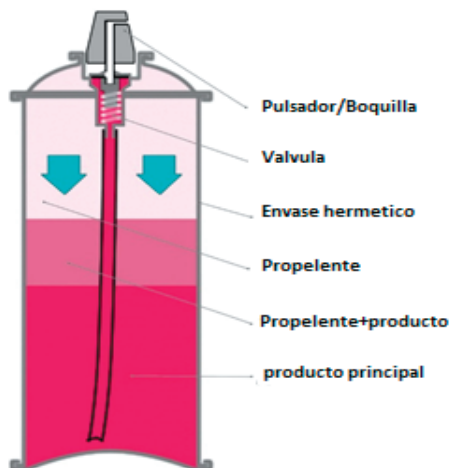
Fuente: Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodríguez. (2020)

Es importante resaltar que el equipo de AACVD utilizado para los depósitos fue diseñado, construido (Hincapié, J. Dorantes-Rodríguez, R. & Cruz-Muñoz, B. (2020)). (Castrillón González, E. Hincapié Zapata, J. Cruz Muñoz, B. Dorantes Rodríguez, R. & Medina Barreto, M., (2019)). y calibrado (Hincapié, J. Castrillón, E. Olarte, W. Dorantes, R. & Muñoz, B., (2019)) por estudiantes del grupo de investigación de Propiedades Magnéticas y Magneto ópticas de Nuevos Materiales (GIMM) de la Universidad Tecnológica de Pereira, permitiendo que un estudiante de maestría en instrumentación física realizara su trabajo de grado y estudiantes de pregrado realizaran su trabajo de grado empleando este equipo (Hincapié U, S.(2018))(Rios, E. (2018),)La técnica AACVD puede emplearse para depositar recubrimientos con diferentes aplicaciones tales como: magnéticas, tribológicas, óxidos conductivos transparentes, materiales selectivos ópticamente, etc. Sin embargo, desde la implementación de la técnica en el GIMM la aplicación que se ha estado desarrollando es producir recubrimientos ópticamente selectivos.

(b) Técnica de depósito por aspersión Consiste en emplear un recipiente herméticamente cerrado que contiene en su interior un **producto principal** (en este caso, la pintura de alta temperatura), más un gas que actúa como **propelente** (**es un gas** que presuriza el interior del **bote de spray** y sirve como vehículo del producto principal del contenido del spray.). Ambos elementos se encuentran a una presión bastante superior a la atmosférica en el interior del **spray**. El envase está dotado de una válvula que permite la salida de propelente y producto cuando es accionada, haciendo pasar el **contenido del spray** a través de una **boquilla dosificadora** (pulsador) que lo atomiza en finísimas partículas. Casi siempre estos productos son **mono-componente**, es decir, que no necesitan un catalizador para que tenga lugar el secado. El secado de estos productos se produce por evaporación de los solventes que los componen. En **sprays de pintura**, los **propelentes** más utilizados son los hidrocarburos derivados del petróleo (**propano, butano y el dimetil éter**). Una

parte importante de estos gases permanece en estado líquido en el interior del spray por efecto de la presión, por lo que deben ser miscibles con el producto principal. Cuando el **propelente** entra en contacto con la atmósfera recupera su **estado gaseoso** y se disipa con facilidad (Hidalgo, P. (2015)).

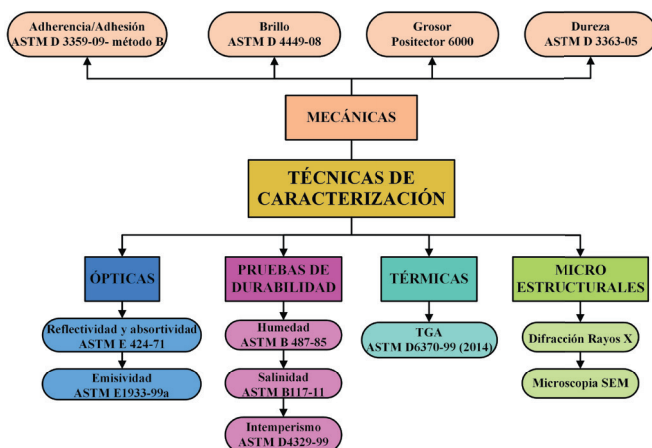
Figura 2. Esquema de un aerosol y sus componentes.



Fuente: Hidalgo, P. (2015)

En la figura 3 se muestra un esquema general de algunas de las caracterizaciones que se realizan a los recubrimientos dependiendo de su posible aplicación y se pueden clasificar como pruebas mecánicas, ópticas, térmicas, microestructurales y ensayos de durabilidad. Algunas de ellas son complementarias, por ejemplo, difracción de rayos X, espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS) y microscopía electrónica de barrido (SEM). En el caso de tener películas delgadas las pruebas mecánicas se realizan empleando otras técnicas, por ejemplo, para determinar la adherencia se usa la prueba de rayado, el grosor se mide empleando perfilometría o SEM (realizando un corte transversal), se mide nanodureza, etc.

Figura 3. *Técnicas de caracterización aplicadas a recubrimientos solares selectivos de calentadores solares planos.*



Fuente: Trejos M, M. Cruz, B. Miki Y, M. Dorantes R, R. (2014)

Metodología

1. Se realizó la revisión bibliográfica en base de datos de patentes internacionales para comparar los tipos de superficies selectivas (óxidos, materiales CERMET y pinturas comerciales con sus respectivos aditivos) que se están utilizando a nivel comercial en los últimos años que presenten tanto buenas propiedades ópticas y térmicas (como alta absorptividad (> 0.9), baja emisividad (<0.1) así como alta adherencia y resistencia a pruebas de salinidad.

2. Empleando la técnica de depósito AACVD se obtuvieron películas delgadas de TiO_2 sobre sustratos de portaobjetos de vidrio con dimensiones de 2,5 cm x 7,5 cm. Estos fueron sometidos a un tratamiento de limpieza en un baño de ultrasonidos consistente en una inmersión en acetona durante 20 minutos y luego en metanol 20 minutos más, con el fin de eliminar la grasa de la superficie. Se obtuvo óxido de titanio (TiO_2) a partir de la sal precursora Oxiacetilacetato de titanio (Sigma Aldrich, 99% de pureza) disuelto en alcohol metílico (Fisher Chemical 99,8%) con una concentración molar de 0,05 M. Se empleó aire comprimido filtrado como gas portador con flujo de 5 L / min, la distancia entre

la boquilla y el sustrato fue de 1 mm, la boquilla móvil se desplazó por los sustratos, aplicando 4 capas y se varió la temperatura del sustrato de 150 ° C a 450 ° C en pasos de 50 °C. Se caracterizó por termogravimetría (TGA) la sal precursora empleando un equipo empleando un equipo TGA-DSC (Instruments SDT 650), las curvas fueron medidas hasta 800 C a una tasa de calentamiento de 10 C/min con flujo de nitrógeno constante. Se tomaron espectros de transmitancia de los recubrimientos empleando un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Scientific - Evolution 220 equipado con esfera integradora. Además, calculó la banda de energía prohibida a partir de los espectros de transmitancia en función de la temperatura de depósito.

3. Empleando la técnica de aspersión se depositaron dos tipos de pinturas comerciales de alta temperatura disponibles en Colombia. Se emplearon sustratos de aluminio, cobre y acero inoxidable 304 pulidos con lijas de número 150 hasta 2000. Posteriormente, fueron lavados con jabón desengrasante, luego en baño ultrasónico en acetona y metanol durante 20 minutos. Se hicieron varias pasadas del spray con el fin de obtener una superficie lo más homogénea posible. Después de secados al aire se midió su grosor en cinco lugares diferentes del mismo recubrimiento para obtener un valor promedio. Se midieron espectros de reflectancia empleando un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Scientific - Evolution 220 a partir de los cuales en forma indirecta se obtuvo los espectros de absorción. Con el fin de conocer la capacidad que tiene el recubrimiento de emitir energía infrarroja, se midió su emisividad utilizando un método basado en la norma ASTM E1933-99a (Astm E1933-99^a. (s.f)) empleando una cámara termográfica Fluke Ti 400. Se realizaron medidas de adherencia de forma cualitativa empleando la norma ASTM D3359 (Astm D 3359. (s.f.)) (método B) mediante el uso de cinta marca Elcometer. Además, se realizaron pruebas de durabilidad en cámara salina durante 120 horas, tiempos en los que se evaluó la adherencia, el porcentaje de oxidación.

4. Se analizaron los resultados obtenidos, y se comprobó la reproducibilidad de estos.

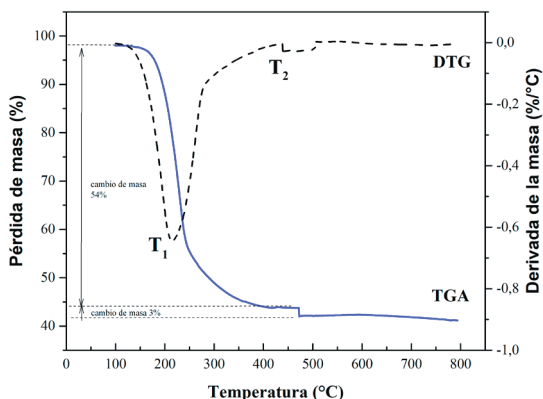
Resultados

Como se emplearon dos técnicas de depósito, AACVD para depositar recubrimientos de TiO_2 y aspersión para depositar pinturas, los resultados se presentan por separado.

(a) Recubrimientos de TiO_2 empleando la técnica Depósito químico de vapor asistido por aerosol (AACVD)
Para determinar la influencia de la temperatura en la formación de películas delgadas de TiO_2 , se analizó el comportamiento térmico de la sal precursora, Oxiacetilacetato de titanio (IV)) hasta un valor de 800 °C. El propósito fue obtener información sobre las temperaturas de reacción y los productos durante la descomposición térmica. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este resultado es solo un indicador de las posibles transformaciones de los precursores, debido a las diferentes condiciones térmicas durante la síntesis de las películas. Por este motivo, se realizaron depósitos en el rango de temperatura entre 150 °C y 450 °C y adicionalmente se analizaron los espectros de transmitancia en el UV-Visible La Figura 4 muestra la curva de TGA (línea continua) y la curva de DTG (curva de puntos) de la sal precursora de oxiacetilacetato de titanio. A partir de la curva TGA, se puede observar la descomposición del reactivo, mientras que la curva DTG puede identificar con precisión los dos pasos en los que se produce la pérdida de masa. Hay una pérdida de masa endotérmica lenta inicial de aproximadamente 1% hasta 152 °C, relacionada con la pérdida de agua presente en el reactivo. El primer paso de descomposición del oxiacetilacetato corresponde al rango de temperatura entre 162 °C - 284 °C (reacción endotérmica), que da como resultado una pérdida de masa del 54%, lo que equivale a la tasa máxima de pérdida de masa. Esta primera descomposición puede explicarse tentativamente con la pérdida de masa de los ligandos quelados y el punto de combustión correspondiente a la acetilacetona. El segundo paso de pérdida de masa ocurre en el rango de 439 °C - 502 °C que comienza como una reacción endotérmica rápida con un cambio

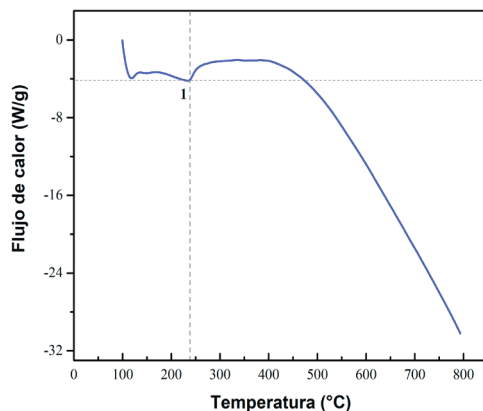
de masa constante de (3%). La descomposición del reactivo se completa prácticamente a partir de 480 °C. La Figura 5 muestra la curva de DSC de la misma sal, donde solo se observa un pico endotérmico entre 200 °C - 250 °C, que puede atribuirse al inicio de la descomposición de oxiacetilacetato. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que el rango de temperatura para realizar los depósitos es superior a 350 °C ya que a valores más bajos de esta temperatura se produce tanto una transición irreversible como una mayor pérdida de masa (TGA), lo cual se observa en el Termograma DSC y la mayor pérdida de masa (TGA) que tiene el reactivo (Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodríguez, R. (2020)).

Figura 4. Curvas de descomposición térmica del oxiacetilacetato de titanio: TGA - curva termogravimétrica (línea continua azul) y DTG - curva de TGA derivada (línea de puntos)



Fuente: Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodríguez, R. (2020)

Figura 5. Curva DSC de oxiacetilacetato de titanio: pico endotérmico observable entre 200 °C y 250 °C

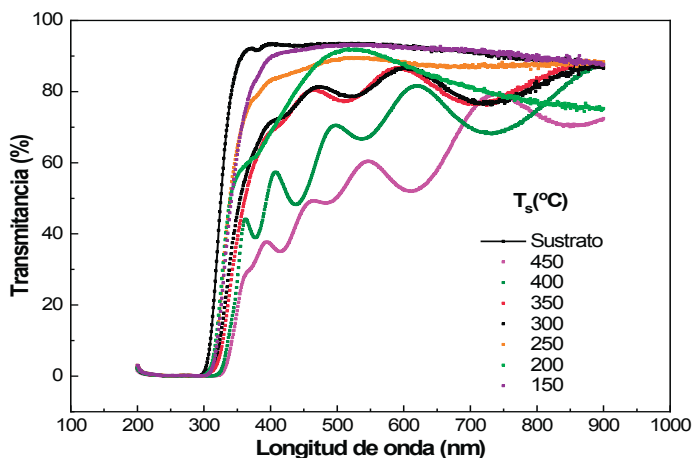


Fuente: Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodriguez, R. (2020)

Una forma de corroborar que las películas corresponden a TiO_2 y que también cumplen con las propiedades a implementar como capas antirreflectantes es mediante el estudio de sus características ópticas. La Figura muestra los espectros de transmitancia de capas en el rango UV-Visible, de capas para diferentes temperaturas del sustrato. Se observa que a medida que aumenta la temperatura, la transmitancia disminuye dependiendo de la zona de absorción, es decir, ya sea en la zona de fuerte absorción (UV-Visible) o en la zona que va de la media a la débil absorción (400 - Cercano Infrarrojo), este hecho viene dado por las bandas de interferencia que es un fenómeno óptico bien conocido (Pankove JI & Kiewit DA. (1972)). Las medidas de transmitancia permitieron determinar la energía de la banda prohibida E_g utilizando el cuadrado del producto del coeficiente de absorción (α^2) y la energía de los fotones incidentes ($(h\nu)^2$), en función de la energía ($h\nu$), como se muestra en la Figura . A partir de la región de alta absorción, el gráfico de $(\alpha h\nu)^2$ en función de la energía del fotón ($h\nu$) y extrapolando la región lineal de esta curva

$(\alpha h\nu)^2 = 0$ se obtuvo el valor de energía de la banda prohibida E_p , este proceso se calculó para cada película delgada. En todos los casos se observa que se produce una transición directa y que E_g depende de los valores de la temperatura del sustrato.

Figura 6. Espectros de transmitancia en el rango UV-Visible para un rango de temperatura de depósito entre 150 °C y 450 °C, en pasos de 50 °C en comparación con el sustrato sin recubrimiento

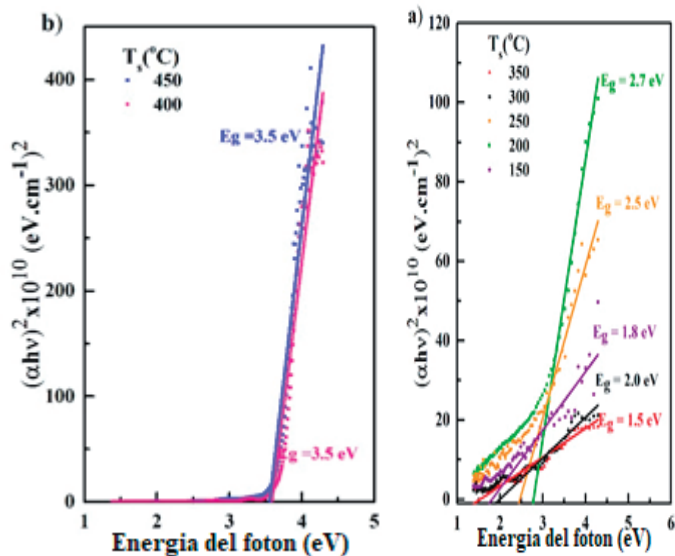


Fuente: Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodríguez, R. (2020)

En el rango de temperaturas de 150 °C - 350 °C, se obtuvieron valores para la banda de energía entre 1.5 eV and 2.7 eV (a), los cuales están por debajo de los valores reportados en la literatura para TiO_2 . Este comportamiento se puede explicar basados en los resultados de TGA-DSC, donde se observó que, para temperaturas por debajo de 350 °C, no es estable la formación de TiO_2 debido a la pérdida de masa. Para los depósitos realizados con temperaturas entre 400 °C and 450 °C (Figura b), el valor de E_g fue de 3.5 eV el cual está más cercano al reportado en la literatura de 3.5 eV (Spiridonova, J. Katerski, A. Danilson, M. Krichevskaya, M. Krunk, M. & Oja Acik, I. (2019)). Este valor obtenido, permite sugerir que las películas de TiO_2 depositadas entre 400 °C y 450

°C pueden emplearse como capas anti reflectivas.

Figura 7. Gráfico de $(\alpha hv)^2$ vs hv para las muestras depositadas variando la temperatura del sustrato (a) 150 °C – 350 °C; (b) 400 °C – 450 °C




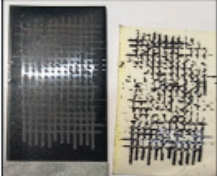
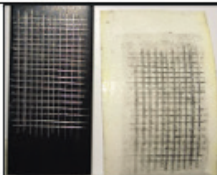
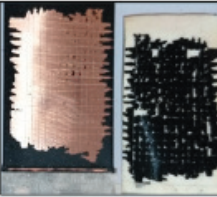
Fuente: Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodriguez, R. (2020)

(b) Depósito de pinturas comerciales empleando la técnica de aspersión

En la Tabla 1 se reportan los resultados obtenidos de las caracterizaciones de las dos pinturas aplicadas sobre sustratos de aluminio, cobre y acero inoxidable 304 lijado. En la primera columna se identifica cada muestra empleando la siguiente nomenclatura R: Rust-oleum; P: Pintuco, AL: aluminio lijado; CL: cobre lijado; AIL: Acero lijado. En la segunda columna se encuentra el valor promedio del porcentaje de absorción en el rango UV-Vis. En la tercera columna se reporta el grosor de los recubrimientos, seguido por la clasificación de adherencia de los recubrimientos de acuerdo con la norma ASTM D3359 (Astm D

3359. (s.f). En la última columna se observan fotografías de las probetas después de realizada la prueba de adherencia y al lado derecho la cinta empleada.

Tabla 1. *Tabla comparativa de las pinturas Rust-oleum y Pintuco sobre sustrato de aluminio, cobre y acero inoxidable 304 absorbancia, grosor y área removida al aplicar la norma de adherencia.*

Muestra	Absorbancia (%)	Grosor (μm)	Clasificación de adherencia	Foto prueba de adherencia
RAIL	95-96	10	5B	
PAIL	94-95	23	2B	
RAL	96-97	16	5B	
PCL	93-94	23	0B	

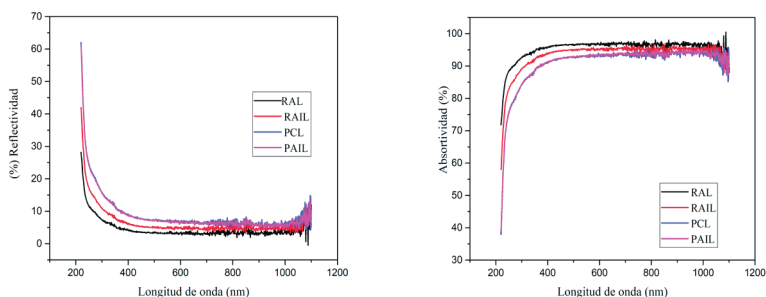
Se tomaron espectros de reflectividad (Figura A) para cada una de las pinturas depositadas sobre cada sustrato basados en la norma ASTM E424 – 71 (Astm E424-71 (s.f)), por medio de

un espectrofotómetro UV-Visible Evolution™ 220, con esfera integradora en un rango espectral de 200 nm a 1100 nm. Basados en la relación $R+A+T=100\%$ (Reflectividad, Absortividad, Transmitancia) y asumiendo $T=0$ debido a que los metales se consideran opacos, se obtuvo los espectros de absortividad (Figura B) y basados en los espectros de porcentaje de absortividad se obtuvo el valor promedio de absortancia para cada pintura. Haciendo una comparación entre las cuatro muestras, se tiene como resultado que la pintura Rust Olum presenta una absortancia en promedio de 95-97% y la pintura Pintuco presenta una absortancia en promedio de 93-95% dando como resultado que la pintura Rust Oleum presenta mejores propiedades ópticas como posible capa absorbadora. Para conocer el grosor promedio de cada uno de los recubrimientos se utilizó un positector modelo 6000 de la marca DeFelsko especial para sustratos metálicos. Se tomaron 5 muestras por recubrimiento con el fin de poder garantizar repetitividad y así, encontrar el valor promedio del espesor. Los resultados de los espesores se pueden encontrar en la columna tres de la Tabla 1.

El grado de adherencia de las pinturas es de gran importancia ya que puede asegurar la completa protección de la superficie a la que es aplicada y la durabilidad de la pintura. Las pruebas de adherencia de las pinturas de alta temperatura sobre los sustratos metálicos se realizaron basados en la norma ASTM D3359 (Astm D3359 (s.f)) utilizando el método B (utilizado para espesores menores a 50 μm). Basado en los resultados, se tiene que tanto la muestra RAIL (Rust Oleum depositada sobre acero inoxidable 304 lijado) como la muestra RAL (Rust Oleum depositado sobre aluminio lijado) presentan una clasificación de 5B lo que da como resultado que los bordes del corte están completamente lisos y ninguna de las esquinas de la cuadrícula se desprendió. En el caso de la adherencia de la muestra PAIL (Pintuco depositado sobre acero inoxidable 304 lijado) se presenta un desprendimiento de grado 2B, donde el área de corte afectado es significativamente mayor del 15%, pero esto no es mayor del 35%. Y, la muestra




PCL (Pintuco depositada sobre cobre lijado) presenta un desprendimiento de grado 0B, donde da como resultado que el porcentaje de área removida de la pintura fue mayor a 65% y no tuvo una buena adherencia sobre el sustrato de cobre. Se puede concluir que la pintura Rust Oleum presenta una excelente y mejor adherencia que la pintura Pintuco sobre sustratos metálicos. Las imágenes de las muestras después de haber realizado los ensayos de adherencia se pueden encontrar en la columna 4 de la Tabla 1.

Figura 8. (A) Espectros de reflectividad de las pinturas de alta temperatura aplicadas sobre sustratos metálicos. (B) Espectros de absorptividad de las pinturas de alta temperatura aplicadas sobre sustratos metálicos.



En la Tabla 2 se muestran los resultados de emisividad, porcentaje de oxidación de acuerdo con la norma ASTM D610-08 (Astm D610-08. (s.f)) y fotografías de cómo se observan los recubrimientos después de ser sometidos en un ambiente salino durante 120 horas.

Tabla 2. *Tabla comparativa de las pinturas Rust-Oleum y Pintuco sobre sustrato de aluminio y acero inoxidable 304. Pruebas de emisividad y porcentaje de oxidación de la superficie después de someterse en cámara salina durante 120 horas.*

Muestra	Emisividad	Porcentaje de oxidación (%)	Grado y tipo de distribución del oxido	Fotografías de las muestras después de ser sometidas a cámara salina por 120 horas
RAIL	0.97-0.98	Mayor que 0.01 por ciento y hasta 0.03	9-G	
PAIL	0.97-0.98	Mayor que 0.01 por ciento y hasta 0.03	9-G	
RAL	0.97-0.98	Mayor que 0.01 por ciento y hasta 0.03	9-G	

Para conocer la capacidad que tienen las pinturas de alta temperatura en emitir energía infrarroja, se realizaron las mediciones de emisividad basados en la norma ASTM E1933-99 (Astm E 1933-99^a. (s.f)) utilizando el método sin el termómetro de contacto. Los resultados de porcentaje de emisividad para la pintura Rust Oleum como para la pintura Pintuco fue mayor a 0.95; este fue un valor esperado ya que ambas pinturas son de

color negro y tienden a comportarse como un cuerpo ideal (cuerpo negro cuyo valor de emisividad es 1). Finalmente, se sometieron a pruebas de durabilidad y oxidación en cámara salina las muestras RAIL, PAIL Y RAL que fueron las muestras que presentaron mejores resultados de adherencia. El tiempo transcurrido desde que se introdujeron las muestras hasta que comenzó el ataque de la corrosión, proporciona una medida de la capacidad de resistencia de los recubrimientos a dicho ataque. Basados en la norma ASTM D610-08 (Astm D610-08. (s.f)), se evaluó el grado y tipo de distribución del óxido de las muestras una vez fueron sometidas durante 120 horas. En este caso, las tres muestras tuvieron el mismo comportamiento ante el ataque, dando como resultado, un grado y tipo de distribución de 9-G, lo que significa que el porcentaje de oxidación fue mayor que 0.01 por ciento y menor 0.03 por ciento, es decir, la capacidad de resistencia de los recubrimientos ante dicho ambiente es alto y no se oxida fácilmente. En la columna 5 de la Tabla 2 se encuentran fotografías de las muestras después de ser sometidas a cámara salina por 120 horas.

Conclusiones

- La formación de películas delgadas a base de TiO_2 juega un papel fundamental en investigaciones que involucran energía solar (célula solar y colectores solares térmicos) y desde la parte ambiental (fotocatálisis-fotosíntesis artificial como fuente de energía limpia). En este sentido, nuestro trabajo se ha centrado en los detalles experimentales dirigidos hacia el método de obtención, para lo cual como sal precursora de Oxiacetilacetato de Titanio (IV) (Sigma Aldrich con 90% de pureza) se ha utilizado disuelto en alcohol metílico (Fisher Chemical con 99,8% de pureza) en una concentración molar de 0,05 M.
- Basados en los resultados anteriores, se pudo determinar que las variaciones de las condiciones de depósito juegan un papel importante a la hora de obtener el recubrimiento, el valor de la banda prohibida de energía $E_g = 3,5 \text{ eV}$ confirma que se obtuvo

el material propuesto, y fundamentalmente, que permite el cruce de hasta el 70% de la luz en el rango Visible-NIR, trabajando como trampas ópticas con franjas de interferencia bien definidas, que hacen que tenga las condiciones de depósito ideales para ser utilizado como material antirreflectante para ser integrado en un colector solar.

- Basados en los resultados obtenidos, y en la comparación de los depósitos dependiendo del sustrato utilizado, se puede afirmar que la pintura Rust Oleum presenta parcialmente mejores propiedades ópticas que la pintura de Pintuco, con una absorptancia de 95 a 97 % sobre sustratos de aluminio y acero inoxidable 304, haciendo de esta, posiblemente una excelente capa absorbedora, ya que absorberá un porcentaje muy significativo de la irradiación solar incidente al colector solar. También se puede concluir que la pintura Rust Oleum presenta una mejor adherencia en los sustratos metálicos que la pintura Pintuco, quedando en una clasificación de 5B basado en la norma ASTM D3359.

- Los recubrimientos de las pinturas Rust Oleum y Pintuco presentaron un nivel bajo de oxidación (9-G) a la hora de ser sometidas a cámara salina durante 120 horas, dando como conclusión que ambas pinturas al ser depositadas por el método de spray se obtienen recubrimientos uniformes y tienen una alta resistencia a la corrosión.

Bibliografía

- Tesfamichael, T. Hoel, A. Wäckelgård, E. Niklasson, G. Gunde, M. Orel, Z. (2001). Optical characterization and modeling of black pigments used in thickness-sensitive solar-selective absorbing paints. *Solar energy*. 69(6),35-43. Doi: 10.1016/S0038-092X(01)00016-0
- Cao, F. Kraemer, D. Sun, T. Lan Y. Chen, G. Ren, Z. (2014). Enhanced Thermal Stability of W-Ni-Al₂O₃ Cermet-Based Spectrally Selective Solar Absorbers with Tungsten Infrared Reflectors. *Advanced Energy Materials*. 5. Doi: 10.1002/aenm.201401042

- Cortés, S. Arango Londoño, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Ciencias Estratégicas*. 25(38),375-390 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939007>
- Hou, X. Choy , K. (2006). Processing and Applications of Aerosol-Assisted Chemical Vapor Deposition. Obtenido de *Chemical Vapor Deposition*, 12(10), 583-596. Doi: 10.1002/cvde.200600033
- Filipovic, L., Selberherr, S., Mutinati, G., Brunet, E., Steinhauer, S., Koeck, A., Kraft, J., & Schrank, F. (2013). Modeling Spray Pyrolysis Deposition. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Modeling-Spray-Pyrolysis-Deposition-Filipovic-Selberherr/880ca593972e89c24686093c912b3ff70b5a261e>
- Hincapié, J., Dorantes-Rodríguez, R., & Cruz-Muñoz, B. (2020). Definition of criteria and design parameters of aerosol-assisted chemical vapor deposition system (AACVD). *Scientia et Technica*, 25(01), 137-141. Retrieved 26 May 2020, disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/21101/15231>
- Castrillón González, E., Hincapié Zapata, J., Cruz Muñoz, B., Dorantes Rodríguez, R., & Medina Barreto, M. (2019). Instrumentation and control of an aerosol-assisted chemical vapor deposition system (AACVD). *DYNA*, 86(210), 52-57. Doi: 10.15446/dyna.v86n210.77344
- Hincapié, J., Castrillón, E., Olarte, W., Dorantes, R., & Muñoz, B. (2019). Statistical study of the variable speed of an AACVD device implemented in the UTP. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1221, 012077. Doi: 10.1088/1742-6596/1221/1/012077

- Incapié U, S. (2018). Deposición y caracterización de películas delgadas de óxidos por medio de la técnica cvdaa con aplicaciones en tecnología solar (tesis de pregrado). Universidad tecnológica de Pereira. Pereira
- Rios, E. (2018), Optimización de los parámetros de trabajo para la implementación de la técnica cvd asistido por aerosol en la UTP. (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira.
- Trejos M, M. Cruz, B. Miki Y, M. Dorantes R, R. (2014). Comparative experimental study of new coatings absorvent surface of flat solar heaters. Energy Procedia. 2131 – 2138. Doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.179
- Hidalgo, P. (2015). ¿Como funciona un spray de pintura? Pintar mi coche. Disponible en: <https://www.pintarmicoche.com/como-funciona-un-spray-de-pintura/>
- Astm E 1933-99^a. (s.f). Designation: E 1933 – 99a Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers. Disponible en: www.astm.org
- Astm D 3359. (s.f). Designation: D3359 – 17 Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test. Disponible en: www.astm.org
- Montes Monsalve, J. I., Florez Bedoya, L. A., Mosquera Rivera, L. M., Cruz Muñoz, B., & Dorantes Rodriguez, R. (2020). Influence of the variation of the experimental conditions when obtaining the TiO₂ antireflective thin film. Journal Of Physics: Conference Series, 1541, 012008
- Pankove, JI. Kiewit, DA. (1972). J Electrochem Soc. **119**(5), 156C.

Spiridonova J, Katerski A, Danilson M, Krichevskaya M, Krunks M and Oja Acik I. (2019). Effect of the Titanium Isopropoxide: Acetylacetone Molar Ratio on the Photocatalytic Activity of TiO₂ Thin Films. *Molecules* 24(23),4326.

Astm E424-71 (s.f)). Designation: E424-71 Standard Test Methods for Solar Energy Transmittance and Reflectance (Terrestrial) of Sheet Materials. Disponible en: www.astm.org

Astm D610-08. (s.f)). Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces. Disponible en: www.astm.org

11

CAPÍTULO
ONCE

**Propuesta para la construcción semi -
automática de conceptos coherentes en el
aprendizaje ontológico mediante textos en
español**

**Proposal for the semi - automatic
construction of coherent concepts in
ontology learning through texts in
Spanish.**

*Manuela Gómez-Suta
Universidad Tecnológica de Pereira
madegomez@utp.edu.co*

*Julián D. Echeverry-Correa
Universidad Tecnológica de Pereira
jde@utp.edu.co*

*José A. Soto-Mejía
Universidad Tecnológica de Pereira
jomejia@utp.edu.co*

Resumen

La construcción de una ontología implica retos en la adquisición y actualización de conocimiento, que son procesos usualmente manuales propensos a errores. El aprendizaje ontológico es esencial ya que permite la producción, extensión o adaptación semi - automática de ontologías mediante la estructuración del conocimiento presente en textos. La construcción de ontologías a partir de textos en español es un desafío porque este lenguaje carece de recursos estructurados para validar las estructuras ontológicas extraídas. La investigación presentada tuvo como objetivo generar una propuesta de aprendizaje ontológica a partir de datos textuales para el idioma español en el dominio del conflicto armado colombiano, considerando que los conceptos construidos fueran coherentes e interpretables por los humanos, además, el estudio busca minimizar el esfuerzo humano y emplear técnicas escalables a otros dominios e idiomas.

Palabras claves: Aprendizaje ontológico, coherencia, conceptos, conflicto armado colombiano, ontología.

Abstract

The ontology construction implies challenges in the acquisition and updating of knowledge, which are usually manual processes prone to errors. Ontology learning is essential since it allows the semi - automatic production, extension, or adaptation of ontologies through the structuring of the knowledge from texts. The construction of ontologies from texts in Spanish is a challenge because this language lacks structured resources to validate the extracted ontological structures. The presented research aimed to generate an ontology learning proposal from textual data for the Spanish language in the domain of the Colombian armed conflict, considering the building of coherent and interpretable concepts, in addition, the studies purpose is to minimize human effort and to use techniques that are scalable to other domains and languages.

Keywords: Ontology learning, coherence, concept, colombian armed conflict, ontology.

Introducción

La ontología es una esquematización de conocimiento usualmente presente en datos textuales. La tarea de extender o enriquecer una ontología es importante porque las estructuras conceptuales deben responder a la naturaleza dinámica de la información que condensa y posee algún mecanismo para actualizarse, una vez se detecte nuevo conocimiento que describa el fenómeno representado. Este documento aborda la primera etapa del enriquecimiento ontológico, donde el aprendizaje ontológico es esencial ya que es el conjunto de métodos y técnicas para producir, extender o adaptar ontologías de manera semi - automática mediante la obtención y estructuración del conocimiento contenido en textos (Petasis et al., 2011)

En particular, esta investigación examina el aprendizaje ontológico a partir de textos en español que ha sido vagamente tratado en comparación con la modelación de textos en inglés. Este trabajo respalda el enfoque práctico del aprendizaje ontológico porque busca minimizar el esfuerzo humano y emplea técnicas que son escalables a otros dominios e idiomas, por lo anterior, no es necesario utilizar recursos externos (i.e. diccionarios, taxonomías, etc.) y/o peritos. Es así como este estudio emplea técnicas basadas en datos para construir estructuras conceptuales necesarias durante el aprendizaje ontológico a partir de textos en español, en específico, la metodología propuesta está enfocada en construir conceptos coherentes e interpretables por los humanos. Igualmente, el proyecto analiza el dominio del conflicto armado colombiano con el propósito de describir información de las comunidades víctimas del conflicto armado colombiano.

Planteamiento del problema y justificación

Las estructuras de conocimiento codifican la semántica de un dominio para que esta información sea útil durante la recuperación de información, análisis del discurso, resumen automático de textos, (Asim et al., 2018), por ende, las especificaciones conceptuales facilitan tareas que requieren conocimiento de experto (Erekhinskaya et al., 2020), a saber, los lexicones proporcionan un lenguaje legible (para máquinas y personas) que permite etiquetar cuerpos de textos (*i.e.* corpus), con el fin de formalizar las definiciones que pueden ser empleadas en la producción de preguntas y respuestas automáticas.

En este sentido, existe la motivación de representar los datos textuales y su conocimiento asociado de tal manera que pueda ser procesado automática o semi automáticamente por las computadoras (Ali et al., 2019; Meijer et al., 2014; Völker et al., 2008) © 2019 Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group. This article proposes across-lingual ontology enrichment (CLOE, con el fin de liberar al ser humano del grillete que representa la recuperación, el procesamiento y la extracción de la información válida a partir de textos (Ochoa et al., 2013).

En este orden, las ontologías¹ son esenciales porque esquematizan los elementos y características del fenómeno que se desea comprender, reduciendo la ambigüedad al sintetizar explícitamente los conceptos y relaciones que describen el comportamiento de dicho fenómeno (Mosharraf & Taghiyareh, 2017; Völker et al., 2008) (Mosharraf & Taghiyareh, 2017; Völker et al., 2008. De este modo, “las ontologías proporcionan una semántica de conocimiento comprensible para la máquina” (Ali et al., 2019, p. 2) a que simplifica tareas automáticas o semi - automáticas donde se procesan textos, además, favorece el intercambio de información y reutilización del conocimiento (Reyes-Ortiz, 2019).

¹ Especificaciones formales explícitas de los términos en el dominio y las relaciones entre ellos (Gruber, 1993). Una ontología define un vocabulario común entre aquellos que necesitan compartir información en un dominio, al incluir definiciones interpretables para las máquinas (Noy & McGuinness., 2011).

Las ontologías han atraído mucho interés en el ámbito académico e industrial por la funcionalidad y ventajas que acarrearán (Hlomani & Stacey, 2014) llevando a la proliferación de estas en dominios como la bioinformática, el turismo, la ingeniería de software, la medicina, los sistemas educativos, la química, la genética, las ciencias sociales, los sistemas judiciales, etc (Ochoa et al., 2013).

En el entorno de la web semántica, las distintas ontologías son utilizadas en aplicaciones para las cuales no fueron diseñadas originalmente, por ende, las ontologías pueden no representar la información que permite abordar las tareas de interés (Petasis et al., 2011). Esto implica que una ontología diseñada para un fin y dominio específico puede ser ineficiente si es empleada para una actividad diferente a la concebida originalmente o si no considera los nuevos conceptos y relaciones de un dominio (Gillani & Ko, 2015).

Lo anterior subraya la importancia de un enfoque de investigación que respalde el ciclo de vida completo de las ontologías (Zablith et al., 2013) which rely on ontologies, has led to the increased importance of the ontology evolution research. Typical approaches to ontology evolution are designed as multiple-stage processes combining techniques from a variety of fields (e.g., natural language processing and reasoning, es decir, más allá de los pasos concernientes a la construcción de la ontología, es relevante considerar estrategias que permitan mantener y refinar las ontologías de acuerdo con los cambios en los dominios que representan o los requisitos de las aplicaciones que admiten (Kamoun & Ben Yahia, 2012). En este orden, la tarea de enriquecimiento ontológico² toma un rol esencial, ya que permite extender una ontología existente con conceptos y relaciones semánticas (Petasis et al., 2011).

² También denominado refinamiento, evolución o cambio ontológico.

La importancia de esta tarea se sustenta en dos aspectos. El primero es la premisa de que el conocimiento es dinámico y cambia constantemente (Brewster et al., 2004; Hlomani & Stacey, 2014; Knoell et al., 2017), por ende, la ontología debe responder a la naturaleza de la información que condensa y poseer algún mecanismo para actualizarse cuando existan nuevos conceptos o relaciones que describan el comportamiento del fenómeno representado (Zablith et al., 2013). El segundo aspecto conlleva la necesidad de reutilizar el conocimiento contenido en una ontología, ya que el mayor impedimento para usar ontologías es el costo de su construcción (Alfonseca & Manandhar, 2002; Cimiano & Völker, 2005; Petasis et al., 2011), en consecuencia, es deseable que las ontologías ya existentes puedan ser adaptadas a las actividades de los usuarios, evitando la implementación de esquematizaciones inapropiadas (Brewster et al., 2004; Zablith et al., 2013) que entorpezcan el resultado final.

En Zablith et al. (2013) which rely on ontologies, has led to the increased importance of the ontology evolution research. Typical approaches to ontology evolution are designed as multiple-stage processes combining techniques from a variety of fields (e.g., natural language processing and reasoning plantean tres etapas para realizar la tarea de enriquecimiento ontológico. La primera detecta la necesidad de cambio ontológico, por esta razón se retoman técnicas del aprendizaje ontológico para convertir los datos textuales en estructuras ontológicas. La segunda etapa evalúa la congruencia entre la ontología semilla y las entidades establecidas, además, establece la estrategia con la cual se agregarán las estructuras que no están presentes en la ontología semilla. La última etapa valida la concisión y consistencia de la ontología examinando las ampliaciones ontológicas establecidas previamente.

Este estudio se enfoca en la primera etapa donde el aprendizaje ontológico es esencial porque permite extraer el conocimiento contenido en textos, con el objetivo de representarlo en un formato

legible por la máquina (Al-Aswadi et al., 2020), en este sentido, el aprendizaje ontológico facilita extender o adaptar ontologías de manera semi - automática mediante la obtención y estructuración del conocimiento contenido en textos (Petasis et al., 2011).

El aprendizaje ontológico a partir de textos en español ha sido vagamente tratado en comparación con la modelación de textos del lenguaje inglés. Esto puede ocurrir por la riqueza y variedad lingüística del idioma español que complejiza el procesamiento de textos. Sin embargo, esta situación es contradictoria con el actual escenario donde el español es el tercer idioma más usado en la web, considerando que de los 516,655,099 hispano hablantes del mundo, el 70.4.1% son usuarios de internet y este valor ha aumentado en los últimos veinte años en 2,650.4 %³; por lo anterior, la “computarización de los dominios de internet al español es una verdad incuestionable” (Ochoa et al., 2013, p. 2058).

De la dificultad asociada con el modelamiento del lenguaje en español y la simultánea necesidad de estudiarlo, se podría explicar el bajo número de investigaciones que se encuentran en torno al aprendizaje ontológico a partir de datos textuales en español. Para presentar trabajos concernientes al aprendizaje ontológico en español, este documento sigue los tres paradigmas presentados en (Clark et al., 2012) donde el primero está basado en datos y técnicas estadísticas para la extracción de entidades ontológicas. El segundo paradigma explota el conocimiento recopilado en datos de capacitación y recursos estructurados, con el propósito de obtener información semántica de los conceptos y relaciones no taxonómicas, es así como este paradigma integra conocimiento de expertos humanos para obtener mayor precisión en las entidades extraídas. El tercer paradigma es un híbrido entre el primero y segundo paradigma.

El primer paradigma, en el aprendizaje ontológico partiendo de textos en español, emplea la hipótesis de la bolsa de palabras (*bag-of-words*) para ponderar los términos presentes en los

3 Datos extraídos el 26/10/2020 de <https://www.internetworldstats.com/stats7.htm>

documentos, de este modo, filtrar aquellos que no se consideran relevantes al comparar su presencia contra un *gold standard*. La clusterización jerárquica establece grupos de términos comprendidos como conceptos (Gutiérrez-Batista et al., 2018); además, la regresión logística permite determinar cuáles términos son significativamente semejantes a conceptos de un ontología de referencia (Farreres et al., 2010). Las técnicas estadísticas mencionadas no extraen simultáneamente conceptos y relaciones entre estos, por esto, las relaciones emergen del análisis de co-ocurrencia entre los términos.

La validación de los términos es una tarea sencilla y ejecutable mediante *gold standard*. Esto puede ser la razón de que algunas investigaciones (Galicia-Haro & Gelbukh, 2014; Ochoa et al., 2013) consideren que los términos extraídos son equivalentes a los conceptos, aun cuando esto es incoherente con la definición de concepto como agrupación de términos. Igualmente, la carencia de corpus anotados con conocimiento ontológico (conceptos y relaciones entre estos) y altos costos que implican la construcción de estos recursos pueden ser la causa de usar términos como conceptos. En (Farreres et al., 2010) los autores validan los conceptos y relaciones al evaluar la similitud entre las estructuras ontológicas extraídas y las presentes en una ontología general, es decir, los resultados de esta evaluación dependen del contenido que recopila la fuente de conocimiento general. Por lo anterior, la debilidad de este tipo de evaluación es su dependencia a las medidas comparativas (como *precision* y *recall*).

En (Gómez-Suta et al., 2020) proponen validar entidades ontológicas a través de la medida *topic coherence* y una evaluación basada en la tarea de clusterización semántica de los documentos (Ali & Melton, 2018), para esto los autores establecen estos elementos ontológicos mediante algoritmos de detección de comunidades que parten de la matriz de coocurrencia. Los algoritmos de detección de comunidades agrupan nodos (términos) que comparten propiedades comunes o poseen

roles similares dentro del grafo (Fortunato, 2010). Es así como, los autores en (Gómez-Suta et al., 2020) extraen conceptos coherentes del dominio y que facilitan la agrupación de los textos, no obstante, los elementos conceptuales están formados por más de 300 términos produciendo que sean de difícil interpretación para un humano.

En este sentido, el primer paradigma agrupa técnicas no costosas y aplicables a datos de diferentes idiomas y dominios. Sin embargo, estas técnicas no identifican la naturaleza de los conceptos y los tipos de relaciones, en consecuencia, se producen ontologías livianas y no interpretables por la máquina. La evaluación ontológica basada en *gold standard* es sencilla y ejecutable para valorar los términos extraídos, no obstante, los datos de entrenamiento con conocimiento ontológico son costosos de construir y no están disponibles para dominios e idiomas particulares, además, para evaluar las estructuras ontológicas extraídas se emplean métricas que no cuantifican el nivel de granularidad entre el vocabulario de los textos y las fuentes de conocimiento general. La propuesta de (Gómez-Suta et al., 2020) valora la coherencia de los conceptos y su utilidad durante la agrupación de documentos, no obstante, las estructuras conceptuales no son interpretables por humanos.

Bajo el segundo paradigma, los conceptos se extraen de fuentes de conocimiento estructurado (Alemán et al., 2019), incluso cuando las estructuras conceptuales recuperadas pueden no presentarse en los textos analizados. Para la extracción de conceptos es usual emplear bases conceptuales y recursos multilingüísticos que indican las características sintácticas de un concepto (Ali & Melton, 2018). Por otro lado, algunos estudios (Aguilar et al., 2016) construyen relaciones con patrones léxicos y recursos externos que vincula las formas lingüísticas a los esquemas cognitivos de las relaciones taxonómicas y no taxonómicas (Ochoa et al., 2013). La evaluación ontológica surge del enfoque de la valoración por humanos (Aguilar et al., 2016).

La evaluación manual implica costos altos por la necesidad de acceder a un número significativo de peritos para disminuir el sesgo de la evaluación realizada por humanos (Dellschaft & Staab, 2008) one can distinguish between two scenarios: (i; además, cada variación que se realice en los algoritmos de interés conlleva los mismos costos altos que la primera realización, haciendo que la calibración de parámetros y las evaluaciones a gran escala sean inviables (Wong et al., 2012).

Desde el segundo paradigma, las estructuras ontológicas extraídas contienen detalles sobre la naturaleza y tipos de relaciones. Esto produce ontologías formales y útiles en tareas de razonamiento automático. Sin embargo, las técnicas asociadas no son sencillas de aplicar en contextos que carezcan o no tienen disponibles bases conceptuales, por ejemplo, en (Ochoa et al., 2013) los autores documentan el empleo de ADESSE, que es una base de construcciones verbales del español que ofrece información semántica, no obstante, los autores no dejan a disposición este recurso. El uso de patrones léxicos y fuentes de conocimiento estáticas restringen los hallazgos a las opciones aprendidas previamente, por ende, si no se ha considerado alguna forma particular se puede perder información presente en los textos. Por las falencias mencionadas, este paradigma hace hincapié en validar las estructuras capturadas mediante la valoración de peritos. Esto vuelve costoso el proceso e impide la escalabilidad de las técnicas y resultados asociados (Wong et al., 2012).

El tercer paradigma es una conjunción entre las técnicas del primer y segundo paradigma. Algunas propuestas plantean la extracción de conceptos a través de fuentes de conocimiento y la generación de relaciones mediante análisis de co-ocurrencia. Otros estudios reconocen conceptos a partir de la frecuencia de los términos recuperados, además, establece las relaciones mediante patrones léxicos. Algunos trabajos (Galicia-Haro & Gelbukh, 2014) sugieren homogeneizar la representación de los documentos al reemplazar los términos de los textos por su

correspondiente etiqueta de LAR-WordNet para utilizar técnicas de agrupamiento jerárquico durante la aglomeración de las etiquetas, consecuentemente construir conceptos. En (Alemán et al., 2019) los autores proponen que los conceptos sean reconocidos por expertos, para después, determinar términos similares sintáctica y semánticamente a las estructuras conceptuales. Las falencias, en la validación de las estructuras ontológicas, de los dos primeros paradigmas están en el tercero ya que la evaluación por humanos y basada en *gold standard* es recurrente.

Las falencias de los tres paradigmas son mayores durante el análisis de un dominio específico como el conflicto armado colombiano. La importancia y complejidad de este dominio es ampliamente reconocida, pero carece de esfuerzos computacionales para generar fuentes de conocimiento estructurado. Actualmente, el único medio que captura información semántica de este dominio es el tesoro elaborado por el Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH) de Colombia (Espinosa, 2018). No obstante, este instrumento no posee un lenguaje formal y emplearlo como base conceptual para la extracción o validación de estructuras ontológicas abstractas podría producir una evaluación inexacta, por la imposibilidad de hacer una comparación precisa entre las estructuras ontológicas abstractas extraídas y las presentes en la fuente referencial (Galicia-Haro & Gelbukh, 2014), dada la diferencia del nivel de granularidad entre el vocabulario del corpus y las etiquetas de la base conceptual.

Los trabajos presentados, sobre aprendizaje ontológico a partir de textos en español, permiten señalar que las técnicas del primer paradigma son las apropiadas para modelar textos de idiomas y dominios que carecen de recursos lingüísticos, como el dominio del conflicto armado colombiano, no obstante, estas técnicas producen ontologías livianas pues no emplean fuentes externas que faciliten reconocer la naturaleza de los conceptos y los tipos de relaciones. Sin embargo, los hallazgos del campo han generado una creciente conciencia de las complejidades

abordadas al modelar el conocimiento en estructuras ontológicas. Esto ha planteado la cuestión sobre la factibilidad de construir automáticamente una ontología formal, o por el contrario, la necesidad de abordar objetivos más pragmáticos al enfocarse en la construcción y extensión automática de ontologías livianas (Wong et al., 2012).

Este trabajo respalda el enfoque práctico de la tarea de aprendizaje ontológico porque busca construir una ontología minimizando el esfuerzo humano y empleando técnicas escalables a otros dominios e idiomas, por lo anterior, no es necesario usar recursos estructurados y peritos. En este sentido, la propuesta es económica en cuanto al empleo de tiempo y recursos calificados, además, esta es aplicable a datos y dominios que carecen de fuentes de conocimiento estructurado. La metodología propuesta está enfocada en construir conceptos coherentes, que los humanos puedan interpretar. Los experimentos presentados conllevan el tratamiento de textos en español sobre el dominio del conflicto armado colombiano.

Objetivos

En este orden, la investigación documentada tuvo como objetivo generar una propuesta de aprendizaje ontológica a partir de datos textuales para el idioma español en el dominio del conflicto armado colombiano, considerando que los conceptos construidos fueran coherentes e interpretables por los humanos, además, busca minimizar el esfuerzo humano y emplear técnicas escalables a otros dominios e idiomas.

Referente teórico

Este trabajo aborda el enriquecimiento ontológico enfocado en la detección de cambio ontológico donde el aprendizaje ontológico es esencial. Por lo anterior, este capítulo expone la conceptualización teórica del aprendizaje ontológico,

especificando los enfoques para abordar esta tarea. Además, se examinan las técnicas de evaluación que permiten validar las estructuras ontológicas aprendidas.

Aprendizaje ontológico

Los sistemas de aprendizaje ontológico tratan datos textuales para recuperar información que es esquematizada a través de una estructura conceptual (Gillani & Ko, 2015). En (Christopher Brewster, 2006) los autores propusieron *Ontology Learning Layer Cake* que es la piedra angular del aprendizaje ontológico ya que describe las tareas asociadas a este proceso en función de los elementos que conforman las diferentes estructuras de conocimiento. Los niveles o capas propuestos en (Christopher Brewster, 2006) fueron especificados por (Wong et al., 2012) en los siguientes elementos:

1. Los términos son los bloques básicos para construir cualquier estructura de conocimiento ya que son las unidades léxicas que explícitamente aparecen en el corpus, por ende, son las representaciones textuales de los conceptos. Un término puede estar formado por un sólo token (*i.e.* victimizar) o múltiples tokens (*i.e.* justicia transicional).
2. Los conceptos son ideas abstractas que se formulan de un dominio o fenómeno (Mishra & Jain, 2015) and hence not machine process able, but its only in human readable form. The WWW is designed to builds up a source of reference for web of meaning. Ontology information on different subjects spread globally is made available at one place. The Semantic Web (SW, pueden ser abstractos (*i.e.* vida libre de violencia) o concretos (*i.e.* casa). Los conceptos surgen de la agrupación de términos relacionados y, usualmente, poseen una etiqueta que representa el conglomerado. En específico, el sentido de un concepto brota del contexto formado por sus correspondientes unidades léxicas, por ejemplo, se podría usar la etiqueta política para las colecciones de términos (política económica, política social, política educativa, política pública) y (Donald Trump, presidente, estados, gobernador, demócratas,

republicanos), sin embargo, cada agrupación representa un concepto diferente ya que los términos del primer conjunto hacen referencia a tipos de políticas y el segundo a la política de Estados Unidos.

3. Las relaciones modelan las interacciones entre los conceptos, pueden ser taxonómicas y no taxonómicas. Las primeras describen jerarquía entre los conceptos, mientras que las segundas expresan propiedades más robustas y particulares del dominio.

4. Los axiomas son las reglas lógicas que describen las características e instancias de cada dominio.

La figura 1 expone la metodología del aprendizaje ontológico comprendiendo la extracción de términos, formación de conceptos y relaciones, así como el establecimiento de axiomas. Este proceso describe las tareas para construir cualquier estructura de conocimiento considerando el nivel de especificidad y expresividad de cada esquematización. Por lo anterior, si el objetivo es elaborar un lexicón sólo es necesario extraer términos, por otro lado, el aprendizaje de una taxonomía implica llegar hasta la formación de relaciones.

Figura 1. Metodología del aprendizaje ontológico.



Fuente: Autores

Evaluación ontológica

Un último aspecto que este estudio considera para caracterizar trabajos relacionados es la evaluación ontológica. La evaluación ontológica propicia la refinación de la estructura de conocimiento resultante del aprendizaje ontológico (Asim et al., 2018). Valorar una ontología no es una tarea trivial porque cada conceptualización es construida y especificada a través de

recursos, herramientas y lenguajes diferentes (McDaniel & Storey, 2019). Existen cuatro enfoques de evaluación ontológica.

1. La evaluación a partir de gold standard consiste en evaluar la congruencia entre las estructuras aprendidas contra un referencia ontológica considerada correcta, siendo esta referencia usualmente construida por expertos humanos y esta técnica utiliza las medidas de comparación precision y recall de los sistemas de recuperación de información (Völker et al., 2008).

2. La evaluación humana implica la valoración de las estructuras ontológicas en relación con las destrezas y conocimiento de un experto (Petasis et al., 2011), en relación a criterios como i) la adecuación cognitiva (i.e. alineamiento entre la semántica las estructuras ontológicas y el fenómeno representado), ii) la explicabilidad, es decir, si las estructuras poseen un lenguaje que permita al experto interpretarlas y iii) la expresividad (i.e. el número de preguntas que los humanos pueden contestar al utilizar los datos de las estructuras ontológicas) (Degbelo, 2017).

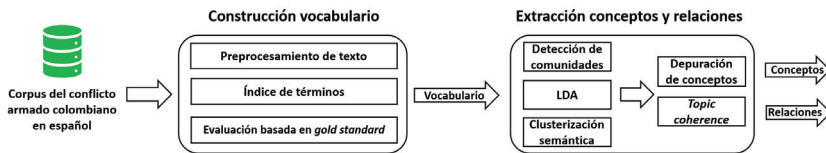
3. Evaluación basada en datos considera que la ontología es una especificación aproximada de un dominio (Guarino et al., 2009), por ende, la evaluación debe reflejar el grado de dicha aproximación al comparar las estructuras aprendidas y datos del dominio (Hloman & Stacey, 2014). Estos datos deben ser representativos del dominio para medir el ajuste entre la ontología y el corpus (Petasis et al., 2011).

4. Evaluación basada en tarea donde las estructuras ontológicas son utilizadas en un sistema integrado cuyo desempeño es evaluado, por ende, la valoración del modelo de conocimiento es implícita al rendimiento de la aplicación (Völker et al., 2008). Los criterios tasados son dependientes de la tarea, por ejemplo, si la ontología es evaluada durante el razonamiento automático es adecuado cuantificar la corrección de las respuestas y el tiempo que tarda cada consulta.

Metodología

La figura 2 resume las dos fases para enriquecimiento ontológico enfocada en la detección de cambio ontológico, es decir, enfatizando en el aprendizaje ontológico. La primera fase es la construcción del vocabulario a través del preprocesamiento de textos, la ponderación estadística de términos, análisis contrastivo y la evaluación basada en *gold standard*. La segunda es la extracción y validación de conceptos y relaciones soportadas mediante la detección de comunidades, además de la evaluación de la coherencia y la clusterización semántica de textos, sumado a esto, las estructuras extraídas son evaluadas.

Figura 2. Metodología



Fuente: Autores

Construcción vocabulario

Para la construcción del vocabulario se consideraron las alternativas de escritura y colocaciones. Las alternativas tomaron del tesauro del CNMH de Colombia (Espinosa, 2018). El reconocimiento de entidades nombradas (*named entity recognition*) facilitó identificar las colocaciones, es decir, se evaluó la significancia de las entidades compuestas por más de un término a través de una prueba *log-likelihood*.

Este trabajo identificó automáticamente las etiquetas *part-of-speech* (POS) de los términos y filtró las palabras cuya información sintáctica fuera diferente a adjetivos, sustantivos y verbos. Las etiquetas nombradas fueron seleccionadas porque es usual asociarlas a términos informativos y útiles para la formación de

conceptos (Ochoa et al., 2013). Después, el texto sufrió el proceso de lematización y normalización a minúscula. Adicionalmente, se eliminaron *stopwords*, signos de puntuación, caracteres numéricos y especiales. Los términos con alternativas de escritura fueron analizados, dejando la descripción más informativa; por ejemplo, el término derecho internacional humanitario reemplazó DIH. Finalmente, se tokenizó el texto considerando las colocaciones y unigramas.

Este trabajo seleccionó el índice de términos al implementar y comparar seis esquemas de ponderación, esto con el propósito de construir un vocabulario de términos relevantes para describir el contenido de los textos. Los esquemas escogidos provienen de investigaciones semejantes (Galicia-Haro & Gelbukh, 2014; Meijer et al., 2014; Ochoa et al., 2013). A continuación, se explica cada uno:

- TF-IDF (*Term frequency-inverse document frequency*): Cuantifica la frecuencia relativa de los términos en un documento en comparación con la proporción inversa de ese término en el corpus.
- TF-Entropía: Expresa la frecuencia relativa de los términos en un documento y el número de veces que el término aparece en cada texto analizado.
- Estudio de Meijer et al. (2014): Este estudio cuantifica la relevancia de un término como la suma entre *domain pertinence*, *lexical coherence*, *domain consensus* y la entropía. La primera medida favorece términos frecuentes en el corpus analizados y con baja aparición en un corpus contrastivo, así recuperar términos representativos de un dominio. Este trabajo utilizó como corpus contrastivo el Wikicorpus v. 1.0 en español (Reese et al., 2010).
- *Lexical coherence* determina qué tan bien un término compuesto es representado por los términos individuales que lo componen, de tal forma que las colocaciones frecuentes, en comparación con sus términos individuales, obtiene un puntaje alto. El *domain*

consensus penaliza términos muy frecuentes dentro del corpus.

- Modificación al estudio de Meijer et al. (2014): La investigación aquí documentada propone emplear la métrica *C-value* en contraposición a *lexical coherence* dentro del esquema de (Meijer et al., 2014), de esta forma, no penalizar colocaciones relevantes como violencia sexual que está compuesta por el unigramma *violencia* que es muy frecuente dentro del corpus.

Para seleccionar el índice de términos, este trabajo utilizó la evaluación basada en gold standard por dos razones. Primero, los resultados son reproducibles y comparables al examinar el mismo corpus (Konys, 2019). Segundo, esta validación facilita la adquisición de métricas como precision, recall, and F-measure que caracterizan la funcionalidad de la ontología aprendida a través de los términos que son los bloques de construcción iniciales.

Extracción de conceptos y relaciones

La investigación aquí documentada se aleja de estudios como (Galicia-Haro & Gelbukh, 2014; Ochoa et al., 2013) que consideran la ponderación estadística para extraer conceptos. Este trabajo evalúa la coherencia de los conceptos con el propósito de establecer unidades interpretables para los seres humanos, sumado a esto, se retoma la propuesta de (Gómez-Suta et al., 2020) para validar conceptos y relaciones a través de una evaluación basada en la tarea de la clusterización semántica de los documentos (Ali & Melton, 2018). La tarea empleada cumple con los dos criterios indicados por (Dellschaft & Staab, 2008) *one can distinguish between two scenarios: (i) ya que este trabajo usa métricas que cuantifican automáticamente los resultados de clusterización en función de la densidad, superposición y similitud con datos de referencia, además, la coherencia de los conceptos identificados es evaluada automáticamente. Por lo anterior, la propuesta facilita la valoración frecuente y a gran escala; adicionalmente, la tarea es independiente del dominio.*

La siguiente sección describe la extracción de estructuras ontológicas mediante dos escenarios experimentales, además las métricas usadas durante la evaluación son presentadas.

Extracción de conceptos

Este trabajo experimenta dos enfoques para establecer los conceptos. Los modelos generativos siendo el más empleado el modelo Latent Dirichlet Allocation (LDA) (Blei et al., 2003) y los algoritmos para la detección de comunidades (Fortunato, 2010).

LDA es usado ampliamente durante la recuperación de información y ha sido clasificado como una técnica para el agrupamiento automático ya que halla tópicos de un corpus y asigna distribuciones de estos a cada documento, además, determina distribuciones de términos sobre los tópicos (Blei et al., 2003). Cada tópico construido es un concepto pues es una agrupación de términos que poseen una alta probabilidad de pertenecer a este. Además, a cada tópico están asociados algunos textos que se entienden como representaciones de ese concepto (Chang et al., 2009). Este trabajo utilizó la *Topic Coherence* (TC) para calibrar el modelo LDA. Esta es una medida de la interpretabilidad semántica de cada tópico descubierto (Korenčić et al., 2018). Por lo anterior, el modelo LDA produjo una descomposición semántica e interpretable de los textos a agrupar (Chang et al., 2009).

Los algoritmos de detección de comunidades parten de la matriz de co-ocurrencia para establecer una red de palabras. Estos algoritmos agrupan nodos (términos) que comparten propiedades comunes o poseen roles similares dentro del grafo (Fortunato, 2010). En este sentido, conceptos que describen el contenido del corpus son establecidos, y después, los documentos asociados semánticamente son conglomerados en cada comunidad o concepto establecido (Liu & Alsaadi, 2020). Este trabajo empleó una red dirigida de palabras ponderadas para explotar la información semántica que surge de la aparición ordenada de

los términos. Este trabajo empleó el algoritmo Directed Louvain (Dugué & Perez, 2015) que despliega una estructura jerárquica de las comunidades empleando la noción de modularidad dirigida presentada en (Leicht & Newman, 2008). El empleo de Directed Louvain en redes asimétricas ha demostrado construir comunidades precisas ya que examina el desbalance en los grados de entrada y salida, lo cual es una característica de las redes de palabras.

Después de la detección de comunidades, el siguiente paso fue la clusterización semántica de los documentos en cada comunidad. Este estudio empleó *Pointwise Mutual Information* (PMI) para medir el grado de asociación entre documentos y conceptos. La Eq. 1 presenta el PMI entre el documento d_k y el concepto C_l .

$$PMI(d_k, C_l) = \frac{\log(p(d_k)p(C_l))}{\log(p(d_k, C_l))} \quad Eq. 1$$

Donde $p(d_k, C_l)$ es la probabilidad del documento , y el concepto. Esto proviene de la similitud coseno con Eq. 1 lo presenta.

$$p(d_k, C_l) = \frac{\sum_{i=1}^n w(i, d_k)w(i, C_l)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n w^2(i, d_k) \sum_{i=1}^n w^2(i, C_l)}} \quad Eq. 2$$

Donde $w(i, d_k)$ es el peso del término en el documento utilizando la información de la matriz término – documento con ponderación TF. es el peso del término en el concepto . Esto proviene del algoritmo *Weighted Leader Rank* (WLR) (Lü et al., 2011). Este algoritmo se basa en la caminata aleatoria para establecer la importancia de un nodo (término) en la red (concepto), considerando el número de vértices a los cuales está conectado y el peso de estos.

En Eq. 3. es la probabilidad del documento d_k .

$$p(d_k) = \frac{\sum_{i=1}^n w(i, d_k)}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w(i, d_j)} \quad Eq. 3$$

Adicionalmente, $p(C_l)$ es la probabilidad del concepto como es expuesta en Eq. 4

$$p(C_l) = \frac{\sum_{i=1}^n w(i, C_l)}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w(i, C_j)} \quad Eq. 4$$

De esta forma, se establecieron clúster de los documentos que fueron evaluados con las siguientes métricas:

- Índice Dunn: Medida de densidad más recomendada y sencilla de calcular para identificar grupos separados y densamente distribuidos. Esta métrica arroja un valor cercano a cero cuando un documento tiene igual grado de asociación con los conceptos donde se pretende agrupar.
- Medida de superposición: Evalúa la superposición de los grupos al considerar la información de la matriz de probabilidad y la matriz de grados de asociación. Entre mayor sea este índice, las agrupaciones de documentos estarán más superpuestas.
- Índice frand ajustado: Medida que compara la similitud entre los documentos agrupados automáticamente y una referencia manual de dicha clusterización.

Además, este estudio utilizó la métrica TC para cuantificar automáticamente la coherencia de los conceptos extraídos. En este orden, este trabajo propone depurar las entidades ontológicas construidas siguiendo un enfoque práctico donde no se requiera expertos humanos. TC es una métrica que aumenta por la participación de los top términos en cada concepto (Chang et al.,

2009), es decir, las últimas palabras dentro de la estructura realizan un aporte menor a la coherencia con relación a los primeros términos. En este sentido, la depuración propuesta consiste en retirar los últimos términos cuya presencia no aumenta la coherencia.

Resultados

El corpus estuvo conformado por 240 textos en español disponibles en la web y recuperados manualmente a través de la ecuación “conflicto armado” y “Colombia”. Para construir el vocabulario, este trabajo empleó las herramientas de reconocimiento de entidades, tokenización y lematización del paquete Freeling. Al establecer las colocaciones, se tomaron las entidades que poseían más de una palabra y se filtraron aquellas cuya probabilidad de ocurrencia no era significativa bajo la prueba log-likelihood con una confianza del 95%. Igualmente, este estudio construyó manualmente el *gold standard* utilizada para seleccionar el vocabulario. La referencia está formada por 5,113 términos de los cuales 2,806 son unigramas y las demás colocaciones.

Tabla 1. *Características de listados de términos*

Esquema	Tamaño vocabulario	F-measure	Precision	Recall	No. Colocaciones relevantes	No. Unigramas relevantes
TF-IDF	7,935	0.651	0.535	0.829	1,777	2,469
TF-Entropía	7,997	0.652	0.534	0.835	1,785	2,488
Estudio de (Ochoa et al., 2013)	8,153	0.661	0.538	0.857	1,903	2,484
Modificación a estudio de (Ochoa et al., 2013)	6,810	0.676	0.592	0.787	1,731	2,300
Estudio de (Meijer et al., 2014)	6,226	0.713	0.649	0.791	2,000	2,023
Modificación a estudio de (Meijer et al., 2014)	6,176	0.738	0.674	0.814	2,215	1,948

Fuente: Autores

La Tabla 1 presenta las características de los listados que exhibían mejores *F-measure* para cada esquema. La modificación al estudio de Meijer et al. (2014) recuperó el vocabulario con el mayor número de colocaciones relevantes ya que esta métrica ubica a los términos compuestos en colocan en posiciones superiores, en comparación con los índices producidos bajo los otros esquemas. Así, este esquema tiene el mejor nivel de *recall*.

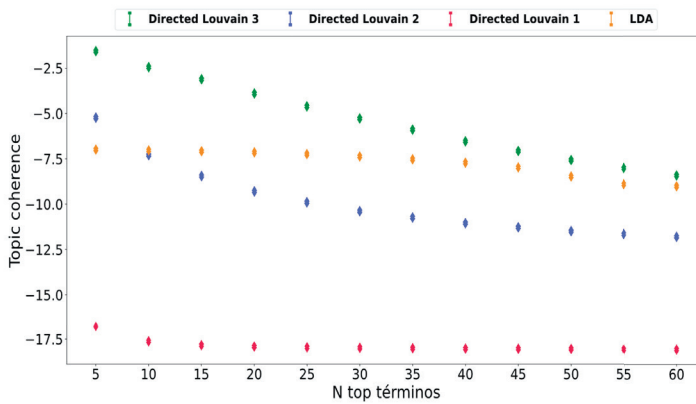
La modificación al estudio de Ochoa et al. (2013) tiene un desempeño mejor que las ponderaciones TF-IDF y TF-Entropía, cuando la *F-measure* es examinada, porque discrimina la cuantificación de las colocaciones. Este resultado es consecuencia de la *precision* lograda al recuperar un índice de términos más pequeño y constituido por palabras relevantes. El estudio de Meijer et al. (2014), así como su modificación, tienen un comportamiento superior a todos los otros esquemas ya que el análisis contrastivo penaliza unigramas que aún frecuentes no describen el dominio, además, esta estrategia favorece a las colocaciones. El listado de términos adquirido al modificar el estudio de Meijer et al. (2014)] tiene el más alto valor *F-measure* siguiendo la metodología descrita. Por ende, este vocabulario fue empleado como insumo de entrada para la extracción de los conceptos y relaciones del corpus.

Este estudio segmentó el corpus siguiendo la división clásica 70-30 para realizar la tarea de clusterización semántica de documentos. El conjunto de entrenamiento estuvo formado por 6,176 sentencias, y los datos de evaluación tenían 1,799 oraciones. Es necesario clarificar que los mismos datos de entrenamiento fueron usados para extraer las estructuras ontológicas mediante el modelo LDA y *Directed Louvain*.

La Figura 3 expone el TC medio y la barra de error de los escenarios experimentales cuando los términos top varían de 5 a 60. Para *Directed Louvain* se indica el nivel de jerarquización con el número después del nombre, siendo 1 el primer nivel.

Adicionalmente, la Tabla 2 expone los resultados de la evaluación conceptual mediante la tarea de clusterización semántica; cada intervalo tiene un 95% de confianza. Este estudio estableció una referencia manual de los documentos agrupados para medir el índice frand ajustado. Esta referencia tenía grupos de documentos significativamente superpuestos.

Figura 3. Topic coherence - (TC) con top términos entre 5 a 60.



Fuente: Autores

LDA construyó conceptos más coherentes que otras particiones dentro de las experimentadas, sin embargo, este resultado debe analizarse con cuidado ya que un análisis manual de los conceptos permite determinar que las unidades no describen constructos diferenciables entre sí. Lo anterior ocurre porque las estructuras conceptuales poseen términos comunes que co-ocurren frecuentemente dentro de la mayoría de documentos, produciendo un alto nivel de coherencia, aun cuando los conceptos no facilitan segregar los documentos en conglomerados densos. El comportamiento de los conceptos LDA puede ser consecuencia del tamaño del corpus dado que investigaciones como (Syed & Spruit, 2017) señalan que este

algoritmo tiende a generar conceptos *gross-grained* en corpus pequeños, en particular, los autores reportan que LDA detalla los conceptos en corpus que tiene más de 142,000 tokens, mientras que el corpus aquí trabajado cuenta con 103,635 tokens.

Los conceptos de *Directed Louvain* en su primer nivel jerárquico tiene el menor nivel de coherencia, es decir, los términos que forman cada unidad conceptual no tienden a ocurrir en los mismos documentos, por ende, tienen menor probabilidad de mejorar su TC a medida que aumenta la ventana de los top términos examinados. En este sentido, los documentos tienen un nivel de asociación muy similar a cada unidad conceptual y el mayor valor de superposición durante la clusterización (ver Tabla 2). Por lo anterior, *Directed Louvain 1* no produce conceptos y relaciones con los cuales describir el corpus.

Por otro lado, los conceptos resultantes con *Directed Louvain 3* poseen la mayor coherencia, además permiten una clusterización densa y muy similar a la referencia manual. Así, este escenario está formado por conceptos que describen constructos diferenciables entre sí. Los hallazgos sobre *Directed Louvain* son afines a los reportados en (Li et al., 2013), donde se agrupan semánticamente los documentos mediante un algoritmo de optimización de modularidad, produciendo grupos de textos con baja superposición y muy similares al listado de referencia manual. Igualmente, en (Ping & Chen, 2018) los autores emplearon un algoritmo Louvain para la construcción de conceptos dado que las unidades resultantes facilitaron la narración visual de artículos científicos.

Tabla 2. Resultados clusterización semántica

Algoritmo	Índice Dunn	Medida de superposición	Índice frand ajustado
LDA	0.177 (0.00128)	78.287 (0.00466)	0.83 (1,686e-5)
Directed Louvain 1	0.024 (0.1707)	188.0662 (0.1161)	1.0 (0.00053)
Directer Louvain 2	0.1833 (0.1273)	160.6315 (1.322)	0.9863 (0.00245)
Directer Louvain 3	0.309 (0.0901)	140.3709 (0.8845)	0.9201 (0.00036)

Fuente: Autores

Una falencia del resultado *Directed Louvain 3* es el alto número de términos dentro en los conceptos, en este sentido, no es factible que un ser humano analice todos los términos asociados a cada unidad conceptual para brindar una interpretación. En este sentido, los conceptos fueron depurados siguiendo procedimiento descrito en la sección previa. Este trabajo experimentó con valores de 0.5, 1.0 y 1.5 para el parámetro d así se depuraron los conceptos *Directed Louvain 3*. La Tabla 3 expone el número de términos resultantes en cada escenario y el número de palabras promedio en cada conceptos, consideran intervalos de confianza al 95%.

Tabla 3. Características numéricas de conceptos depurados

	d=0.5	d=1.0	d=1.5
No. términos	767.6	936.666	1191.1
	19.90547	23.9355	28.86147
Términos promedio por concepto	41.464	50.6506	64.5141
	1.1171	1.55066	2.2226

Fuente: Autores

La Tabla 3 permite señalar que cuan menor sea el valor de d , menor número de términos tendrá cada concepto, por lo anterior, se debe establecer un valor pequeño para este parámetro si un humano deseará interpretar los conceptos generados. La propuesta implementada para depurar conceptos es diferente a la planteada en (Dang & Nguyen, 2018) que eliminan los términos menos relevantes según la medida *betweenness*, por ende, este trabajo desestima la influencia que el nodo recibe de su vecindario (Lu et al., 2016), es así como el estudio es criticable porque ignora el contexto donde se encuentran las palabras.

Conclusiones

Este trabajo expone una metodología de aprendizaje ontológico a partir de textos en español que abordaban el dominio del conflicto armado colombiano. Dadas las condiciones experimentales, el vocabulario construido al modificar el estudio de Meijer et al. (2014) posee el valor *F-measure* más alto ya que recupera un mayor número de colocaciones y unigramas que realmente pertenecen al *gold standard*. Los conceptos detectados mediante el algoritmo *Directed Louvain* en el tercer nivel jerárquico generaron conglomerados densos con un índice de superposición de , siendo estos clústeres muy parecidos a la referencia manual (ver Tabla 2). Además, el resultado TC indica que los conceptos extraídos son coherentes. Por ende, el algoritmo *Directed Louvain* 3 detecta conceptos y relaciones apropiadas para describir el corpus en español que aborda el dominio del conflicto armado colombiano (ver Figura 3).

Igualmente, esta investigación depurar los conceptos mediante un proceso que busca maximizar la coherencia de las estructuras conceptuales. En particular, la depuración de conceptos elimina muchos de los términos del vocabulario (el 80% cuando $d=1.5$ ver Tabla 3), es decir, la mayor parte de las palabras extraídas no son utilizados para formar conceptos. Por lo anterior conceptos finos (*fine-grained*), que pueden existir dentro

de los términos eliminados, no son recuperados. Por ejemplo, ninguna de las particiones resultantes después de depurar los conceptos *Directed Louvain* 3 contiene los términos (etnoturismo, agroturismo, ecoturismo, turismo comunitario) que podrían describir el constructo zonas de interés de desarrollo rural, económico y social⁴.

Lo anterior implica que la propuesta aquí documentada facilita construir estructuras ontológicas diferenciables entre sí y que favorecen la agrupación de documentos, no obstante, los conceptos resultantes capturan las temáticas predominantes dentro del corpus y no constructos específicos. Este aspecto es una falencia de la actual propuesta ya que el objetivo es recuperar entidades conceptuales que permitan enriquecer una ontología, por consiguiente, omitir conceptos detallados implica que la esquematización no será refinada con toda la información que está contenida en los textos. Esta falencia podría abordarse en futuras investigaciones que planteen la construcción de conceptos como una mezcla de las particiones generadas por modelos jerárquicos, como el algoritmo *Directed Louvain* aquí utilizado.

Bibliografía

- Aguilar, C., Acosta, O., Sierra, G., Juárez, S., & Infante, T. (2016). Extraction of definitional contexts from biomedical corpora | Extracción de contextos definitorios en el área de biomedicina. *Procesamiento de Lenguaje Natural*, 57, 167–170.
- Al-Aswadi, F. N., Chan, H. Y., & Gan, K. H. (2020). Automatic ontology construction from text: a review from shallow to deep learning trend. *Artificial Intelligence Review*, 53(6), 3901–3928. <https://doi.org/10.1007/s10462-019-09782-9>

⁴ El concepto señalado está descrito en el tesoro del CNMH.

- Alemán, Y., Somodevilla, M. J., & Vilariño, D. (2019). Similarity metrics analysis for principal concepts detection in ontology creation. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 36(5), 4753–4764. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179024>
- Alfonseca, E., & Manandhar, S. (2002). Improving an ontology refinement method with hyponymy patterns. *Proceedings of the 3rd International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2002*, 235–239.
- Ali, I., & Melton, A. (2018). Semantic-Based Text Document Clustering Using Cognitive Semantic Learning and Graph Theory. *Proceedings - 12th IEEE International Conference on Semantic Computing, ICSC 2018, 2018-Janua*, 243–247. <https://doi.org/10.1109/ICSC.2018.00042>
- Ali, M., Fathalla, S., Ibrahim, S., Kholief, M., & Hassan, Y. F. (2019). CLOE: a cross-lingual ontology enrichment using multi-agent architecture. *Enterprise Information Systems*, 13(7–8), 1002–1022. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1592232>
- Asim, M. N., Wasim, M., Khan, M. U. G., Mahmood, W., & Abbasi, H. M. (2018). A survey of ontology learning techniques and applications. *Database*, 2018(2018). <https://doi.org/10.1093/database/bay101>
- Blei, D. M., Ng, A., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. *The Journal of Machine Learning Research*. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/944919.944937>
- Brewster, C., Alani, H., Dasmahapatra, S., & Wilks, Y. (2004). Data driven ontology evaluation. *Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2004*, 641–644.

- Brewster, C. (2006). Ontology learning from text: methods, evaluation and applications. *The MIT Press Journals*, 32, 569–702. <https://doi.org/https://doi.org/10.1162/coli.2006.32.4.569>
- Brunzel, M., & Spiliopoulou, M. (2007). Domain relevance on term weighting. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 4592 LNCS*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73351-5_41
- Chang, J., Boyd-Graber, J., Gerrish, S., Wang, C., & Blei, D. M. (2009). Reading tea leaves: How humans interpret topic models. *Advances in Neural Information Processing Systems 22 - Proceedings of the 2009 Conference*, 288–296.
- Cimiano, P., & Völker, J. (2005). Text2Onto A framework for ontology learning and data-driven change discovery. *Lecture Notes in Computer Science*, 3513, 227–238. https://doi.org/10.1007/11428817_21
- Clark, M., Kim, Y., Kruschwitz, U., Song, D., Albakour, D., Dignum, S., Beresi, U. C., Fasli, M., & De Roeck, A. (2012). Automatically structuring domain knowledge from text: An overview of current research. *Information Processing and Management*, 48(3), 552–568. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2011.07.002>
- Dang, T. and Nguyen, V. T. (2018). ComModeler: Topic Modeling Using Community Detection. In Tominski, C. and von Landesberger, T., editors, EuroVis Workshop on Visual Analytics (EuroVA). The Eurographics Association.
- Deerwester, S., Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K., & Harshman, R. (1990). Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), 391–407.

- Degbelo, A. (2017). A snapshot of ontology evaluation criteria and strategies. *ACM International Conference Proceeding Series, 2017-Septe*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3132218.3132219>
- Dellschaft, K., & Staab, S. (2008). Strategies for the evaluation of ontology learning. In *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications* (Vol. 167, Issue 1).
- Dugué, N., & Perez, A. (2015). Directed Louvain : maximizing modularity in directed networks. *HAL*, 1–15. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01231784/>
- Erekhinskaya, T., Morris, M., Strebkov, D., & Moldovan, D. (2020). Leveraging ontologies for natural language processing in enterprise applications. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11878 LNCS*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40907-4_8
- Espinosa, R. (2018). *Tesaurus especializado con, enfoque diferencial, sobre graves violaciones a los derechos humanos e infracciones al derecho internacional humanitario ocurridas con ocasión del conflicto armado interno colombiano*. 1–226. http://www.archivodelosddhh.gov.co/saia_release1/ws_client_oim/tesauro/tesauro.php
- Farreres, J., Gibert, K., Rodríguez, H., & Pluempitiwiriwawej, C. (2010). Inference of lexical ontologies. The LeOnI methodology. *Artificial Intelligence*, 174(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2009.09.004>
- Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Physics Reports*, 486(3–5), 75–174. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>

- Galicia-Haro, S. N., & Gelbukh, A. (2014). Extraction of semantic relations from opinion reviews in Spanish. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 8856). https://doi.org/10.1007/978-3-319-13647-9_18
- Gillani, S., & Ko, A. (2015). Incremental ontology population and enrichment through semantic-based text mining: An application for it audit domain. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 11(3), 44–66. <https://doi.org/10.4018/IJSWIS.2015070103>
- Gómez-Suta, M., Echeverry-Correa, J. D., & Soto-Mejía, J. A. (2020). Semi-automatic extraction and validation of concepts in ontology learning from texts in Spanish. *ACM International Conference Proceeding Series, Part F1625*, 7–16. <https://doi.org/10.1145/3405962.3405977>
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>
- Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What Is an Ontology? *Springer Link*, 1–17. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-92673-3_0
- Gutiérrez-Batista, K., Campaña, J. R., Vila, M.-A., & Martín-Bautista, M. J. (2018). An ontology-based framework for automatic topic detection in multilingual environments. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(7), 1459–1475. <https://doi.org/10.1002/int.21986>
- Hlomani, H., & Stacey, D. A. (2014). Approaches, methods, metrics, measures, and subjectivity in ontology evaluation: A survey. *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability*, 1–11.

- Kamoun, K., & Ben Yahia, S. (2012). Automatic approach for ontology evolution based on stability evaluation. *WEBIST 2012 - Proceedings of the 8th International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 452–455. <https://doi.org/10.5220/0003962104520455>
- Knoell, D., Atzmueller, M., Rieder, C., & Scherer, K. P. (2017). A scalable framework for data-driven ontology evaluation. *CEUR Workshop Proceedings*, 1821, 97–106.
- Konys, A. (2019). Knowledge repository of ontology learning tools from text. *Procedia Computer Science*, 159, 1614–1628. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.332>
- Korenčić, D., Ristov, S., & Šnajder, J. (2018). Document-based topic coherence measures for news media text. *Expert Systems with Applications*, 114, 357–373. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.07.063>
- Leicht, E. A., & Newman, M. E. J. (2008). Community structure in directed networks. *Physical Review Letters*, 100(11). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.118703>
- Liu, Y., & Alsaadi, F. E. (2020). A Novel Way to Build Stock Market Sentiment Lexicon. In *Communications in Computer and Information Science: Vol. 1179 CCIS*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2810-1_34
- Li, X., Chen, J., & Zaiane, O. (2013). Text document topical recursive clustering and automatic labeling of a hierarchy of document clusters. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 7819 LNAI (Issue PART 2)*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37456-2_17

- Lü, L., Zhang, Y.-C., Yeung, C. H., & Zhou, T. (2011). Leaders in social networks, the delicious case. *PLoS ONE*, 6(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021202>
- Lü, L., Chen, D., Ren, X.-L., Zhang, Q.-M., Zhang, Y.-C., and Zhou, T. (2016). Vital nodes identification in complex networks. *Physics Reports*, 650:1–63.
- McDaniel, M., & Storey, V. C. (2019). Evaluating domain ontologies: Clarification, classification, and challenges. *ACM Computing Surveys*, 52(4). <https://doi.org/10.1145/3329124>
- Meijer, K., Frasinca, F., & Hogenboom, F. (2014). A semantic approach for extracting domain taxonomies from text. *Decision Support Systems*, 62, 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.03.006>
- Mimno, D., Wallach, H. M., Talley, E., Leenders, M., & McCallum, A. (2011). Optimizing semantic coherence in topic models. *EMNLP 2011 - Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Proceedings of the Conference*, 262–272.
- Mishra, S., & Jain, S. (2015). A study of various approaches and tools on ontology. *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Communication Technology, CICT 2015*, 57–61. <https://doi.org/10.1109/CICT.2015.43>
- Mosharraf, M., & Taghiyareh, F. (2017). Domain specific ontology enrichment using public knowledge resources. *2016 8th International Symposium on Telecommunications, IST 2016*, 607–611. <https://doi.org/10.1109/ISTEL.2016.7881894>
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2011). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. <http://ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf>

- Ochoa, J. L., Valencia-García, R., Perez-Soltero, A., & Barceló-Valenzuela, M. (2013). A semantic role labelling-based framework for learning ontologies from Spanish documents. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2058–2068. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.017>
- Petasis, G., Karkaletsis, V., Paliouras, G., Krithara, A., & Zavitsanos, E. (2011). Ontology population and enrichment: State of the art. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6050). https://doi.org/10.1007/978-3-642-20795-2_6
- Ping, Q., & Chen, C. (2018). LitStoryTeller+: an interactive system for multi-level scientific paper visual storytelling with a supportive text mining toolbox. *Scientometrics*, 116(3), 1887–1944. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2803-x>
- Qiu, J., Qi, L., Wang, J., & Zhang, G. (2018). A hybrid-based method for Chinese domain lightweight ontology construction. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 9(9), 1519–1531. <https://doi.org/10.1007/s13042-017-0661-0>
- Reese, S., Boleda, G., Cuadros, M., Padró, L., & Rigau, G. (2010). Wikicorpus: A word-sense disambiguated multilingual wikipedia corpus. *Proceedings of the 7th International Conference on Language Resources and Evaluation, LREC 2010*, 1418–1421.
- Reyes-Ortiz, J. A. (2019). Criminal Event Ontology Population and Enrichment using Patterns Recognition from Text. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 33(11). <https://doi.org/10.1142/S0218001419400147>

- Sfar, H., Chaibi, A. H., Bouzeghoub, A., & Ghezala, H. B. (2016). Gold standard based evaluation of ontology learning techniques. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, 04-08-April*, 339–346. <https://doi.org/10.1145/2851613.2851843>
- Sung, S., Chung, S., & McLeod, D. (2008). Efficient concept clustering for ontology learning using an event life cycle on the web. *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 2310–2314. <https://doi.org/10.1145/1363686.1364234>
- Syed, S., & Spruit, M. (2017). Full-Text or abstract? Examining topic coherence scores using latent dirichlet allocation. *Proceedings - 2017 International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2017, 2018-Janua*, 165–174. <https://doi.org/10.1109/DSAA.2017.61>
- Thenmozhi, D., & Aravindan, C. (2016). An automatic and clause-based approach to learn relations for ontologies. *Computer Journal*, 59(6). <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxv071>
- Völker, J., Vrandečić, D., Sure, Y., & Hotho, A. (2008). AEON - An approach to the automatic evaluation of ontologies. *Applied Ontology*, 3(1–2), 41–62. <https://doi.org/10.3233/AO-2008-0048>
- Wang, C., He, X., & Zhou, A. (2017). A short survey on taxonomy learning from text corpora: Issues, resources and recent advances. *EMNLP 2017 - Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Proceedings*, 1190–1203. <https://doi.org/10.18653/v1/d17-1123>
- Wong, W., Liu, W., & Bennamoun, M. (2012). Ontology learning from text: A look back and into the future. *ACM Computing Surveys*, 44(4). <https://doi.org/10.1145/2333112.2333115>

- Zablith, F., Antoniou, G., D'Aquin, M., Flouris, G., Kondylakis, H., Motta, E., Plexousakis, D., & Sabou, M. (2013). Ontology evolution: A process-centric survey. *Knowledge Engineering Review*, 30(1), 45–75. <https://doi.org/10.1017/S0269888913000349>
- Zafar, B., Cochez, M., & Qamar, U. (2017). Using Distributional Semantics for Automatic Taxonomy Induction. *Proceedings - 14th International Conference on Frontiers of Information Technology, FIT 2016*, 348–353. <https://doi.org/10.1109/FIT.2016.070>
- Zouaq, A., Gasevic, D., & Hatala, M. (2011). Towards open ontology learning and filtering. *Information Systems*, 36(7), 1064–1081. <https://doi.org/10.1016/j.is.2011.03.005>

12

CAPÍTULO DOCE

Predicción de parámetros del movimiento del suelo implementando algoritmos de estimación para la evaluación probabilística de amenaza sísmica

Predictions of soil movement parameters implementing estimation algorithm for probabilistic evaluation of seismic hazard

*Nelcy N Atehortua-Sanchez, Julián D Echeverry-Correa
Universidad Tecnológica de Pereira
nnaterhotua@utp.edu.co, jde@utp.edu.co*

Resumen

La respuesta del suelo ante un movimiento sísmico es un tema de particular interés dado a su impacto social y económico. Sin embargo, debido a la dinámica de la tierra y a la cantidad de parámetros involucrados en la respuesta del suelo, es un sistema complejo de modelar. No obstante, se pueden estimar valores de

intensidad esperada con el fin de contribuir al conocimiento de la amenaza sísmica. Los principales parámetros del movimiento del suelo para evaluarla amenaza sísmica son la máxima aceleración de la tierra (PGA), velocidad máxima de la tierra (PGV) y el desplazamiento máximo de la tierra (PGD). Estos parámetros se estiman a partir de modelos generados de movimientos fuertes considerando su sensibilidad a las condiciones del suelo y características del sismo. Un método de estimación confiable puede ser útil para proporcionar información más detallada de las características de movimiento fuerte. Estos parámetros pueden modelarse utilizando análisis deterministas o probabilísticos. En este documento se presentan resultados preliminares de la investigación; un análisis de ecuaciones de atenuación utilizando registros sísmicos de movimientos fuertes para conocer la respuesta del suelo. Con este análisis se realiza una distinción de características relevantes que sirvan de insumo en la implementación de técnicas de aprendizaje computacional para la predicción de los parámetros del movimiento del suelo. Lo anterior con el fin de contribuir al conocimiento de las amenazas geológicas de una manera más detallada y a la evaluación probabilística de la amenaza sísmica.

Palabras claves: Amenaza sísmica, características relevantes, máxima aceleración de la tierra, ecuaciones de atenuación.

Abstract

The response of the soil to a seismic movement is a topic of particular interest due to its social and economic impact. However, due to the dynamics of the earth and the number of parameters involved in the response of the soil, it is a complex system to model. However, expected intensity values can be estimated in order to contribute to the knowledge of the seismic threat. The main parameters of ground movement to assess the seismic threat are the maximum ground acceleration (PGA), maximum ground speed (PGV) and the maximum ground displacement (PGD).

These parameters are estimated from models generated from strong movements considering their sensitivity to soil conditions and characteristics of the earthquake. A reliable estimation method can be helpful in providing more detailed information on strong motion characteristics. These parameters can be modeled using deterministic or probabilistic analyzes. An analysis of attenuation equations is presented using seismic records of strong movements to know the response of the ground. With this analysis, a distinction is made of relevant characteristics that serve as input in the implementation of computational learning techniques for the prediction of soil movement parameters. The foregoing in order to contribute to the knowledge of geological threats in a more detailed way and a probabilistic evaluation of the seismic threat.

Keywords: Seismic hazard, relevant characteristics, maximum earth acceleration, attenuation equations.

Introducción

Los sismos es el fenómeno natural más temido por la humanidad debido a su poder destructivo. Este fenómeno ha sido objeto de estudio durante años con la necesidad de conocer más sobre este y estructurar planes que permitan disminuir las pérdidas. Se ha observado que los terremotos catastróficos están directamente relacionados con la geología superficial del subsuelo y la física de ondas, generando los efectos de sitio. Lo anterior hace referencia a la respuesta del suelo ante un sismo. Esto se ha convertido en un punto central de investigación para los estudios de microzonificación sísmica, proporcionando información relevante tanto para la prevención de posibles daños ante la ocurrencia de un evento sísmico fuerte como para conocer más sobre la física de ondas con fines geológicos y geotécnicos.

Colombia se encuentra situada entre la compleja tectónica de las placas Suramérica, Nazca, Caribe y Cocos, cuya dinámica da

origen a sismos de diferentes características a lo largo del territorio. Además, por las características heterogéneas del subsuelo y algunos sismos históricos cuyos efectos fueron catastróficos, se convierte en una necesidad la elaboración de modelos de amenaza que se ajusten mejor al territorio. La amenaza sísmica en general representa la severidad de ocurrencia de un sismo en un sitio determinado y está estrechamente relacionada con la respuesta del suelo ante la ocurrencia de un evento sísmico. Aunque son muchos los parámetros asociados a la respuesta del suelo, las tres contribuciones principales al movimiento del suelo son la fuente, la propagación y los efectos de sitio. De esto surge la necesidad de generar modelos de amenaza sísmica que permitan predecir los parámetros asociados al movimiento del suelo para identificar las zonas más propensas a sufrir fuertes daños.

Las metodologías más empleadas para evaluar la amenaza sísmica se basan en las ecuaciones de atenuación. Con estas ecuaciones se busca la mejor representación de las intensidades del movimiento del suelo según los diferentes ambientes tectónicos. Existen muchas ecuaciones de atenuación para evaluar la amenaza sísmica de un territorio, por esta razón se debe realizar una selección adecuada o adaptar los modelos para un mejor ajuste a las características del territorio. Con el transcurrir del tiempo los catálogos de los centros de monitoreo sísmico y los avances en el área han permitido afinar técnicas y estudios sobre los procesos geológicos generadores de amenazas. A partir de esta información, y con una metodología probabilista, la amenaza sísmica de un sitio específico se mide en términos de la probabilidad de que el movimiento sobrepase una determinada intensidad. Considerando un periodo de observación dado y evaluando según los datos observados, disponibles en la base de datos de movimiento fuerte. Aunque esta es una limitante, por el tiempo que tarda recopilar registros de movimientos sísmicos fuertes. La selección de modelos de atenuación en el país es un avance importante para la evaluación detallada de las intensidades del movimiento esperadas. Entre los alcances y limitaciones de

las ecuaciones de atenuación implementadas en Colombia se encuentran que son aplicables para estimar aceleraciones en periodos de vibración de hasta 2 segundos. En su desarrollo no contaron con una caracterización de los efectos de sitio en la localización de las estaciones. Para elaborar el modelo nacional de amenaza sísmica, el Servicio Geológico Colombiano – SGC, realizó un análisis estadístico a partir del cual se obtiene un árbol lógico que corresponde a un conjunto de ecuaciones de atenuación que mejor se ajustan a las aceleraciones espectrales observadas en el territorio nacional, así como sus porcentajes de participación correspondientes.

El principal objetivo de este estudio es estimar los parámetros del movimiento del suelo PGA, PGV y PGD, implementando algoritmos de estimación óptimos mediante técnicas de aprendizaje computacional. Utilizando las técnicas de optimización de parámetros y clasificadores para evaluar la amenaza sísmica considerando efectos de sitio. En este documento se presentan resultados preliminares de la investigación; un análisis de las ecuaciones de atenuación implementadas en el territorio colombiano para observar el comportamiento en una región específica, utilizando registros sísmicos de movimientos fuertes (aceleraciones) para conocer la respuesta del suelo. Con este análisis se realiza una distinción de características relevantes que sirvan de insumo en la implementación de técnicas de aprendizaje computacional para la predicción de los parámetros del movimiento del suelo. Lo anterior con el fin de contribuir al conocimiento de las amenazas geológicas de una manera más detallada y a la evaluación probabilística de la amenaza sísmica.

Planteamiento del problema y justificación

Debido al constante crecimiento de la población y a la compleja tectónica de las placas de Suramérica, Nazca, Caribe y Cocos, Colombia se encuentra situada en una zona propensa a los sismos. De acuerdo con el reglamento colombiano sismo

Resistente, alrededor del 87% de la población colombiana habita en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia [1]. El Eje Cafetero conformado principalmente por los departamentos de Risaralda, Quindío y Caldas, se encuentra ubicado en una zona de alto riesgo sísmico debido a la cantidad de fallas geológicas que atraviesan al territorio. El sistema de fallas se debe a la cercanía a los límites de subducción de la placa Nazca y Suramérica. A raíz del sismo de 1999 del Quindío, cuyo evento ha sido históricamente significativo por los daños y pérdidas causadas, los centros de monitoreo sísmico del país, junto con el Servicio Geológico Colombiano – SGC, han despertado interés en trabajar modelos que permitan identificar las respuestas del suelo ante movimientos sísmicos. Lo anterior es con el fin de evaluar la amenaza de una zona determinada para caracterizar el territorio dado a la heterogeneidad de los suelos y la dinámica de la corteza terrestre.

Los parámetros del movimiento del suelo son vitales para el diseño de estructuras resistentes a terremotos y análisis de peligro (riesgo) sísmico. Los principales parámetros del movimiento del suelo para evaluar la amenaza sísmica son la máxima aceleración de la tierra (PGA), velocidad máxima de la tierra (PGV) y el desplazamiento máximo de la tierra (PGD). La estimación de estos parámetros nos acerca a conocer la respuesta del suelo ante un movimiento fuerte. Aunque muchos modelos se centran en el estudio de estos parámetros en el dominio temporal, los espectros permiten tener más información para diferentes frecuencias del movimiento, visibilizando características que pueden quedar enmascaradas al analizarlos solo en el dominio del tiempo. Aunque los parámetros de dominio temporal son más prácticos debido a su independencia de las estructuras. PGA, PGV y PGD pueden predecirse utilizando diferentes métodos como la investigación in situ y el modelado físico. Además, pueden modelarse utilizando análisis deterministas y/o probabilísticos. Los modelos son generados utilizando principalmente los registros de movimientos fuertes. El registro sísmico de movimientos fuertes detallado no es fácil de obtener en poco tiempo, por lo tanto, hay alternativas que

pueden emplearse para proporcionar otros resultados útiles en el ámbito de la investigación como la medición de Microtremores. Esta es una técnica experimental no invasiva que consiste en la medición de ruido sísmico ambiental.

La aceleración máxima del terreno es un factor muy importante que se debe considerar en el sitio de construcción para examinar el daño potencial resultante de un terremoto [2]. En Colombia, los modelos para la evaluación de la amenaza sísmica mediante los parámetros PGA, PGV y PGD se basan en las ecuaciones de atenuación. La cantidad de variables involucradas en estas ecuaciones como las diferentes alternativas para la asignación de eventos a las fuentes sísmicas (fallas), la estimación de la magnitud máxima de las fuentes a partir de relaciones empíricas entre la longitud de ruptura de la falla y la magnitud máxima [3], y la disponibilidad de la información, hacen que los resultados al implementar diferentes modelos presentan variaciones. Además, los modelos de evaluación de la amenaza a nivel nacional no permiten detallar la respuesta del suelo de un territorio en particular. Por la heterogeneidad de los suelos y la amenaza latente ante la ocurrencia de un sismo en el territorio, un método de estimación confiable puede ser útil para proporcionar información más detallada de las características de movimiento fuerte.

Realizar estudios retrospectivos de registros sísmicos de movimientos fuertes y mediante métodos no invasivos (por ser áreas pobladas) para conocer la respuesta del suelo ante un sismo fuerte, brinda el conocimiento de las amenazas geológicas de una manera más detallada y la actualización de normativas de construcción con el fin de facilitar la toma de decisiones sobre la prevención y mitigación del riesgo sísmico; siendo un aporte relevante para el ordenamiento territorial y ambiental de la región fortaleciendo el crecimiento, planificación y desarrollo. Por todo lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible desarrollar una metodología de aprendizaje de

máquina que sirva como herramienta de predicción para los parámetros del movimiento del suelo PGA, PGV y PGD, a partir del entrenamiento de clasificadores con el fin de realizar una evaluación probabilística de la amenaza sísmica, y que a la vez contribuya a la planificación ambiental y a la adaptación a las nuevas normativas para la gestión del riesgo sísmico de la región?

Con este proyecto se pretende identificar y proponer una metodología de análisis en tiempo-frecuencia, usando técnicas de aprendizaje computacional para predecir los parámetros del movimiento del suelo (PGA, PGV y PGD) para la evaluación probabilística de la amenaza sísmica de una región con baja tasa de error. Dado que es una necesidad evidente de la región, se debe estar a la vanguardia y actualizar la normativa de construcción de acuerdo con la respuesta del suelo. No se debe esperar a que un sismo sorprenda a la población en cualquier momento sin tener estrategias de mitigación. Además, el desarrollo de estudios específicos de fácil acceso y técnicas de bajo costo pueden ser alternativas para la prevención y mitigación del riesgo sísmico contribuyendo a la planificación ambiental y a la adaptación de nuevas normativas para la gestión del riesgo sísmico de la región.

Objetivos

Objetivo general

Predecir los parámetros del movimiento del suelo PGA, PGV y PGD, implementando algoritmos de estimación óptimos mediante técnicas de aprendizaje computacional para la evaluación probabilística de amenaza sísmica tomando como caso de estudio la ciudad de Armenia, Colombia.

Objetivos específicos

- Explorar e implementar las técnicas clásicas de estimación de los parámetros del movimiento del suelo (PGA, PGV y PGD).

- Identificar y proponer una metodología de análisis en tiempo-frecuencia usando técnicas de aprendizaje computacional para predecir los parámetros del movimiento del suelo (PGA, PGV y PGD).

Referente teórico

Colombia está situada en una zona propensa a los sismos, con una compleja tectónica debido a la interacción de las placas Suramérica, Caribe, Nazca y Cocos, que han generado fallas geológicas formando el relieve del territorio. El sistema de fallas se debe a la cercanía a los límites de subducción de la placa Nazca y Suramérica. A raíz de los sismos más catastróficos en Colombia, cuyos eventos han sido históricamente significativos por los daños y pérdidas causadas, investigadores en el área han despertado interés en trabajar modelos que permitan identificar las respuestas del suelo ante movimientos sísmicos fuertes. El sismo del 25 de enero de 1999 del Quindío con una magnitud de 6.1, provocó graves daños en municipios de los departamentos de Quindío, Caldas, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. De acuerdo con el informe elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, cerca del 84 % de las construcciones escolares presentaron daños mayores y colapsos; 61 instalaciones de salud resultaron dañadas y cerca de 79.500 viviendas resultaron afectadas, de las cuales el 54,72% presentaron daños parciales y alrededor del 45,28% quedaron entre inhabitables y destruidas [3]. Las consecuencias catastróficas de este sismo despertaron el interés para conocer sobre las características del fenómeno, en [4] realizaron estimaciones de la aceleración en roca, obteniendo un valor de 217 gales. En [5] mencionan para el sismo del 2008, que se registraron aceleraciones en roca a 9 km del epicentro de 605 gales, identificando variaciones en los valores de aceleración en otros estudios realizados. Estas variaciones se deben a la cantidad de parámetros involucrados a la hora de estudiar la respuesta del suelo ante un sismo. Los parámetros del movimiento del suelo son vitales para el diseño de estructuras resistentes a terremotos

y análisis de peligro sísmico. Los principales parámetros del movimiento del suelo para evaluar la amenaza sísmica son la máxima aceleración de la tierra (PGA), velocidad máxima de la tierra (PGV) y el desplazamiento máximo de la tierra (PGD). Estos representan la peligrosidad sísmica de un lugar y se estiman generalmente a partir de modelos de movimiento fuerte. Además, PGA, PGV y PGD son parámetros sensibles por su dependencia a diversas condiciones del suelo y características del sismo.

Estos parámetros pueden modelarse utilizando análisis deterministas y/o probabilísticos, conocidos como los modelos de atenuación, los cuales se restringen por su dependencia a una extensa base de datos de fuertes grabaciones de movimiento del suelo, a la magnitud, distancia, tipo de suelo, entre otros. La aceleración máxima del terreno es un factor muy importante que se debe considerar en el sitio de construcción para examinar el daño potencial resultante de un terremoto [2]. Un método de estimación confiable puede ser útil para proporcionar información más detallada de las características de un movimiento fuerte, por tal razón, la selección de modelos de atenuación en el país es un avance importante para la evaluación detallada de las intensidades del movimiento esperadas. A partir de esta información, y con una metodología probabilista, la amenaza sísmica de un sitio específico se mide en términos de la probabilidad de que el movimiento sobrepase una determinada intensidad, considerando un periodo de observación dado y evaluando según los datos observados en la base de datos de movimiento fuerte.

En cuanto a la evaluación de la amenaza sísmica para todo el territorio colombiano, se han realizado varios estudios usando principalmente las ecuaciones de atenuación, como Estrada y Ramírez [6], Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) [7], Alfaro [8-9], Díaz y Alfaro [5], entre otros. El SGC en conjunto con la Fundación Global Earthquake Model, elaboró un Modelo Nacional de Amenaza Sísmica para Colombia (publicado este año), implementando modelos de ecuaciones de atenuación y modelos

de fuentes sísmicas, generando espectros de amenaza uniforme, curvas de amenaza sísmica y mapas de amenaza [3]. Estos estudios hacen una mirada retrospectiva y comparan los mapas de aceleraciones de pronóstico con las aceleraciones registradas y las estimadas para el territorio colombiano en la NSR-10 [1], aplicando el método científico, en el que se compara el valor del modelo con los datos registrados. En el caso de Colombia [5], se presentan básicamente dos problemas: baja instrumentación de movimiento fuerte y la mayoría de los acelerógrafos están colocados en suelo [8]. Estas condiciones además de las propias del sismo y el tipo del suelo afectan en la estimación de los parámetros del movimiento del suelo y, por ende, en la evaluación de la amenaza sísmica. Además, el Modelo Nacional de Amenaza Sísmica más reciente fue concebido principalmente, para la estimación de intensidades sísmicas a nivel de roca firme, por lo que debe implementarse con cuidado en la estimación de intensidades sísmicas en superficie [3].

Ecuaciones de Atenuación

Las ecuaciones de predicción o atenuación del movimiento del suelo ante un sismo fuerte, desarrolladas para el proyecto de atenuación de movimientos de tierra de próxima generación (Next Generation of Attenuation - NGA) en 2008 estableció una nueva línea de base para la estimación de parámetros de movimiento del suelo, como la aceleración máxima del terreno (PGA), velocidad máxima del terreno (PGV) y la aceleración espectral, para sismos de poca profundidad en regiones tectónicas activas [9]. Estas ecuaciones fueron probadas en [9] mediante un análisis que compara cuantitativamente las capacidades predictivas de los modelos NGA utilizando varios subconjuntos de prueba de la base de datos maestra utilizada en el modelo de desarrollo.

Existen muchas ecuaciones de atenuación para evaluar la amenaza sísmica de un territorio y con ellas se derivan los mapas de amenaza. El objetivo principal de estas ecuaciones es estimar

parámetros como la aceleración máxima experimentada por un terreno durante un sismo en particular, para conocer la respuesta del suelo. Las ecuaciones de atenuación más utilizadas para la evaluación de la amenaza sísmica son Abrahamson y Silva [10], Boore y Atkinson [11], Campbell y Bozorgnia [12] e Idriss [13] correspondientes a NGA. La mayor dificultad que presenta el uso de estas ecuaciones es que no dan los mismos resultados en un mismo sitio, dado a la cantidad de parámetros que involucra la respuesta del suelo ante un sismo fuerte. Además, las ecuaciones no utilizan los mismos parámetros característicos de un sismo o las mismas consideraciones del suelo. También dependen del número de registros fuertes y del tipo de instrumentación de las redes de monitoreo. Los estudios se han ido actualizando y han cogido más fuerza a medida que ha venido creciendo la instrumentación.

En [9] evalúan cómo las decisiones de modelado con respecto al conjunto de datos, formas funcionales, parámetros de entrada, influyen en la complejidad y en las capacidades predictivas de los modelos. Además, encontraron que una mayor complejidad del modelo no necesariamente conduce a una mayor precisión de predicción. La inclusión de réplicas en la regresión de los conjuntos de datos puede dar como resultado una disminución de las capacidades predictivas para las descargas principales y que el uso de las características medidas del sitio conduce a predicciones de movimiento del suelo mucho mejores [9].

En el estudio desarrollado por [14] incluyeron varios parámetros geofísicos, como el tipo de corteza terrestre (continental, oceánica o de transición), las fallas geológicas según su morfología y cinemática (inversas, normales, rumbo), el gradiente de las anomalías de Bouguer, la anomalía de la gravedad en la reducción de Bouguer y los valores de la altura de la superficie terrestre. Es decir, son muchos los parámetros que se pueden incluir en un modelo de atenuación, esto depende del tipo de terreno a evaluar la amenaza sísmica. Existen ecuaciones que se ajustan mejor a algunos territorios que otras, de aquí la decisión

de elección de un modelo y no de otro. Por ejemplo, en Colombia, por mucho tiempo se ha implementado la ecuación de atenuación de Abrahamson y Silva [10], en la estimación de los parámetros para la evaluación de la amenaza sísmica. Actualmente, en el nuevo Modelo de Amenaza Sísmica realizan la selección de las ecuaciones de atenuación con mayor detalle, teniendo en cuenta el tipo de fuente y al ambiente tectónico como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones de atenuación implementadas en el modelo de amenaza sísmica para Colombia seleccionadas para cada ambiente tectónico.

Fuentes corticales (superficiales)		Subducción interplaca	
Ecuación de atenuación	Peso	Ecuación de atenuación	Peso
Idriss2014 (Idriss, 2014)	0,399	AbrahamsonEtAl2015SInter (Abrahamson et al., 2016)	0,437
CauzziEtAl2014 (Cauzzi et al., 2014)	0,389	ZhaoEtAl2006SInterNSHMP2008 (Zhao et al., 2006)	0,348
AbrahamsonEtAl2014 (Abrahamson et al., 2014)	0,211	MontalvaEtAl2016SInter (Montalva et al., 2017) modificada	0,215
Nido de Bucaramanga (intraplaca)		Benioff (intraplaca)	
Ecuación de atenuación	Peso	Ecuación de atenuación	Peso
ZhaoEtAl2006SSlabNSHMP2014 (Zhao et al., 2006)	0,443	MontalvaEtAl2016SSlab (Montalva et al., 2017) modificada	0,424
AbrahamsonEtAl2015SSlab (Abrahamson et al., 2016)	0,285	AbrahamsonEtAl2015SSlab (Abrahamson et al., 2016)	0,365
MontalvaEtAl2016SSlab (Montalva et al., 2017) modificada	0,272	ZhaoEtAl2006SSlabNSHMP2014 (Zhao et al., 2006)	0,21

Fuente: Tomado y modificado de [3].

Constantemente se busca ajustar los modelos de atenuación mediante la implementación de nuevas metodologías, con el fin de introducir un marco de validación a cada modelo para evaluar la precisión de las ecuaciones de predicción de los parámetros movimiento del suelo. La predicción de los parámetros del movimiento del suelo parte de una ecuación lineal, en [15] implementan la ecuación (1) para un América Central, la cual es

una expresión ampliamente aceptada para relacionar la fuente, la propagación y los efectos de sitio [16]:

$$\ln Y = C_0 + C_m M - C_{LD} \ln D + C_D D + C_s S + C_p P \quad (1)$$

Donde Y es la variable dependiente que representa PGV y PGA, M es la magnitud del sismo (M_W), D la medida de distancia hipocentral, S es una variable binaria que considera la geología del sitio, P la incertidumbre de la predicción y $C_0, C_m, C_{LD}, C_D, C_s, C_p$ los parámetros a determinar en la regresión.

Las ecuaciones predictivas para PGA, PGV y PSA formuladas en [17] son:

$$\log_{10} Y = f_M + fd + \varepsilon \quad (2)$$

$$f_M = m_0 + m_1 M_W + m_2 M_W^2 + m_3 M_W^3 + m_4 M_W^4 + m_5 M_W^5 + m_6 M_W^6 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} fd = & (r_1 + r_2 M_W + r_3 M_W^2 + r_4 M_W^3) d \\ & + (r_5 + r_6 M_W + r_7 M_W^2 + r_8 M_W^3) d^2 \\ & + (r_9 + r_{10} M_W + r_{11} M_W^2 + r_{12} M_W^3) d^3 \\ & + (r_{13} + r_{14} M_W + r_{15} M_W^2 + r_{16} M_W^3) d^4 \end{aligned} \quad (4)$$

$$d = \log_{10} \{ \max[R_{RUP}, \text{rmin}(M_W)] \} \quad (5)$$

M_W :s la magnitud del momento y $m_{0...6}, r_{1...16}$ son los coeficientes dependientes determinados mediante regresiones. es un término de error aleatorio que se supone que tiene una distribución normal con media cero y desviación estándar σ ($\log 10$ y). Una particularidad de las ecuaciones (1) y (2) para la predicción de los parámetros del suelo es el cálculo de los coeficientes mediante regresiones. Se buscan ecuaciones con modelamiento poco complejos para estimar los parámetros.

Otros modelos Alternativos a las ecuaciones de Atenuación

Debido a las diferencias evidenciadas en los resultados, en diferentes trabajos [[10], [11], [12],[13]] al implementar varias ecuaciones de atenuación en un mismo sitio, se busca mejorar la precisión de predicción de los parámetros del movimiento del suelo mediante la implementación de nuevas metodologías para obtener un modelo que se ajuste mejor a un sitio, con menor incertidumbre y mayor precisión. Una buena evaluación de la amenaza sísmica de un sitio permite la toma de decisiones para la planificación ambiental y la adaptación de nuevas normativas. Existe una alta dependencia entre los daños ocasionados por un terremoto y la respuesta del suelo. Actualmente, la constante mejorar que existe en los sistemas de cómputo y su capacidad para procesar grandes cantidades de datos en el menor tiempo posible, abre la puerta a la implementación de nuevas técnicas para mejorar modelos con mayor número de parámetros y mayor precisión en las estimaciones. Aquí nacen los modelos alternativos que permitan ajustar las ecuaciones de atenuación implementando técnicas de optimización, para generar nuevas metodologías de estimación de parámetros del movimiento del suelo. Estas metodologías generan nuevos modelos de estimación que son evaluados y validados implementando el entrenamiento de clasificadores para elegir los algoritmos de estimación de los parámetros PGA, PGV y PGD óptimo que contribuyan a la evaluación de la amenaza sísmica de una ciudad.

Algunos de los métodos alternativos como ajuste a las ecuaciones de atenuación, implementando técnicas computacionales para la estimación de parámetros del movimiento del suelo como PGA, son la implementación de las redes neuronales como lo desarrolló [18], implementando un método híbrido que acopla la programación genética a los mínimos cuadrados ortogonales, llamado GP / OLS. Este fue empleado para los modelos de predicción del movimiento del terreno y para la estimación de los parámetros PGA, PGV y PGD. En la estimación de los parámetros

de este método híbrido incluyen la magnitud del terremoto, la fuente de terremotos y la resistencia local, los promedios de la velocidad de la onda de corte y mecanismos defectuosos. Las ecuaciones se establecieron con base en una base de datos extensa de fuertes grabaciones de movimiento de tierra lanzadas por el Pacific Earth Engineering Research Center (PEER). Además, llevaron a cabo un análisis de sensibilidad para determinar las contribuciones de los parámetros que afectan a PGA, PGV y PGD. En [18] obtuvieron un rendimiento de predicción mejor comparado con las ecuaciones de atenuación en la literatura.

En [19] implementaron un modelo basado en redes neuronales de propagación hacia atrás para desarrollar un modelo para estimar la aceleración máxima del terreno mediante bases de datos de movimiento fuerte. Como entrada a las redes neuronales tomaron la distancia epicentral, la profundidad focal y entrenaron la magnitud de los registros de terremotos, compararon los resultados de salida con el análisis de regresión no lineal disponible. Además, tomaron mediciones de microtemores con la técnica de transformación Nakamura para validar las estimaciones. En la implementación de este modelo obtuvieron un buen rendimiento comparado con otros métodos. La implementación de redes neuronales para la estimación de la aceleración máxima del terreno es una de las técnicas alternativas más utilizadas para la generación de nuevos modelos de atenuación.

La estimación de los parámetros del movimiento del suelo es una de las principales tareas en ingeniería civil, ya que es un factor importante para el espectro de diseño. En [20] utilizaron un modelo bayesiano para obtener la clase de modelo predictivo más adecuada para la ecuación de atenuación sísmica, implementando 32 predictivos lineales y 16 no lineales. La clase de modelo se evalúa mediante la condicionalidad de plausibilidad en los datos y es proporcional a la evidencia que implica una integral de alta dimensión. Para las clases de modelos no lineales, la evidencia integral se puede reducir a dos dimensiones, utilizando la

simulación de Monte Carlo para evaluar la doble integral. En este estudio identificaron que la clase de modelo más plausible es robusta en el sentido de que se equilibra entre la capacidad de ajuste de los datos y la sensibilidad al ruido. Son muchos los métodos propuestos para la estimación de estos parámetros implementando un sin número de técnicas con el objetivo de mejorar la precisión de predicción y disminuir el margen de error al evaluar la amenaza sísmica de un lugar específico. Se debe tener en cuenta que los métodos de atenuación son muy sensibles a los datos que se tomen como entrada para el entrenamiento de la técnica.

Metodología

Etapa 1: Adquisición de las bases de datos

Realizar una revisión exhaustiva de la bibliografía sobre las diferentes metodologías y técnicas que han sido implementadas para la estimación de los parámetros del movimiento del suelo PGA, PGV y PGD, a nivel internacional, nacional y regional. La contextualización e identificación de las ecuaciones de atenuación con mejor ajuste al territorio colombiano es un punto de partida para la implementación a nivel regional, considerando que los modelos nacionales abarcan las características geográficas, las diferentes fuentes y un catálogo de registros de aceleraciones más completo. La idea es iniciar el ajuste de coeficientes de las ecuaciones para disminuir la incertidumbre y extraer características relevantes que sirvan de insumo para la implementación de los modelos de optimización. Se espera obtener información que aporten a la mejora de estas metodologías para el fortalecimiento de la predicción de los parámetros del suelo y la evaluación probabilística de la amenaza sísmica.

Inicialmente se propuso como caso de estudio la ciudad de Armenia, del departamento del Quindío. Se consolidaron los registros de aceleraciones (triaxiales) desde 1999 hasta 2016 con

intervalos de muestreo de 0.005 segundos, siendo la mayoría sismos superficiales a una profundidad < 30 Km. Los registros fueron adquiridos desde el catálogo de la página oficial del Servicio Geológico Colombiano – SGC. Se toma esta ciudad como referente por los diversos estudios desarrollados a causa del sismo del 25 de enero de 1999. Dichos estudios permitirán la validación y evaluación de las metodologías que se planteen en el desarrollo del presente estudio.

Etapas 2: Pre-procesamiento de los datos

Una vez revisados y seleccionados los registros sísmicos adquiridos, se inicia una etapa de pre-procesamiento y exploración de los datos. Antes de iniciar estas etapas, se debe tener en cuenta que por lo general las trazas sísmicas publicadas en los catálogos de sismicidad o manejados por los Observatorios sismológicos se encuentran en diferentes formatos. De ser necesario se debe realizar una conversión de formatos a uno que sea compatible con Matlab que es el programa en el cual se implementarán las rutinas para el desarrollo del presente trabajo. Los archivos de los registros de aceleraciones contienen los datos de aceleración y una información de cabecera con las especificaciones de la traza. Una vez los datos sean cargados y leídos en Matlab se inicia la etapa de exploración de los datos. Dicho análisis se basa en gráficos y estadísticas que permiten explorar la distribución de los datos, identificando características como los valores outliers, saltos o discontinuidades, concentraciones de valores, forma de la distribución, etc. Además, también permite observar en una primera instancia el comportamiento de los datos.

El siguiente paso es calcular algunos valores estadísticos como aceleración media, máxima y mínima. Posteriormente se elimina la tendencia a los registros.

Etapa 3: Implementación de ecuaciones de atenuación

Una etapa importante es explorar las metodologías que han sido implementadas y llevarlas a nuestro caso de estudio. La selección de ecuaciones de atenuación disponibles en la bibliografía, considerando un conjunto de criterios de descarte. Posteriormente, la elaboración de figuras de aceleraciones espectrales estimadas para diferentes magnitudes y distancias. Dada la necesidad de evaluar la amenaza sísmica de una región, desarrollaron ecuaciones para estimar los parámetros PGA, PGV y PGD, con el propósito de conocer la respuesta del suelo ante un movimiento sísmico fuerte. Dado que los daños ocasionados por un terremoto se relacionan estrechamente con estos parámetros. El parámetro PGA representa la aceleración máxima experimentada por el suelo ante la ocurrencia de un sismo y es el determinante de daño para terremotos moderados, PGV es el determinante de daño con terremotos severos. Estos parámetros dependen de una serie de factores como la magnitud, la profundidad del terremoto, etc. Las técnicas más utilizadas para la estimación de estos parámetros son las ecuaciones de Atenuación. Son muchas las ecuaciones que han desarrollado, tratando de involucrar la mayor cantidad de factores para mejorar la estimación de estos parámetros y disminuir el error en la evaluación de la amenaza sísmica. Algunas de las ecuaciones de atenuación más conocidas son Idriss, Campbell y Bozorgnia, Youngs, Atkinson y Boore, Abrahamson y Silva, entre muchas otras. La selección para implementar las ecuaciones de atenuación depende de la geografía del suelo. La ecuación de Abrahamson y Silva, actualmente es la implementada para la evaluación de la amenaza sísmica en Colombia. Dado a las limitaciones y las variaciones en los resultados de estas ecuaciones al implementarse en un mismo lugar, han utilizado técnicas computacionales para mejorar y optimizar la estimación de parámetros y la evaluación probabilística de la amenaza sísmica. En esta etapa se implementarán las ecuaciones más utilizadas a nuestras trazas sísmicas y se probarán diferentes técnicas computacionales.

Una vez seleccionadas e implementadas las ecuaciones de atenuación utilizando los registros de aceleración de estudio, las fuentes y los efectos de sitio, se realiza una extracción de características relevantes para implementar técnicas de optimización de parámetros. Con la optimización de parámetros se espera obtener los parámetros que mejor se ajuste a las características de la región, obteniendo estimaciones de los valores PGA, PGV y PGD cercanos a los registrados en eventos anteriores. Se inicia la etapa de validación y evaluación de la metodología implementada a partir del entrenamiento de clasificadores para elegir el algoritmo de estimación óptimo de los parámetros PGA, PGV y PGD, que permita evaluar la amenaza sísmica de una ciudad. Se pretende realizar un análisis de sensibilidad para determinar la contribución de los parámetros que afectan la estimación de PGA, PGV y PGD. Es importante evaluar la sensibilidad y las variaciones de los modelos, para validar la efectividad de la metodología implementada en la estimación de los parámetros de movimiento del suelo. Las ecuaciones obtenidas a partir de la metodología propuesta deberían proporcionar un rendimiento de predicción mejor y comparable con las ecuaciones de atenuación encontradas en la literatura.

Etapa 4: Presentación de los resultados

En esta última etapa se realiza el análisis y presentación de los resultados obtenidos de la evaluación de los modelos de evaluación de amenaza sísmica nacional, identificando las ecuaciones de atenuación que mejor se ajusten al área de estudio. Con los resultados obtenidos, se espera obtener mediante las técnicas computacionales implementadas, una metodología con índices de baja incertidumbre para la estimación de los parámetros del movimiento del suelo (PGA, PGV y PGD) para la evaluación probabilística de la amenaza sísmica. Además, se espera que la metodología contribuya al conocimiento de las amenazas geológicas de una manera más detallada y la actualización de normativas de construcción, con el fin de facilitar la toma de

decisiones sobre la prevención y mitigación del riesgo sísmico. Esto sería un aporte relevante para el ordenamiento territorial y ambiental de la región fortaleciendo el crecimiento, planificación y desarrollo.

Resultados

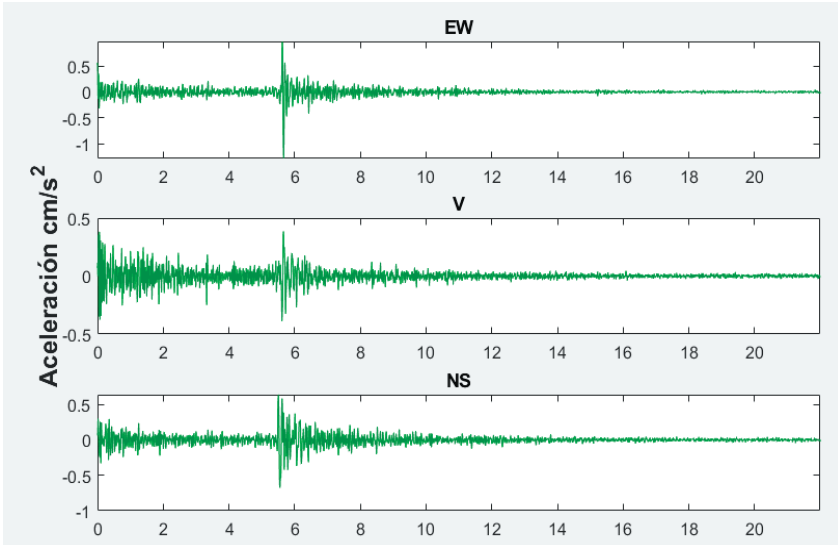
Cabe resaltar que los resultados presentados a continuación son resultados preliminares de la investigación. El trabajo se encuentra en la fase de análisis y estudio de las ecuaciones de atenuación de los modelos desarrollados a nivel nacional, además de modelos implementados en otras regiones del mundo. Con esta implementación se espera identificar las ecuaciones con mejor ajuste a las características del área de estudio. Inicialmente se consolidaron registros de aceleraciones de la ciudad de Armenia, Quindío, desde 1999 hasta 2016, con intervalos de muestreo de 0.005 segundos, es decir, una frecuencia de muestreo de 200 muestras por segundo. En este intervalo de tiempo se obtuvieron 13 registros de aceleraciones (tabla 2), para estas pruebas iniciales se optó por trabajar con este número de registros, pero debe extenderse la base de datos para obtener mejores resultados en la etapa de optimización de parámetros. La mayoría de los registros fueron superficiales, a una profundidad menos a los 30 Km. sismos superficiales a una profundidad < 30 Km. Los registros fueron adquiridos desde el catálogo de la página oficial del Servicio Geológico Colombiano – SGC. En este anexo se presentan las principales características de los eventos sísmicos que componen la base de datos.

Tabla 2. Registros de aceleraciones desde 1999 hasta 2016 de la ciudad de Armenia- Quindío

Fecha-Hora (UTC)	Latitud [°]	Longitud [°]	Profundidad (Km)	Distancia Epicentral (Km)	Magnitud MI
1999-04-08 - 14:09:34	4.476	-75.685	4	47.619	3.4
1999-04-08 - 15:41:25	4.497	-75.684	4	50.147	3.5
2001-02-23 - 07:35:14	4.575	-75.679	0	9.327	2.4
2001-04-19 - 08:54:10	4.498	-75.68	4	6.008	2
2002-04-06 - 22:03:39	4.567	-75.69	166	9.505	4.1
2006-05-26 - 19:58:19	4.52	-75.67	13.32	4.927	1.5
2006-08-10 - 10:51:29	4.47	-75.69	13.3	8.224	2.3
2006-08-23 - 06:53:11	4.485	-75.701	4.1	8.635	2.1
2009-03-03 - 21:43:33	4.53	-75.68	23	8.328	2.2
2009-06-16 - 09:06:09	4.51	-75.7	18	8.104	3
2009-11-23 - 17:44:38	4.503	-75.677	7.1	5.548	3
2009-11-23 - 17:44:38	4.503	-75.677	7.1	5.59	3
2016-05-16 - 07:23:10	4.569	-75.669	3	1.664	1.9

Una vez obtenidos los datos se realiza la lectura de los registros en Matlab, eliminando de tendencia o corrección de línea de base para su visualización como se muestra en Figura 1. Los registros de aceleración son triaxiales con las componentes Norte-Sur (NS), Este-Oeste (EW) y la componente vertical (V). Una vez seleccionados los registros, se aplica un filtro pasa-banda, Butterworth con un rango de 0,12 Hz a 47 Hz, para los registros de procedencia de instrumentos digitales.

Figura 1. Registro de aceleración corregida del sismo de Armenia-Quindío 1999-04-08 - 14:09:34.

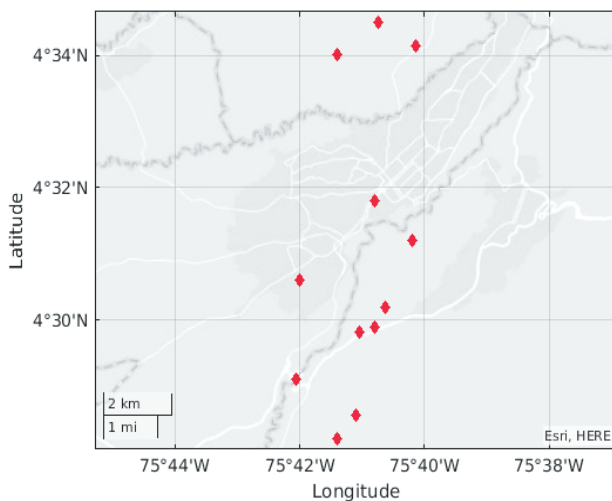


En la Tabla 3, se presenta los valores máximos de aceleración de cada uno de los componentes de los registros. Es importante tener en cuenta que más del 90% de los registros pertenecen a eventos corticales. La actividad sísmica cortical (superficial) está acotada por el límite corteza-manto superior o discontinuidad de Mohorovičić (“moho”). Generalmente, este límite se asocia con profundidades menores de 70 km. No obstante, este límite es variable y debe ser bien establecido en regiones como Colombia, en donde diversos tipos de ambientes tectónicos están intrínsecamente relacionados [3].

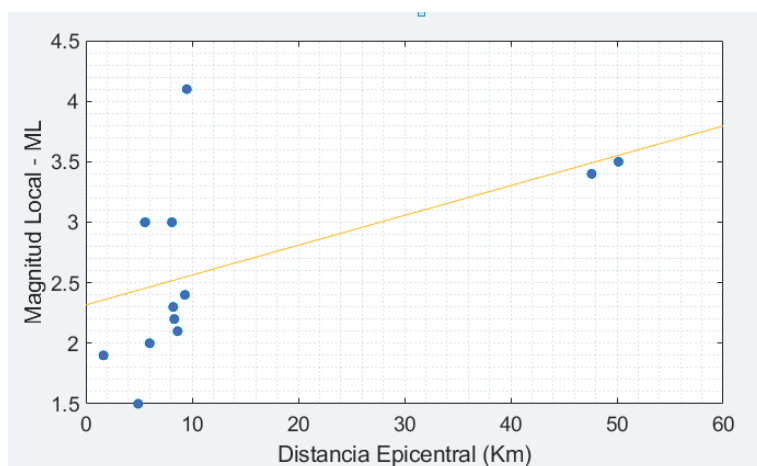
Tabla 3. Valores máximos de aceleración de las componentes de cada registro

Fecha-Hora (UTC)	EW	V	NS
1999-04-08 - 14:09:34	0.9759	0.3865	0.6384
1999-04-08 - 15:41:25	2.0138	1.0607	2.8576
1999-04-08 - 15:41:26	2.5874	2.1291	2.5894
2001-02-23 - 07:35:14	0.6804	0.5316	1.0938
2001-04-19 - 08:54:10	0.9510	0.5241	0.9204
2002-04-06 - 22:03:39	0.3677	0.2080	0.4685
2006-05-26 - 19:58:19	1.3086	1.1798	1.3804
2006-08-10 - 10:51:29	0.3769	0.2997	0.4049
2006-08-23 - 06:53:12	0.9817	0.7053	1.0945
2009-03-03 - 21:43:33	0.2408	0.2393	0.2996
2009-06-16 - 09:06:09	0.2578	0.4632	0.3434
2009-11-23 - 17:44:38	8.6783	4.1971	6.7810
2009-11-23 - 17:44:38	2.0870	2.9834	4.4921
2016-05-16 - 07:23:10	0.2578	0.0883	0.1862

Figura 2. Geolocalización de los epicentros de los eventos sísmicos de los datos recopilados de Armenia- Quindío.

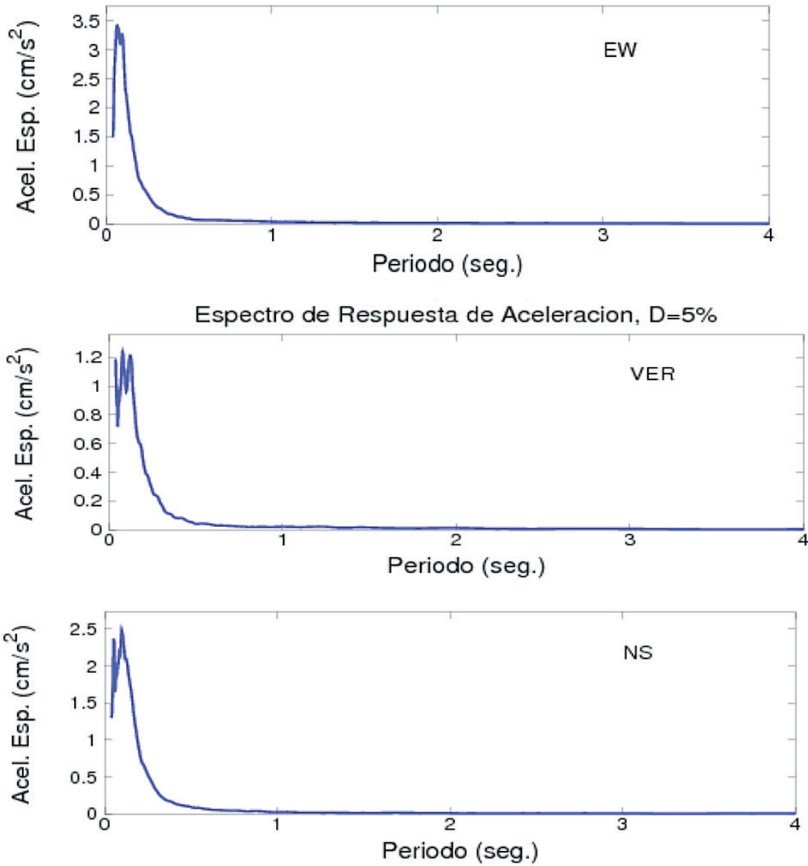


La figura 2 muestra la distribución de los epicentros de los datos recopilados para este estudio. Se utilizó el Toolbox de Matlab para georreferenciar utilizando las coordenadas de latitud y longitud de los metadatos de cada registro. La mayoría de los eventos se presentaron en zonas muy cercanas a la cabecera de la ciudad. La Figura 3 muestra la distribución de las magnitudes Locales respecto a la distancia epicentral. Se evidencia que la mayoría de los eventos con magnitud local se concentran en distancias epicentrales menores a 10 Km. Se relaciona este comportamiento con la cantidad de energía liberada por el sismo, ya que la magnitud local es una escala que cuantifica los sismos con magnitudes pequeñas, no se tendría registro a grandes distancias epicentrales por la misma disipación de la energía. La magnitud local o también conocida la magnitud de Richter se usa para cuantificar la energía liberada por un sismo, la escala máxima de esta magnitud es de 6.9, para sismos que superen una magnitud de 6.9 se miden con la escala de magnitud de momento. Ninguno de los datos recopilados presenta esta característica, teniendo solo medidas de la magnitud local (ML). Para los estudios de amenaza sísmica se calcula la magnitud de momento (M_w) a eventos con magnitud local superiores a 4.0. En nuestro caso no se presentó ningún registro con esta característica. La magnitud de momento mide el tamaño de los eventos en términos de la cantidad de energía liberada.

Figura 3. Gráfico de la magnitud local vs la distancia epicentral.

En la Figura 4 se presenta el espectro de respuesta de aceleraciones con un 5% de amortiguamiento crítico para el sismo de 1999-04-08 - 14:09:34. El coeficiente de amortiguamiento crítico del 5% es un requisito establecido por la NSR-10 para diseño para establecer umbrales de daño. Los valores de respuesta obtenidos varían entre 1.2 y 3.5 cm/s^2 aproximadamente; es importante resaltar que, aunque las tres componentes provienen de un mismo evento sísmico, los resultados pueden variar considerablemente. Esto se debe a la cantidad de factores involucrados en el medio y las características del sismo como la dirección de propagación, medio por el que viaja la onda, tipos de onda, entre otros. Los espectros de respuesta son valores necesarios para conocer la respuesta del suelo estudiado. Estos valores permiten estimar en un sitio determinado, la intensidad esperada del movimiento a partir de la magnitud de los sismos y la distancia entre el evento y el sitio de interés, entre otros parámetros de carácter sísmico, tectónico, físico y geométrico.

Figura 4. Espectro de respuesta de aceleración al 5% de amortiguamiento. Imagen superior para la componente EW, imagen del centro para la componente V y la imagen inferior para la componente NS.



Las ecuaciones de atenuación permiten calcular un valor ponderado de las aceleraciones espectrales y compararlas con las observadas de los registros de aceleraciones reales, permitiendo ajustar los modelos. De forma general, un modelo de amenaza sísmica permite cuantificar las acciones sísmicas (p.ej., intensidades, aceleraciones espectrales, entre otros parámetros de medición) a las cuales se encuentra expuesta la población y la infraestructura

[3]. Tal caracterización es fundamental, ya que permite incluir posibles efectos de sitio en la comparación entre las aceleraciones espectrales calculadas mediante ecuaciones de atenuación y las observadas en los registros acelerográficos. La identificación de un conjunto de ecuaciones de atenuación que mejor se ajustan a las aceleraciones espectrales observadas la región de estudio, así como sus porcentajes de participación correspondientes permite una estimación con menor incertidumbre de los parámetros del movimiento del suelo.

Conclusiones

- En este estudio se presentan resultados preliminares sobre las características y modelos de evaluación de la amenaza sísmica. Se presenta una revisión integral de los antecedentes científicos y técnicos de las modelos de amenaza sísmica implementados en el territorio colombiano para la evaluación a una escala regional a partir de los registros de aceleraciones reportados en el catálogo sísmico del SGC. Identificando la poca información de aceleraciones registradas para el departamento del Quindío, pese a ser un departamento que ha sufrido históricamente considerables daños y pérdidas. En los registros obtenidos no se tienen eventos con magnitud de momento M_w , todos los registros presentan magnitudes menores a 6.9 (eventos de baja energía), siendo esta la escala de cuantificación de la magnitud local. Para la evaluación probabilística de la amenaza sísmica se requieren de un catálogo de registros amplio para obtener mejores ajustes en la implementación de las ecuaciones de atenuación. Por esta razón se plantea abarcar un área de estudio mayor, recopilando registros de aceleraciones para los departamentos de Caldas y Risaralda. Además, es necesario contar con eventos con magnitudes de momento o con magnitudes locales mayores a 4.5 para tener resultados más confiables en la evaluación de los modelos de amenaza sísmica.

- Las ecuaciones de predicción de parámetros del movimiento del suelo se centran en modelos lineales, para la estimación de los coeficientes mediante regresiones y métodos iterativos. Se ha

encontrado que modelos muy complejos para la predicción de estos parámetros no aportan información relevante comparado con las ecuaciones de atenuación, sin embargo, aplicar métodos de optimización puede ser una buena alternativa para el ajuste de los modelos. Las ecuaciones y las variables para considerar en los modelos de amenaza sísmica siguen siendo un tema de estudio debido a la heterogeneidad de los suelos, las variables involucradas en la respuesta del suelo y las características del sismo, no hay una ecuación de atenuación específica que se ajuste a todas las variables. Los cálculos de los espectros de respuesta de aceleración proporcionan información clave sobre la aceleración del suelo, siendo de gran importancia para las normas de diseño. La consideración de los efectos de sitio en los estudios de amenaza sísmica es relevante para conocer a detalle la respuesta del suelo. En la actualidad es cada vez más frecuente incluir un modelo de fallas activas (potencialmente peligrosas) en el análisis de la amenaza sísmica. Esta información es particularmente relevante en regiones donde la información registrada en el catálogo no logra cubrir el intervalo reconocido de ocurrencia de grandes rupturas sísmicas asociadas

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá, AIS, marzo 2010.

- [2] Kerh, T., Lin, J. S., and Gunaratnam, D. Development of Neural Network Model for Predicting Peak Ground Acceleration Based on Microtremor Measurement and Soil Boring Test Data. *Abstract and Applied Analysis*, 2012 (January 2010):1-13

- [3] Arcila, M. García, J., Montejo, J., Eraso, J., Valcarcel, J., Mora, M., Viganò, D., Pagani, M. y Díaz, F. (2020). Modelo nacional de amenaza sísmica para Colombia. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano y Fundación Global Earthquake Model. <https://doi.org/10.32685/9789585279469>

- [4] Sugito, M. y Taniguchi, H. Simulation of strong ground motion for the Quindío earthquake. Reconnaissance report on the 1999 Quindío, Central Western Colombia, earthquake and its disasters. Hiroshi Kagami: Hokkaido University. 1999.
- [5] Díaz, D. y Alfaro, A. Mapas de amenaza sísmica para Colombia utilizando la nueva generación de ecuaciones de atenuación (NGA-2008). 2014. *Épsilon* (22), 55-79.
- [6] Estrada, G. y Ramírez, J. E. Mapa de riesgo sísmico para Colombia. Bogotá: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos y Pontificia Universidad Javeriana. 1977.
- [7] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) (2009). Estudio general de amenaza sísmica de Colombia. Bogotá: Autor.
- [8] Alfaro, A. Difficulties on PSHA in Colombia because of data scarcity. *Bulletin of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, 2012. 46, 145-152.
- [9] Kaklamanos, J. and Baise, L. Model Validations and Comparisons of the Next Generation Attenuation of Ground Motions (NGA-West). *Bulletin of the Seismological Society of America*, February 2011. Vol. 101, No. 1, pp. 160-175. doi: 10.1785/0120100038
- [10] Abrahamson, N. y Silva, W. Summary of the Abrahamson y Silva NGA ground motion relations. *Earthquake Spectra*, 2008. 24(1), 67-97.
- [11] Boore, D. M. y Atkinson, G. M. Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s. *Earthquake Spectra*, 2008. 24, 99-138.

- [12] Campbell, K. y Bozorgnia, Y. NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10 s. *Earthquake Spectra*, 2008. 24, 139-171.
- [13] Idriss, I. An NGA empirical model for estimating the horizontal spectral values generated by shallow crustal earthquakes. *Earthquake Spectra*, 2008. 24, 217-242.
- [14] Salcedo, E. Mapa de Mm del territorio de Colombia. En *Memorias del Curso Construcción e Interventoría de la Mampostería Estructural de Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 1993.
- [15] Schmidt-Díaz V. Ecuaciones predictivas del movimiento del suelo para América Central, con datos de 1972 a 2010. Laboratorio de Ingeniería Sísmica, Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central*, 50: 7-37.
- [16] Boore, D.M. and Joyner, W.B., 1982: The empirical prediction of ground motion. - *Bull. Seism. Soc. Am.* 72(6): s43-s60.
- [17] Carlo Cauzzi, Benjamin Edwards, Donat Fäh, John Clinton, Stefan Wiemer, Philipp Kästli, Georgia Cua, Domenico Giardini, Nuevas ecuaciones predictivas y estimaciones de amplificación de sitios para la próxima generación de Swiss ShakeMaps, *Geophysical Journal International*, Volumen 200, Número 1, 1 enero de 2015, páginas 421–438, <https://doi.org/10.1093/gji/ggu404>
- [18] Amir, G. Amir. A. Mousav, M. and Seyed, T. A hybrid computational approach to derive new ground-motion prediction equations. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 10 January 2011.

- [19] Kerh, T. and Chu, D. Neural networks approach and microtremor measurements in estimating peak ground acceleration due to strong motion. Department of Civil Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan, ROC. 30 August 2002.
- [20] Yuen, K. and Mu, H. Peak Ground Acceleration Estimation by Linear and Nonlinear Models with Reduced Order Monte Carlo Simulation. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Macao, China. 2011. 30–47

13

CAPÍTULO TRECE

Diseño, construcción e instrumentación de un banco de pruebas para caracterización de pérdidas mecánicas en motores de encendido por chispa de bajas potencias

Design, construction and instrumentation of a test bench for mechanical losses characterization in low power spark ignition engines

Edison Henao Castañeda
Universidad Tecnológica de Pereira
edisonhenao@utp.edu.co

Carlos Alberto Romero Piedrahita
Universidad Tecnológica de Pereira
cromero@utp.edu.co

Héctor Fabio Quintero Riaza
Universidad Tecnológica de Pereira
hquinte@utp.edu.co

Juan Camilo Mejía Hernández
Universidad Tecnológica de Pereira
j.mejia1@utp.edu.co

Juan David Ramírez
Universidad Tecnológica de Pereira
juandaviramireza@utp.edu.co

Resumen

Para el estudio de los motores de combustión interna (MCI), como para todas las máquinas de potencia, es necesario disponer de instalaciones experimentales, en las que se puedan realizar pruebas conducentes al conocimiento de factores que afectan su rendimiento. El mediante la ejecución del proyecto se pretende dotar al laboratorio de Máquinas de Combustión de la UTP, de un banco de pruebas para la medición de pérdidas mecánicas en MCI monocilíndricos de encendido por chispa de hasta 10 kW, el banco integra componentes disponibles en el Laboratorio como la cadena de medida de presión en cámara y el sistema de carga, con otros sistemas por adquirir durante la ejecución de este proyecto como una cadena de medida de par y revoluciones en ejes de potencia y un sistema de adquisición y procesamiento de información.

En este trabajo se presenta el proceso de diseño, ensamble e instrumentación del banco de pruebas desarrollado. Se detalla el proceso de diseño y ensamble de la estructura principal, la selección y el montaje de los equipos como el MCI y el sistema de carga/arrastre; también se presenta la instalación de los instrumentos de medición y el sistema de adquisición de datos. Se presenta el software de procesamiento de la información. Finalmente se muestran algunos resultados experimentales de las pérdidas mecánicas de un motor de motocicleta AYCO mediante el método de arrastre con un motor eléctrico, operando a 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 min^{-1} y fijando dos posiciones de apertura de la válvula de aceleración (0 y 100%). Los resultados experimentales con la válvula de aceleración totalmente abierta se confrontan con las pérdidas mecánicas determinadas mediante algunas correlaciones disponibles en la literatura consultada, obteniendo diferencias inferiores a 21,7% para regímenes de giro iguales o superiores a 2000 min^{-1} .

En el banco desarrollado se podrá: realizar estudios de motores estacionarios, empleados en la industria (motobombas, guadañadoras, pequeñas plantas electro-generadoras, etc.) y también motores de motocicletas; realizar prácticas de laboratorio e investigaciones sobre los mecanismos y las fuentes de disipación de la energía disponible en el cilindro (trabajo indicado) y la disponible en el eje del motor (trabajo efectivo); aplicar el método de arrastre para determinar las pérdidas mecánicas en los motores de combustión de encendido por chispa; identificar los factores influyentes en las pérdidas mecánicas y las posibles formas constructivas y tecnológicas de reducirlas.

Palabras claves: Motor de combustión interna, pérdidas mecánicas, banco de pruebas.

Abstract

For the study of internal combustion engines (ICE), similar to all power machines, it is necessary to have experimental test devices, the tests can be carried out leading to the knowledge of factors that affect their performance. Through the execution of the project, the aim was to provide the UTP's Combustion Internal Engines Laboratory with a test bench for the mechanical losses measurement in single cylinder spark ignition engines of up to 10 kW. The bench integrated components available in the Laboratory such as the in-cylinder pressure measurement chain and the load system, with other systems to be acquired during the execution of this project such as a power shafts torque and speed measurement chain and a data acquisition and processing system.

This work presents the process of design, assembly and instrumentation of the test bench. It seeks to detail the design and assembly process of the main structure, the selection and assembly of the equipment such as the ICE and the load/motoring system, the measuring instruments and the data acquisition system installation. The data processing software is presented.

Finally, some experimental results of an AYCO motorcycle engine mechanical loss are shown using the motoring with an electric motor method, motoring it at speeds of 1000, 2000, 3000, 4000 and 5000 min^{-1} and setting two throttle opening positions (0 and 100%). The experimental results with full throttle opening are compared with the mechanical losses determined by some correlations available in the consulted literature, obtaining differences of less than 21.7% for speeds equal to or greater than 2000 min^{-1} .

On the developed bench it will be possible to: carry out studies of stationary engines used in industry (motor pumps, brush cutters, small electro-generating plants, etc.) and also motorcycle engines; carry out laboratory practices and research on mechanisms and dissipation sources of the energy available in the cylinder (indicated work) and that available in the engine shaft (effective work); apply the motoring method to determine mechanical losses in spark ignition combustion engines; identify factors that influence mechanical losses and possible constructive and technological ways to reduce it.

Keywords: Internal combustion engine, mechanical losses, test bench.

Introducción

Los MCI, son máquinas compuestas por distintos mecanismos y sistemas, que transforman la energía química contenida por un combustible en trabajo mecánico [1], [2]. Cerca de 25% de la energía que ingresa al motor mediante el combustible es transformable en trabajo útil [3], la energía restante se disipa en forma de calor a través del sistema de refrigeración, los gases de escape y la carcasa. Para el estudio de los MCI, como para todas las máquinas de potencia, es necesario disponer de instalaciones experimentales, en las que se puedan realizar pruebas conducentes al conocimiento de factores que afectan su rendimiento, por lo

que se pretendió dotar al laboratorio de Máquinas de Combustión Interna de la UTP, de un banco de pruebas para caracterizar la fracción de energía que se disipa por las pérdidas mecánicas de los MCI monocilíndricos de encendido por chispa de hasta 10 kW.

Las pérdidas mecánicas de los MCI varían con la velocidad de giro, el nivel de carga y régimen térmico. Las pérdidas se dividen en tres componentes: accionamiento de auxiliares, que aportan entre 15-25% de las pérdidas mecánicas totales, la fricción de todos los pares cinemáticos que aporta entre 45-65% [4] y el bombeo de gases en las fases de admisión y escape, que aporta entre 15-30% en motores Diesel [4] y hasta 50% en motores a gasolina [5]. Mediante la reducción de las pérdidas mecánicas es posible mejorar la eficiencia, reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂, prolongar la durabilidad y por ende reducir los costos de operación [3], [6], [7]. No obstante, comprobar la efectividad de las técnicas para reducir las pérdidas tales como el desarrollo de lubricantes con mejores propiedades tribológicas y modificadores de fricción, el tratamiento de las superficies rozantes con mejor acabado superficial y la optimización del tamaño y la masa de las piezas móviles, requieren de ensayos experimentales, incluso al emplear metodologías numéricas [4], [7], [8].

Durante la ejecución de este proyecto se adquirieron equipos como una cadena de medida de par y revoluciones en ejes de potencia y un sistema de adquisición y procesamiento de información, el banco se complementa con distintos componentes disponibles en el Laboratorio como la cadena de medida de presión en cámara y el sistema de carga. Se instala un conjunto motor-eléctrico/MCI, instrumentado sus sistemas de admisión-escape, lubricación y refrigeración con transductores de temperatura, presión en la cámara de combustión y en el ducto de admisión, par y revoluciones del árbol de potencia, vibraciones mecánicas en distintas direcciones y voltaje, amperaje y potencia eléctrica consumidos por el motor eléctrico. Las pruebas se pueden realizar con el MCI accionado por el motor eléctrico (con lo que se podrán

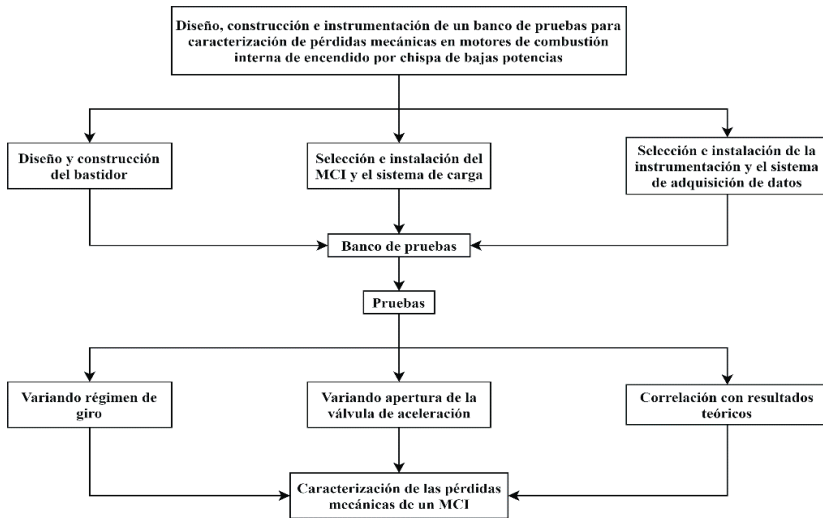
caracterizar las fuerzas de resistencia inerciales y de fricción en el conjunto móvil); se medirá la potencia de arrastre requerida para valores seleccionados de revoluciones (de manera que se pueda conocer la potencia demandada por la fricción en los pares cinemáticos del conjunto móvil del motor) y se podrá variar la apertura de la válvula de aceleración para evaluar las variación de las pérdidas de bombeo. El conocimiento de las temperaturas de los fluidos de admisión, escape, refrigeración y lubricación permitirán evaluar las pérdidas mecánicas bajo distintos regímenes térmicos con posibilidades de explorar la influencia de factores adicionales como la viscosidad del lubricante y la temperatura de la camisa por la que se desplaza el pistón. La determinación experimental de las pérdidas mecánicas se realiza en un motor monocilíndrico de motocicleta siendo impulsado por un motor eléctrico, los regímenes de giro ensayados fueron 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 min^{-1} y aperturas de válvula de aceleración de 0 y 100%. Los resultados experimentales fueron comparados con las pérdidas determinadas mediante distintas correlaciones disponibles en la literatura consultada.

En el banco desarrollado se puede: realizar estudios de motores estacionarios, empleados en la industria (motobombas, guadañadoras, pequeñas plantas electro-generadoras, etc.) y también motores de motocicletas; realizar prácticas de laboratorio e investigaciones sobre los mecanismos y las fuentes de disipación de la energía disponible en el cilindro (trabajo indicado) y la energía disponible en el eje del motor (trabajo efectivo); utiliza el método de arrastre para determinar las pérdidas mecánicas en los motores de combustión de encendido por chispa; identificar los factores influyentes en las pérdidas mecánicas y las posibles formas constructivas y tecnológicas de reducirlas.

En los siguientes apartes de este capítulo se presenta el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos y la metodología del proyecto. Luego se exponen las bases teóricas simples bajo las que se estudian las pérdidas mecánicas de los

MCI. Se muestra el proceso de construcción del banco de pruebas y algunos resultados experimentales de las pérdidas mecánicas obtenidas mediante el método de arrastre confrontados con las pérdidas determinadas de forma teórica. En la Figura 1 se esquematiza el desarrollo del proyecto.

Figura 1. *Esquema de desarrollo del proyecto*



Planteamiento del problema y justificación.

En la actualidad, las principales investigaciones académicas en el campo de los MCI se centran casi exclusivamente en la reducción del consumo de combustible y de las emisiones contaminantes, ambas tendencias motivadas por aspectos políticos y medioambientales, pero no se considera con la misma intensidad, al menos en el ámbito nacional, el estudio de las pérdidas de potencia mecánica y su relación con los diferentes parámetros constructivos, tecnológicos y de explotación. A esto se suma que no se abordan en el país estudios relacionados con el diseño constructivo de los motores y las implicaciones de factores de explotación como los materiales, los recubrimientos de guías, cojinetes, cilindros y anillos, las propiedades de los lubricantes,

sobre las prestaciones de los motores. La misma Universidad Tecnológica de Pereira, en las ocasiones en las que ha tenido solicitudes de estudios por parte del sector industrial, no se ha encontrado en condiciones de responder.

El propósito de este proyecto es configurar un banco para que, de manera flexible, se puedan montar y desmontar diferentes motores con posibilidad de acoplar directamente a sistema de carga/arrastre o a través de transmisión de correa sincrónica, según la necesidad, para medir el par y la potencia directamente en el árbol de salida y correlacionarlo con la velocidad de giro y el régimen térmico. Se busca instalar, entre el MCI de prueba y el sistema de carga/arrastre, un medidor de par y revoluciones con su cadena de medida y su software. Los motores se operarán en arrastre y en trabajos futuros en combustión. El banco de ensayos integrado será suficientemente flexible y robusto para adaptarse a la introducción de nuevos parámetros a estudiar y permitir los ajustes y modificaciones según lo requieran las pruebas solicitadas. El grupo de investigación a cargo del proyecto tiene la preparación y la experiencia para llevar a cabo el diseño y la construcción de la instalación requerida, para beneficio de los estudiantes en su formación profesional e investigativa y para dar respuesta a las necesidades de proyección en investigación regionales en el campo de las plantas energéticas. El proyecto forma parte de un conjunto de proyectos formulados para equipar los laboratorios de Motores de Combustión y Tribología y Desgaste de la UTP con una infraestructura investigativa actualizada básica.

El Grupo de Investigación en Tecnología Mecánica ha tenido un continuo interés por la temática de las pruebas e instrumentación de motores de combustión, al tiempo que el grupo de investigación en Materiales de Ingeniería también ha venido adelantando proyectos mediante los cuales se han construido dos tribómetros y dos bancos para el estudio del desgaste de materiales para transmisiones dentadas. Este interés se ha visto reflejado en la ampliación de la dotación investigativa de los grupos y la

culminación de varios trabajos de grado de estudiantes de la Escuela de Tecnología Mecánica y de la Facultad de Ingeniería Mecánica, de manera que se han visto apoyados y mejorados los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de diferentes cursos como Motores de Combustión, Instrumentación y Electrónica, Mecatrónica, e incluso de Tecnología Química. Mediante los trabajos en el laboratorio se logran desarrollar las habilidades de quienes participan en los proyectos, habilidades que les dan competencias adicionales para influir más en el sector automotor en general.

El desarrollo del proyecto fortalece las capacidades para responder a las necesidades de evaluación de comportamientos tribológicos de lubricantes comerciales, alternativos y bio-lubricantes, evaluación del impacto de tecnologías de reparación y recubrimiento sobre la fiabilidad de los motores reparados en talleres y empresas rectoras de motores (se conoce del cambio tecnológico que han venido teniendo las partes estructurales de los motores en sus materiales y los cambios en la dotación de equipos de rectificado y metalizado en frío y en caliente de las rectoras de motores). El desarrollo del proyecto sirve a los propósitos académicos de ofrecimiento de los programas de Especialización Tecnológica en Mecánica Automotriz y de Ingeniería de Manufactura, previstos por la Escuela de Tecnología Mecánica, y abre caminos investigativos en el programa de Maestría de Ingeniería Mecánica, en la línea de investigación en Motores de Combustión Interna y Combustibles Alternativos.

El banco construido e instrumentado permitirá relacionar comportamiento de motores en combustión con variables definidoras de las pérdidas de fricción para combinaciones de factores constructivos, tecnológicos y de explotación que se requieran en futuros estudios. Servirá como instalación experimental para validación de modelos de fricción dentro de las limitaciones del banco y servirá para participar de iniciativas

nacionales e internacionales en el conocimiento de las pérdidas de fricción para los nuevos materiales que vayan desarrollándose para los pares de fricción de los motores. Las investigaciones en fricción son realizadas en el mundo por empresas de larga trayectoria y grupos de investigación integrados a casas fabricantes de materiales, componentes y materiales y en este sentido mucho de lo que se hará podría seguirse encargando a dichas empresas y grupos de investigación, pero esto no es justo con la obligación que tienen las universidades colombianas de participar en la creación y desarrollo de conocimiento científico y tecnológico. El aporte Internacional, entonces, se traduce en la oferta de una instalación y unos servicios de medición de pérdidas de fricción y de infraestructura para validar modelos de pérdidas mecánicas.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar, construir e instrumentar un banco de pruebas para estudiar experimentalmente las pérdidas mecánicas totales de MCI monocilíndricos de hasta 10 kW mediante el método de arrastre, así como para evaluar la influencia de diferentes variables constructivas, tecnológicas y de explotación sobre la fricción, la lubricación y el desgaste.

Objetivos específicos

- Estudiar los desarrollos de sistemas de carga y medición de pérdidas mecánicas divulgados en la literatura y promocionados en catálogos por empresas fabricantes de equipos de pruebas de motores de combustión interna alternativos.
- Seleccionar y adquirir los componentes requeridos para integrar el banco de estudio de pérdidas mecánicas de motores de combustión alternativos.

- Diseñar y programar la construcción, el ensamble y las pruebas piloto del banco de pruebas, con amplitud y flexibilidad para probar motores hasta 10 kW de diferentes configuraciones, incluyendo motores de dos tiempos.
- Realizar las pruebas de medición de pérdidas mecánicas por el método de arrastre con motor y comparar con los valores de pérdidas mecánicas calculados mediante correlaciones teóricas.

Referente teórico

En esta sección se menciona brevemente cuáles son las fuentes principales relacionados con pérdidas mecánicas de los MCI, comentando algunas investigaciones relacionadas con la determinación experimental, ciertas maneras de reducirlas y diferentes alternativas de sistema de carga/arrastre e instrumentación implementados en los bancos de prueba. Se describe el procedimiento para estudiar las pérdidas mediante el método de arrastre, mencionando las ventajas y los posibles inconvenientes que presentan al aplicarlo. Se exponen las ecuaciones que relacionan las variables medidas experimentalmente con el desempeño mecánico y algunas correlaciones disponibles en la literatura para estimar las pérdidas numéricamente. El proyecto propuesto no trata de vehículos, ni de motores para vehículos, pero los resultados de los trabajos en bancos estacionarios pueden conducir a desarrollar y validar modelos de pérdidas mecánicas, validar modelos existentes, escalar experimentos industriales y extender los resultados al mundo automotor.

Fuentes de las pérdidas mecánicas

Las pérdidas mecánicas consumen alrededor de 13% de la energía provista por el combustible [9] y se dividen en: fricción, bombeo y accionamiento de auxiliares. Las pérdidas de fricción constituyen entre 45-65% de las pérdidas totales y se producen durante la operación del mecanismo pistón-biela-manivela al generar fuerzas normales a las superficies de los pares pistón-

anillos-cilindro, pistón-pasador-biela, biela-muñón-cigüeñal y cigüeñal-muñón-bancada. La compresión requerida para la generación de potencia del motor impone grandes necesidades de sellado o estanqueidad entre el cilindro y el cárter, a lo cual se responde constructiva y tecnológicamente con cantidad, rigidez mecánica, formas, recubrimientos y acabados de los anillos de compresión y de limpieza de aceite de los cilindros. La componente normal de la fuerza resultante, al transmitirse el movimiento a la biela, recuesta al pistón contra la superficie del cilindro con magnitud variable a lo largo de la camisa, durante todo el ciclo de operación del motor. Las fuerzas de sellado de los anillos y de fricción entre el pistón y el cilindro son de magnitud considerable en relación con la magnitud total de las pérdidas de fricción; son complejas de calcular y su modelado y determinación experimental siguen constituyendo un reto importante.

Los apoyos utilizados para los muñones de biela y de bancada pueden ser deslizantes (bujes y casquetes) o de rodadura (rodamientos y canastillas). Cuando se utilizan cojinetes o casquetes, el diseño debe garantizar la lubricación hidrodinámica y en ese ejercicio entran en consideración las condiciones de operación (régimen y carga) del motor, las dimensiones y las holguras del muñón y del cojinete, los acabados de las superficies de contacto, la viscosidad del lubricante, la temperatura, determinantes tanto de la formación de la cuña hidrodinámica, como del perfil de distribución de presiones a lo largo del apoyo y en su proyección radial. La resistencia de fricción en los cojinetes sigue en magnitud a las resistencias de fricción en el grupo pistón-anillos-camisa y también son complejas de calcular. Adicionalmente durante el accionamiento del mecanismo de distribución de gases, también se genera demanda de potencia y se producen fuerzas normales a las superficies de los componentes de la cadena cinemática levas-seguidores-impulsores-balancines-válvulas-guías-asientos.

Respecto a la distribución de las pérdidas de fricción, el grupo pistón/anillos aporta entre 50-68%, el cigüeñal entre 25-35% y el sistema de distribución entre el 10-20%. Las pérdidas de bombeo aportan entre 15-30% de las pérdidas totales en motores Diesel [4] y hasta 50% en motores de gasolina [5] y son influenciadas por los distintos componentes de los ductos de admisión y escape como el filtro de aire, la válvula de aceleración, las paredes de los múltiples de admisión y escape, el silenciador, el catalizador y las válvulas, que dificultan los flujos de aire y gases de escape. Por parte de las pérdidas debido a accionamiento de sistemas auxiliares, éstas conforman entre 15-25% de las pérdidas y son constituidas por la potencia demandada de las bombas de lubricación y refrigeración, el alternador, bomba de combustible, entre otros [4].

Estado del arte

De la determinación de las pérdidas mecánicas en motores de combustión interna se han ocupado y ocupan grupos de investigación de empresas fabricantes de componentes, mecanismos, materiales, recubrimientos, lubricantes, aditivos, bancos de pruebas, de institutos de investigación, proveedores de servicios de pruebas y grupos académicos en todo el mundo. En el desarrollo de los motores ganan más confianza los procesos de modelado y prototipado virtual, modelos validados con resultados experimentales de mayor o menor resolución, según la necesidad. Se consiguen en el mercado programas computacionales comerciales para modelado y simulación de motores como GT-Suite, LMS, AVL-Boost que tienen en sus librerías modelos de pérdidas y modelos de fricción particulares para los diferentes pares. También es creciente el número de empresas que se ocupan de las pruebas mecánicas, la medición y la certificación del desempeño mecánico de mecanismos, sistemas, motores y trenes de potencia completos; empresas como MTS, Schenck, Application Engineering, Powertrain Engineering, Ricardo, Mahle, Federal Mogul, aparte de las dedicadas al diseño de

materiales y lubricantes. A continuación, se mencionan algunos trabajos relativos a la medición de pérdidas mecánicas y a las maneras exploradas para mitigarlas.

Skjoedt et al. [10], realizaron pruebas en un motor de 2,5 litros y seis cilindros, con dos regímenes de giro (1500 y 3000) y distintos niveles de carga, determinaron las pérdidas mecánicas con el método del diagrama indicado, midiendo la presión en los cilindros con sensores Kistler 6125A y la posición angular del cigüeñal con un encoder de 1° de resolución para calcular los parámetros indicados, y el par en el eje de salida con una celda de carga para calcular la presión media efectiva, además, manifestaron que debido a que la magnitud de la presión media de pérdidas mecánicas es relativamente mucho menor a la efectiva y la indicada se debe considerar la histéresis de la celda de carga y los rodamientos del dinamómetro empleado para reducir la incertidumbre. En este trabajo se emplearon lubricantes de base mineral y sintética, y grados de viscosidad SAE20, 30 y 40, además, utilizaron disulfuro de molibdeno y ácido esteárico como aditivos modificadores de fricción, obteniendo que las pérdidas mecánicas se reducen entre 16 y 6% utilizando aceites de base sintética comparado con los de base mineral y que al utilizar aceites 5W-20 y 5W-30 se reducen las pérdidas en un 12 y 4% respectivamente comparado con el aceite 10W-40 para los regímenes de giro probados debido a que se disminuye el rozamiento en el régimen de lubricación hidrodinámico, mientras que al utilizar modificadores la fricción se reduce el rozamiento en el régimen de lubricación límite entre 15 y 8% al usar el disulfuro de molibdeno y entre 7 y 6% al usar el ácido esteárico.

Noorman et al. [11], mediante el método de diagrama indicado determinaron las pérdidas mecánicas en un motor de seis cilindros durante varias rutinas de funcionamiento en las que se mantenían constantes las cargas y las velocidades de giro con un sistema de control electrónico. Los parámetros indicados fueron obtenidos a partir de la presión en las cámaras de combustión

medidas con sensores piezoeléctricos Kistler 6125A y la posición angular de cigüeñal con un encoder óptico Kistler, los parámetros efectivos mediante un dinamómetro eléctrico y para la adquisición de datos utilizaron un sistema Tektronix de alta frecuencia de muestreo. Las pruebas se realizaron con tres regímenes de giro (1500,2000 y 3000) y niveles de carga entre 1/12 y 3/4 de apertura de mariposa. Durante cada rutina de funcionamiento del motor, aplican modificadores de fricción en varias ocasiones, obteniendo como resultados que las pérdidas mecánicas durante la etapa de calentamiento del motor son mayores respecto a las de condiciones normales de operación por la viscosidad del lubricante y reportaron la variación de las pérdidas mecánicas con cada adición del modificador de fricción logrando reducciones de hasta 12,4% con cargas bajas y 11,4% con cargas altas.

Mufti [12], determinó las pérdidas totales en un motor mono-cilíndrico Ricardo-Hydra DOHC aplicando el método de diagrama indicado y utilizando instrumentación similar a la anteriormente mencionada. En este trabajo se realizaron pruebas con regímenes de giro entre 800 y 2000 , cargas de 1/4 y 1/2 de apertura de válvula mariposa y temperaturas de lubricante entre 24°C y 80°C, y se analizaron los efectos sobre las pérdidas mecánicas de los lubricantes 0W-20 y 5W-30 aditivado con modificador de fricción, obteniendo que la temperatura óptima del aceite 0W-20 se encuentra alrededor de los 60°C para que se generen las pérdidas mínimas con todos los regímenes de giro ensayados, mientras que para el aceite 5W-30 aditivado la temperatura óptima de funcionamiento se encuentra cerca de los 60°C para el régimen de giro lento y alrededor de 80°C para las velocidades de giro rápidas. En este trabajo también se analizaron las pérdidas por fricción del sistema de distribución de gases, el cigüeñal y el pistón numéricamente mediante el análisis dinámico de los mecanismos y experimentalmente instrumentando la polea principal del sistema de distribución y la biela para determinar los pares y las fuerzas de fricción, realizando pruebas con motor encendido y arrastrado con un motor eléctrico, obteniendo que

no se tienen diferencias significativas entre la fricción medida con el motor arrastrado y bajo el efecto de la combustión. Lo anterior también fue comentado por Noorman et al. [11], mostrando algunos resultados en los que existe poca diferencia entre las pérdidas mecánicas totales y las del ensamblaje pistón/anillos de un motor de combustión interna medidas por el método de arrastre y por el método de diagrama indicado.

El grupo pistón/anillos/cilindro también fue estudiado por Koch et al [13] mediante un montaje de cilindro cuya camisa se apoyó sobre celdas de carga para medir la fricción del par cinemático. Calibraron el sistema y establecieron las incertidumbres por el ajuste de la culata y por el empuje lateral que el pistón le transmite al cilindro en el proceso combustión y realizaron pruebas con varios regímenes de giro del motor (1000, 2000, 3000 y 4000), mostrando que la fricción del pistón es similar en la mayoría del ciclo para las pruebas realizadas en arrastre y con motor encendido, pero, existen diferencias en la etapa de compresión y expansión debido a que la combustión ocasiona mayor rozamiento por la presión de los gases detrás de los anillos y el empuje lateral del pistón.

Fang et al. [14], determinaron la fricción en el ensamblaje de pistón y anillos mediante el análisis dinámico y aplicando el método de arrastre. Las variables medidas fueron la presión en la cámara de combustión con un sensor piezo-eléctrico Kistler 6125B, la posición angular del cigüeñal con un encoder óptico OMRON de 720 pulsos por vuelta y la fuerza axial de una biela que fue modificada e instrumentada con galgas extensométricas. En el experimento se probaron distintas temperaturas de lubricante (40, 60 y 80°C) con regímenes de giro entre 800 y 1000 , obteniendo que con mayor temperatura del aceite se beneficia la fricción en el régimen hidrodinámico cuando el motor gira rápido, ya que la viscosidad del lubricante es menor, mientras que al estar frío se beneficia la fricción del régimen de capa límite para velocidades de giro lentas.

La temperatura del cilindro por el que se desplaza el pistón también es un parámetro importante en cuanto a la fricción y las pérdidas mecánicas. En el trabajo de Rahmani et al. [15], se analizaron los cambios en la energía perdida por calor, las pérdidas por fricción y los gases producto de combustión emitidos por un motor de combustión interna, operando con temperaturas de cilindro de 40, 80 y 120°C y regímenes de giro de 1500 y 2500 . Obtuvieron como resultados que a 1500 y una temperatura de cilindro de 120 °C se logra reducir la energía cedida por calor hasta en un 1,37 %, mientras que para el régimen de 2500 no se tiene una reducción considerable de las pérdidas de calor con el incremento de la temperatura del cilindro. Respecto a la fricción, obtuvieron que a menor temperatura de cilindro se reduce en el régimen de lubricación de capa límite que se da cerca a los finales de carrera del pistón, pero, que al incrementar la temperatura se reduce en el régimen de lubricación hidrodinámico en el que el pistón se mueve con mayor velocidad. También obtuvieron que las pérdidas totales del motor se reducen hasta en un 28,6% para una temperatura de cilindro de 80°C comparado con las otras temperaturas de cilindro evaluadas y al operar con ambos regímenes de giro. Para el caso de las emisiones, la cantidad de hidrocarburos no quemados se reduce a medida que se incrementa la temperatura del cilindro, sin embargo, la concentración de los óxidos de nitrógeno aumenta.

Otras alternativas, en conjunto con el estudio de los lubricantes, se enfocan en la utilización de diferentes materiales para la fabricación de anillos de pistón y cilindros con el fin de reducir la fricción, prolongar la vida útil, aumentar la temperatura de funcionamiento y reducir las pérdidas de calor. Söderfjäll et al. [16], desarrollaron un dispositivo de cilindro desmontable apoyado sobre celdas de carga en el que se evaluó de forma individual la fricción de los anillos de pistón; el dispositivo se montó sobre la culata de un MCI y el alojamiento de los anillos fue conectado mediante un vástago a la cabeza de uno de los pistones del motor para que sigan los movimientos al realizar pruebas de arrastre

a 900 y 1200. En este trabajo probaron diferentes materiales de anillos y tres tipos de cilindro fabricados mediante diferentes tecnologías y con diferentes acabados superficiales, obteniendo que las menores potencias de pérdida por fricción se obtienen con el paquete de anillos compuesto por el primer anillo revestido de carbono duro, el segundo anillo del Estándar Euro 6 y el anillo de lubricación de base escalonada desplazándose sobre un cilindro de fundición de hierro.

Por otra parte, el tratamiento superficial de las piezas, especialmente el cilindro, es una manera de mejorar la lubricación de las piezas, entre los más conocidos se encuentran el texturizado que consiste en realizar surcos diametrales de poca profundidad y la práctica de micro perforaciones primordialmente en las zonas de contacto lento entre superficies, cabe resaltar que cuando se disminuye la viscosidad del lubricante sin realizar un procedimiento adecuado a las superficies se incrementa el desgaste. Adicionalmente modificar la dinámica y la cinemática es una buena estrategia para reducir la fricción tal como se logra con los motores de carrera variable (ciclo Atkinson), con la variación de la relación de aspecto en los apoyos de los ejes del motor o con la disminución del tamaño y la masa de los componentes. De igual modo, la aplicación de nuevas tecnologías promueve la reducción en el consumo de combustible como sucede con los sistemas de tiempo y apertura valvular variable o los sistemas que incluso eliminan la necesidad de tener árbol de levas como el accionamiento neumático, hidráulico o magnético de las válvulas, que mejoran el rendimiento volumétrico. También se implementan los sistemas de inyección directa de gasolina, que mejoran el rendimiento del motor y permiten reducir la dimensión de componentes sin disminuir la potencia efectiva. No obstante, los sistemas de relación de compresión variable e inyección directa de gasolina afectan directamente el rendimiento térmico incrementando la potencia indicada del motor, lo cual requiere que al interior de la cámara de combustión se genere mayor presión y por ende existan fuerzas de mayor magnitud principalmente sobre el ensamblaje de pistón, biela y cigüeñal produciendo mayor fricción [5].

Descripción del método de arrastre.

El método de arrastre se considera uno de los más versátiles dado que su implementación es sencilla, la instrumentación requerida es asequible comparada con la del método del diagrama indicado y el motor permanece en su estado original. Su aplicación consiste en impulsar el motor de combustión interna con un motor eléctrico para accionar todos los mecanismos [11], [17]. Debido a que el método se utiliza en ausencia de la combustión las cargas en algunos elementos importantes como el pistón, anillos, biela y cigüeñal son menores a la de condiciones reales, adicionalmente las condiciones térmicas y tribológicas también difieren dado que la temperatura del motor aumenta únicamente por la fricción entre los componentes [11], [13]. Sin embargo, si se tiene control sobre las temperaturas del lubricante, se pueden obtener resultados significativos de la potencia de pérdidas mecánicas. Por otra parte, al igual que el método del diagrama indicado sólo se miden las pérdidas totales.

Para efectuar la determinación de las pérdidas mecánicas, es necesario medir la velocidad angular del cigüeñal y el par que debe entregar el motor eléctrico para mantener el motor de combustión interna en regímenes de giro constante, en términos de potencia se las pérdidas se calculan con la ecuación (1). También, es posible tener aproximaciones midiendo la corriente y el voltaje en el motor eléctrico, para posteriormente calcular la potencia eléctrica de arrastre, ecuación (2). Sin embargo, existe la incertidumbre de la eficiencia del motor eléctrico, y en términos de presión media efectiva con la ecuación (3).

$$N_{pm} = \omega T \quad (1)$$

$$N_{pm} = VI \quad (2)$$

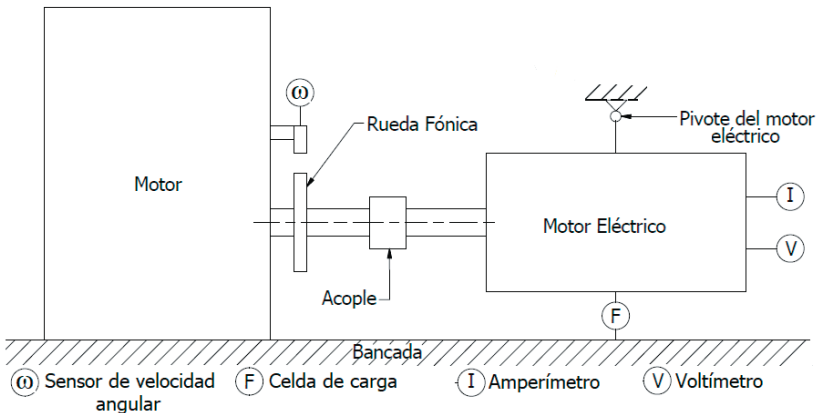
$$FMEP = \frac{2\pi T}{iV_c} \quad (3)$$

Dónde: N_{pm} : potencia de pérdidas mecánicas, ω : velocidad angular del motor, T : par de arrastre, V : voltaje, I : corriente $FMEP$: presión media de pérdidas mecánicas, i : factor de ciclo (1 para motor 2T y 0,5 para motor 4T), V_c : cilindraje.

Dónde: N_{pm} : potencia de pérdidas mecánicas, w : velocidad angular del motor, T : par de arrastre, v : voltaje, I : corriente $FMEP$: presión media de pérdidas mecánicas, i : factor de ciclo (1 para motor 2T y 0,5 para motor 4T), V_d : cilindraje.

En la Figura 2 se muestra el esquema básico del banco de pruebas para usar el método de arrastre. El motor eléctrico del banco también puede utilizarse como sistema de freno en pruebas con motor encendido.

Figura 2. Esquema de banco de pruebas para método de arrastre.



Correlaciones teóricas

En esta sección se describen brevemente tres correlaciones empíricas publicadas por otros autores que permiten calcular la FMEP a partir de las características geométricas y de operación de los motores. Millington y Hartles [18], correlacionaron los resultados de pérdidas mecánicas de varios motores Diesel de diferente cilindraje con la relación de compresión el régimen de giro y la velocidad media del pistón. Las pruebas fueron realizadas en condición de arrastre. La correlación de Fujii et al [19] depende de las dimensiones principales del motor como el diámetro y la

carrera del pistón, los diámetros y las cantidades de los muñones de biela y de bancada, el régimen de giro. Evaluaron las pérdidas de un conjunto de motores de motocicleta de distintos cilindrajes, número y disposición de cilindros y regímenes de giro máximos, incluyendo algunos motores de revoluciones muy altas. Las pruebas fueron realizadas en condición de arrastre, con la válvula de aceleración totalmente abierta y sin múltiple de escape. En el libro de Heywood [2] se encontró una correlación dependiente sólo del régimen de giro del motor, la cual se obtuvo a partir de pruebas en arrastre de varios MCI con cilindrajes entre 845 y 2000 cm³ y regímenes de giro entre 1000 y 5000 min⁻¹. En la Tabla 1. se encuentran las ecuaciones de las correlaciones mencionadas.

Tabla 1. Correlaciones empíricas.

Millington & Hartles	$FM_{EP_{ps}} = A + \frac{7,0n}{1000} + 1,5 \left(\frac{V_{mf}}{1000} \right)^2$ <p>A: relación de compresión, V_{mf}: velocidad media del pistón en ft/min n: régimen de giro en min⁻¹</p>
Fujii et al.	$FM_{EP_{iso}} = [3 \times 10^{-3} \cdot (n \times 10^{-3})^2 + 0,2] \frac{\sqrt{SD_p}}{B}$ <p>Dónde: S: carrera del pistón, B: diámetro del pistón, D_m: diámetro equivalente del cigüeñal</p> $D_m = \frac{k_c \left[\sum_1^m D_{aj} + \sum_1^o D_{sp} \right]}{m + o}$ <p>Dónde: k_c: parámetro dependiente del número de cilindros, D_{aj}: diámetro de los apoyos del cigüeñal, D_{sp}: diámetro de los muñones de biela, m: número de apoyos del cigüeñal, o: número de muñones de biela</p>
Heywood	$FM_{EP_{iso}} = 0,97 + 0,15 \left(\frac{n}{1000} \right) + 0,05 \left(\frac{n}{1000} \right)^2$

Metodología

Inicialmente se estudian y analizan los fundamentos teóricos del proyecto, prestando atención particular a los parámetros que se miden en los motores comerciales y en los motores de investigación, de manera que se puedan reunir los elementos de juicio necesarios para limitar los alcances de aplicación de la

información adquirida con los sensores actualmente instalados en el motor base del laboratorio de la UTP. En esta etapa también se repararán los diversos métodos de control empleados en los motores de combustión y los modelos y técnicas experimentales aplicados en cada uno de los casos.

La metodología de trabajo se basa en la realización secuencial de las siguientes tareas:

- Recopilación de información y estudio de los distintos sistemas de carga y mediciones mecánicas utilizados en investigaciones similares y en el mercado, relacionados con aquellos a utilizar en este proyecto, realizando las pertinentes descripciones y comparativas de cada uno de ellos.
- Selección y adquisición de los componentes requeridos para integrar el banco de medición de pérdidas mecánicas, a partir de las especificaciones dadas y de su mejor utilización y provecho para la docencia y la investigación (incluye adquisición del motor de combustión, motor eléctrico para arrastrar los motores, elementos para el circuito eléctrico de éste, medidor de par y revoluciones en línea, galgas extensiométricas, componentes electrónicos y materiales adicionales para instalarlas y procesar sus salidas, amplificador de galgas extensiométricas, acoples, materiales para la construcción del bastidor.
- Diseño, construcción y ensamble del banco de medición de pérdidas mecánicas, a partir de las consideraciones dinámicas de operación. Incorporación de todos los sistemas.
- Montaje, configuración y pruebas de los equipos de instrumentación y programa de procesamiento de la información. Pruebas y mediciones del motor de combustión en arrastre, comparación con resultados teóricos.

Resultados

Esta sección, tiene tres componentes principales. Primero, se presenta el proceso de diseño, construcción e instrumentación del banco de pruebas incluyendo las fases de ensamble de la estructura principal, la selección de los equipos, la instalación de los instrumentos de medida y del sistema de adquisición de datos, finalmente se comenta el programa desarrollado para el almacenamiento y procesamiento de la información recopilada. En el otro componente, se muestran gráficos de las pérdidas mecánicas del motor ensayado obtenidas experimentalmente mediante el método de arrastre y se grafican curvas de las pérdidas calculadas con las correlaciones enunciadas en la sección “Referente teórico”. Finalmente se mencionan los productos de investigación como publicaciones y trabajos de grado desarrollados durante la ejecución de este proyecto.

Estructura principal del banco

El bastidor principal es una armadura compuesta por perfiles estructurales de aluminio, Ver Figura 3 (columna de la izquierda), los cuales tienen canales a lo largo (Figura 3, columna de la derecha), que permiten deslizar piezas de fijación (grapas) para ensamblar la estructura, Figura 4. Las grapas se componen de dos piezas de aluminio que en un extremo tienen las aletas de sujeción que se encajan en las guías de los perfiles y en el otro forman un pivote que facilita el ensamble. Una de las piezas de cada grapa tiene una perforación roscada en la que entra un tornillo que al ser ajustado empuja la otra pieza haciendo que se separen y al ensamblarlas en los perfiles se ajusten contra las paredes de los canales.

Figura 3. Estructura base del banco de pruebas y sección transversal de los perfiles verticales y horizontales

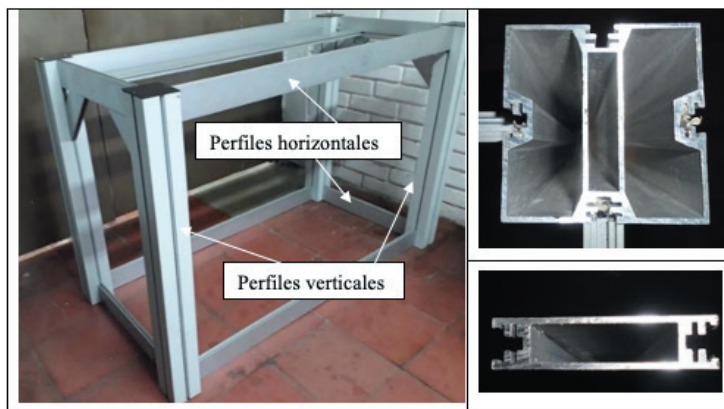
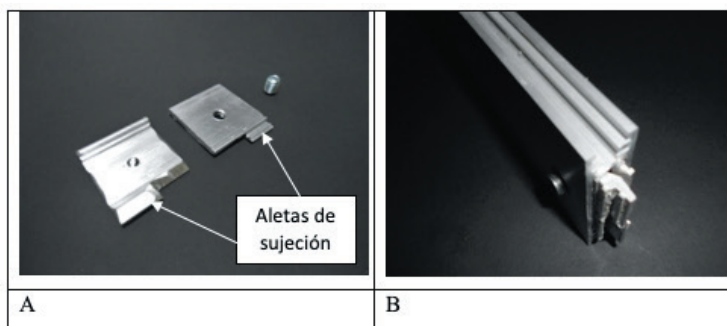


Figura 4. Grapa de fijación. A. Componentes de la grapa. B. Grapa instalada



Con el fin de generar superficies de apoyo para los equipos más pesados del banco de forma apropiada, se han seleccionado vigas de acero estructural en forma de canaleta. Por otra parte, para fijar las vigas al bastidor principal se han diseñado unas grapas formadas mediante placas rectangulares de acero a las que se le practicaron distintos dobleces para lograr que se ajustaran a los perfiles de aluminio, en la Figura 5 se observan las grapas y la viga ensamblada. Se diseñaron pedestales para ubicar los soportes del motor a partir de placas rectangulares de acero HR. En la Figura 6

se observan los pedestales instalados en la estructura. Finalmente, para incrementar la rigidez del conjunto estructural del banco se elaboraron soportes formados por placas dobladas que se enganchan en los perfiles verticales y se ajustan mediante tornillos a los perfiles horizontales (ver Figura 6, imagen de la derecha) de modo que se pueda transmitir cierta parte de las cargas hacia las columnas logrando que éstas sean solicitadas a compresión y como resultado se logre reducir las fuerzas de fricción en las acanaladuras del aluminio generadas por las grapas de ensamble.

Figura 5. Dibujo de detalle de las placas para grapas de vigas.

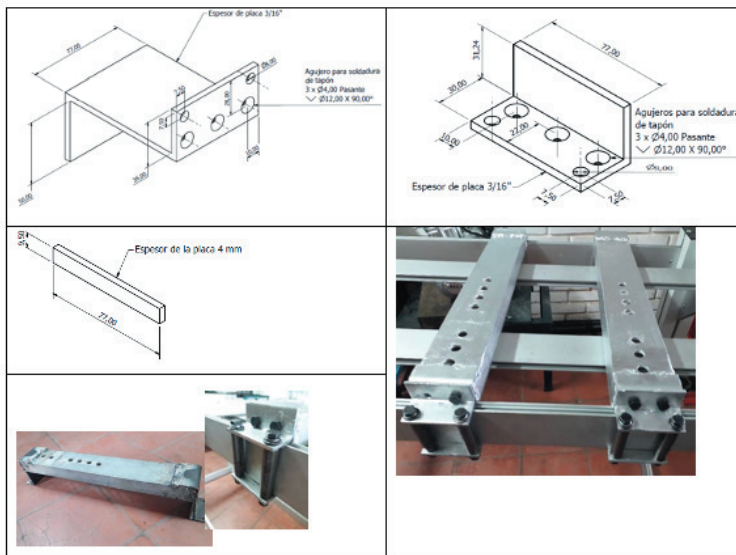
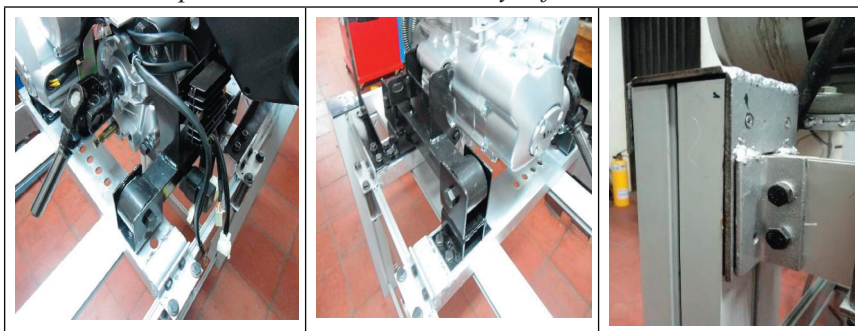


Figura 6.

Pedestales para instalación del motor y refuerzos de la estructura



Selección y montaje del MCI y del sistema de carga/arrastre

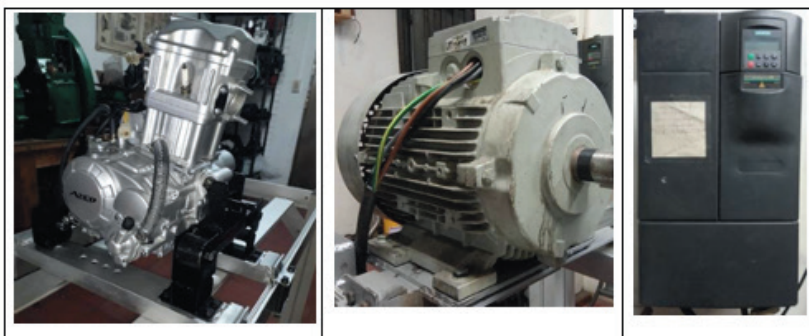
El MCI seleccionado es un AYCO de aproximadamente 200 cm³ de cilindraje comúnmente implementado en moto-triciclos (motocarros) y motocicletas. Para el sistema de carga arrastre se seleccionó un motor trifásico de 10 HP de potencia nominal complementado con un variador de frecuencia que permite regular la velocidad de rotación, este motor fue seleccionado no sólo para superar la potencia de pérdidas mecánicas de un motor pequeño sino también para vencer el par torsor de alta magnitud que se puede presentar al arrastrar motores de motocicleta desde el eje de salida de la caja de velocidades. Las especificaciones técnicas de estos equipos se encuentran en la Tabla 2 y el montaje se muestra en la Figura 7.

Tabla 2. Especificaciones del MCI y el sistema de carga/arrastre

Motor AYCO 200	
Tipo	Monocilíndrico - OHV - encendido por chispa - enfriado por líquido - equipado con caja de 5 velocidades
Cilindraje [cm ³]	196,3
Relación de compresión	9,2: 1
Diámetro x Carrera [mm]	67 x 55,7
Potencia máxima [kW]	9,7 a 7500 min ⁻¹
Par máximo [Nm]	13,9 a 6500 min ⁻¹

Motor Siemens	
Potencia nominal [HP]	10
Fases	3
Tensión [VAC]	220
Variador Siemens Micromaster 440	
Tensión de entrada [VAC]	200-240
Potencia manejable [kW]	0,12-45
Frecuencia de entrada [Hz]	47-63
Frecuencia de salida [Hz]	0-650

Figura 7. MCI, motor eléctrico y variador de frecuencia instalados.



Selección e instalación de los instrumentos de medida

Luego de seleccionar el MCI y el sistema de carga/arrastre, se seleccionaron los instrumentos de medida, procurando que sus características técnicas fueran adecuadas para registrar la

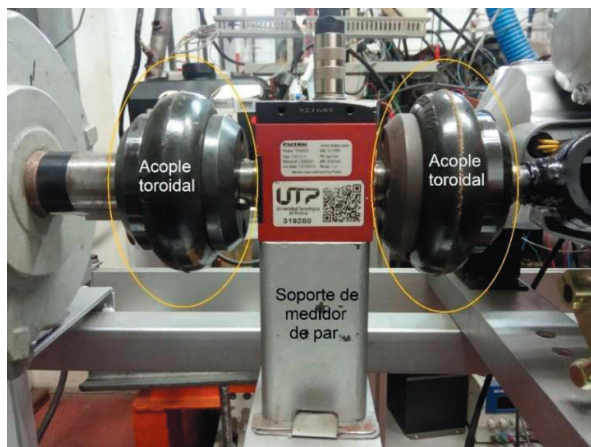
información requerida para caracterizar las pérdidas mecánicas, las vibraciones y el régimen térmico del MCI. Las características técnicas de los medidores se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Información de los instrumentos de medida.

Equipo	Rango	sensibilidad	Resolución
Sensor de presión Kistler 7061B	0-250 bar	-80 pC/bar	
Amplificador de carga Kistler 5165A	0-10 (output)	V 0,04 V/bar	
Medidor de par con encoder rotativo Futek TRS605	± 100 Nm	0,1 V/Nm	1° (encoder)
Procesador de señal de par IHH500	0-5 (output)	V 0,1 V/Nm	
Sensor MAP	10-300 kPa	0,053 V/kPa	
Acelerómetros AC102-1A		100 mV/g	
Termopares tipo K	<1300 °C		

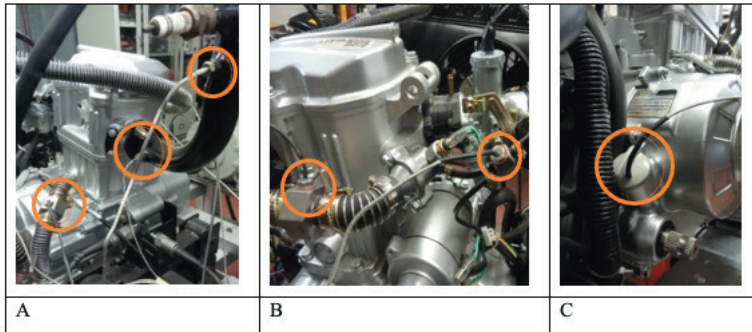
El sensor de par FUTEK fue instalado sobre un bloque de acero con altura suficiente para alinearlo con los ejes de los otros equipos, al bloque se le mecanizaron los agujeros necesarios para sujetar el medidor y para fijarse en la estructura. Al tener los ejes del motor AYCO, el sensor de par y el motor eléctrico enfrentados se procedió a alinear los ejes de modo que no se generen vibraciones ni cargas radiales sobre los ejes y se conectaron los equipos mediante acoples flexibles de tipo toroidal, Figura 8.

Figura 8. Montaje de medidor de par



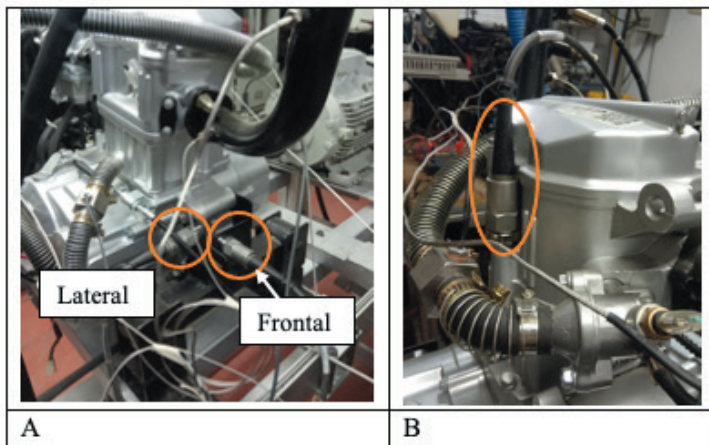
Las temperaturas de interés son las del agua de refrigeración a la entrada y salida del motor, aceite de lubricación, aire de admisión y gases escape, Figura 9.

Figura 9. Termopares. A. Escape y entrada de refrigerante al motor. B. Salidas de agua de refrigeración. C. Aceite.



Respecto a las vibraciones mecánicas, se instalaron tres acelerómetros, en las direcciones lateral, frontal y vertical del motor, en la Figura 10

Figura 10. Acelerómetros, A. lateral y frontal, B. vertical.



Programa de procesamiento y sistema de adquisición de datos

El programa APV-MCI tiene como finalidad adquirir, procesar y visualizar señales propias generadas en los motores de combustión interna. La etapa de adquisición de señales consta de tres módulos de la National Instruments, Figura 11, cada uno con cuatro canales; el primero de referencia NI-9222 recibe señales en el rango de ± 10 V, el segundo módulo NI-9234 se destina tanto para acelerómetros como para realizar acoples AC/DC, admite señales entre ± 5 V; el tercer módulo con referencia NI-9219, adquiere señales lentas tales como las generadas por celdas de carga, termopares y RTD. Los dos primeros módulos tienen una capacidad de muestreo de 500 kS/s con una resolución de 16 bits y el tercer módulo de 100 S/s con una resolución de 24 bits.

El muestreo es configurable, éste puede incluir desde un solo canal hasta múltiples canales en diferentes módulos, se prevé el almacenamiento de la información en un archivo tipo TDMS propio del LabVIEW. La interrelación entre el usuario y el programa APV-MCI se logra a través de una interfaz gráfica diseñada con varias pestañas, entre ellas se encuentra el panel de control para la adquisición de datos, Figura 12, el panel de control para guardar los datos en formato TDMS y en hojas de cálculo, Figura 13 y el panel de control para el preprocesamiento de los datos, Figura 14. En el panel de adquisición se configura el archivo donde se guardarán los datos adquiridos, el número de canales que se utilizan, la frecuencia de muestreo, el dispositivo o módulo, el canal a visualizar y la duración del muestreo.

En el panel de almacenamiento se guardan datos provenientes de la adquisición en hojas de cálculo, incluso datos de pruebas anteriores. En el panel de preprocesamiento se realiza el acondicionamiento de señales. Finalmente, en la etapa de procesamiento de datos se presenta desde el procesamiento previo de los datos y la visualización de señales individuales hasta la visualización multicanal de señales seleccionadas, tales como

la presión en cámara de combustión, salto de chispa, vibraciones, temperaturas, rapidez de giro. Además, el programa APV-MCI es configurable para observar el transcurso de cualquiera de las señales configuradas en tiempo real (modo de osciloscopio).

Figura 11. Sistema de adquisición de datos.



Tarjeta	VARIABLES	Frecuencia de muestro [S/s]
NI 9222 y NI 9234	MAP, par, vibraciones, presión del cilindro	500000
NI 9219	Temperaturas	100

Figura 12. Interfaz configurable para adquisición de datos.

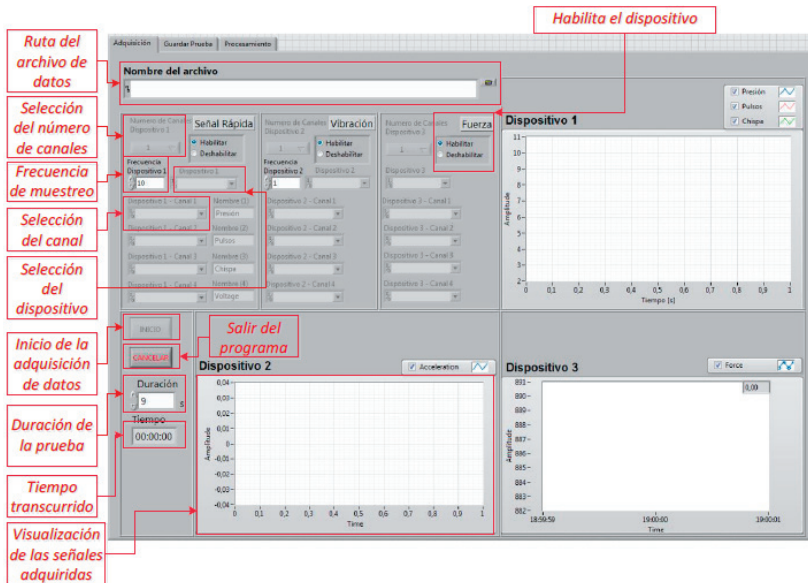


Figura 13. Interfaz de almacenamiento de información.

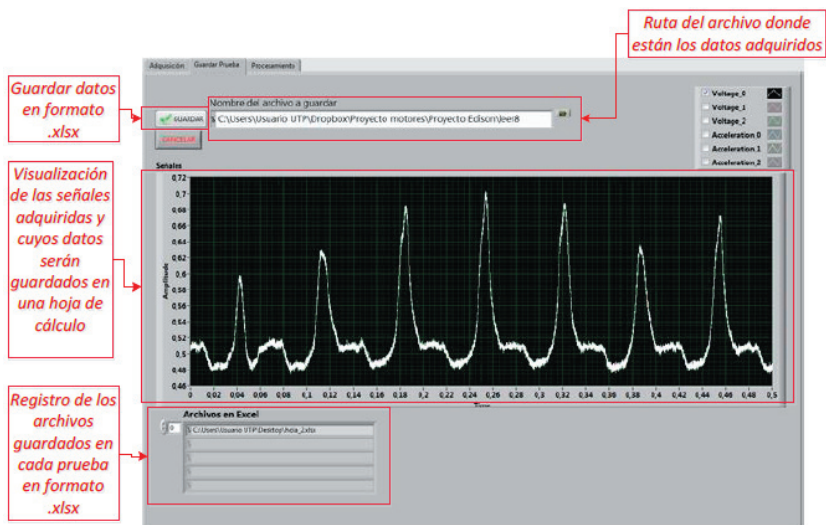
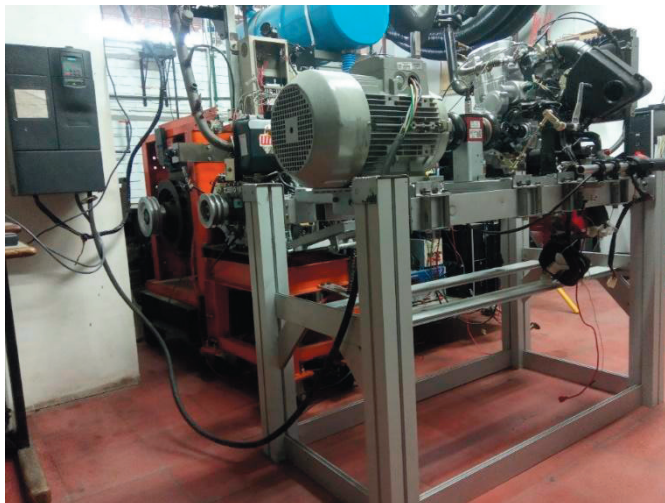


Figura 14. Panel de procesamiento de información.



Después de integrar los componentes del banco de pruebas se instalaron los sistemas auxiliares del banco de pruebas y se hicieron las conexiones correspondientes. El banco de pruebas completo se puede observar en la Figura 15.

Figura 15. Banco de pruebas construido e instrumentado

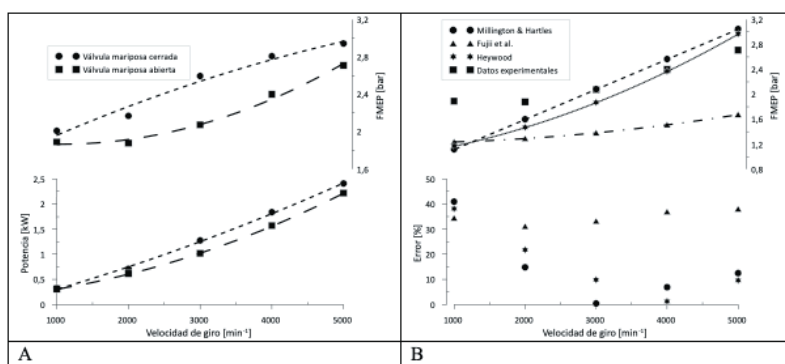


Determinación de las pérdidas mecánicas.

Las pérdidas mecánicas del motor AYCO 200 se presentan en este aparte. Los ensayos experimentales fueron realizados en arrastre con regímenes de giro de 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 min^{-1} y dos posiciones de la válvula de aceleración (totalmente abierta y cerrada), la temperatura del lubricante se mantuvo por debajo de los 40 °C. Los resultados experimentales se encuentran en la Figura 16 (parte izquierda) en la que se puede observar que las pérdidas mecánicas se incrementan con la velocidad de giro, además fueron mayores en las mediciones con la válvula de aceleración cerrada, esto debido a la restricción que se genera en el flujo de aire de admisión, lo que incrementa la componente de pérdidas por bombeo, siendo éstas, en términos de la FMEP, de 2 y 1,89 bar a 1000 min^{-1} y de 2,94 y 2,71 bar a 5000 min^{-1} para aperturas de válvula de aceleración de 0 y 100% respectivamente.

Comparando magnitud de la FMEP con la reportada por Fujii et al [19] para un motor de motocicleta de dimensiones similares manteniendo la temperatura del lubricante a 80 °C, las pérdidas del motor AYCO son superiores, esto influenciado por la alta viscosidad del lubricante a baja temperatura, además, debe tenerse en cuenta que el motor tiene muy poco tiempo de uso, por lo que aún se tiene gran ajuste de las piezas, dificultando el desplazamiento del conjunto pistón/anillos por el cilindro. La determinación numérica de las pérdidas fue comparada únicamente con las pérdidas mecánicas obtenidas de las pruebas con la válvula de aceleración abierta, estos resultados se encuentran también en la Figura 16.

Figura 16. Pérdidas mecánicas del motor AYCO 200, A. pruebas experimentales, B. determinación numérica.



Se puede observar que la correlación de Fujii et al. [19] presenta una diferencia de entre 31-38% frente a los resultados experimentales, esto por la temperatura de aceite superior a la que obtuvieron la correlación. Por la parte de las correlaciones de Millington & Hartles [18] y Heywood [2], se tuvieron diferencias de entre 0,41-14,8% y 1,2-21,7% respectivamente siempre que el régimen de giro sea mayor o igual a 2000 min^{-1} . No obstante el error podría mejorar al regular el régimen térmico del MCI.

Productos obtenidos

1. Ponencia en evento científico:

Desarrollo de un Banco de Instrumentación para la Captura de Señales Provenientes de un Motor de Combustión Interna Diésel. AMDM 2018. Presentado por Juan David Ramírez.
Integración de un banco de ensayos para la caracterización de pérdidas mecánicas en motores de combustión interna pequeños, CIBIM 2019. Presentado por Juan David Ramírez.

2. Trabajos de grado

Pregrado:

A. Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna monocilíndrico bajo diferentes regímenes de operación.

autores: Daniela Marín Arias y Miguel Toro Ladino

Maestría:

B. Caracterización dinámica de un sistema de almacenamiento de energía basado en volante

Autor: Andrés Felipe Rodríguez Valencia.

3. Artículos:

A. Romero, C.; Henao, E. “Developing Small Variable Compression Ratio Engines for Teaching Purposes in an Undergraduate Program”. SAE Technical Papers, 2019-01-0331. Abril 2019.

B. Romero C., Rodríguez A., Monroy M. “Ensamble e instrumentación de un banco didáctico para pruebas de arranque en motores de combustión interna”. Revista UIS Ingenierías, Vol. 19, n.º 3, pp. 37-48, 2020.

4. Un banco de pruebas para el estudio de las pérdidas mecánicas en motores de combustión interna pequeños.

5. Software de captura, almacenamiento y procesamiento APV-MCI. Se encuentra registrado en la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la UTP.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira por la financiación del proyecto “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE UN BANCO PARA CARACTERIZACIÓN DE PÉRDIDAS MECÁNICAS EN MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA DE BAJAS POTENCIAS” con código “9-18-3”.

Conclusiones

En los apartes de este capítulo se presentó el proceso de integración de una estación de prueba para determinar las pérdidas mecánicas totales en MCI pequeños de hasta 10 kW, procurando describir con detalle el proceso de ensamble del bastidor principal, la selección y especificaciones de los equipos instalados en el banco y las características básicas de los instrumentos de medición y del sistema de adquisición de datos. En el banco se tiene la posibilidad de montar distintos motores de tipo estacionario de uso industrial o de aplicación vehicular como motores de motocicleta o motocarros. Se procuró obtener una estructura principal con la suficiente rigidez para evitar desalineaciones y vibraciones mecánicas indeseadas. La medición del par en el eje de potencia del MCI puede hacerse de forma directa, la presión de la cámara de combustión se puede medir a través del agujero roscado en el que se instala la bujía y la presión en el ducto de admisión mediante una de las mangueras de vacío del carburador, las vibraciones mecánicas se miden en tres direcciones diferentes y se tiene la posibilidad de medir cuatro temperaturas (lubricante, líquido de refrigeración, aire de admisión y gases de escape).

Se evaluaron las pérdidas mecánicas de un motor AYCO 200, usualmente instalado en motocarros, mediante el método de arrastre con motor eléctrico. Las pérdidas mecánicas, en términos de la FMEP, se incrementan con la velocidad de giro del motor

y disminuyen con el incremento en la apertura de la válvula de aceleración, siendo de 2 y 1,89 bar a 1000 min^{-1} y de 2,94 y 2,71 bar a 5000 min^{-1} para aperturas de válvula de aceleración de 0 y 100% respectivamente. Numéricamente, se calcularon las pérdidas mecánicas en términos de la FMEP mediante tres correlaciones. Obteniendo un porcentaje de diferencia inferior a 21,7% al emplear las ecuaciones de Millington & Hartles [18] y Heywood [2] bajo regímenes de giro iguales o superiores a 2000 min^{-1} .

Se pretende para trabajos futuros utilizar el banco de pruebas aquí descrito para determinar las pérdidas mecánicas de MCI en presencia de la combustión, de modo que se puedan estudiar mediante los métodos de diagrama indicado, desaceleración libre y rectas de Willans, complementando así la utilidad del banco no sólo desde la posibilidad de ensayar distintos motores, sino también desde la flexibilidad para aplicar distintas técnicas de caracterización del desempeño mecánico.

Bibliografía

[1]	C. A. Romero, Motores de combustión interna: Fundamentos de construcción y cálculo, Pereira: Editorial Universidad Tecnológica de Pereira, 2002.
[2]	J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, Mc Graw Hill, 1988.
[3]	B. Tormos, L. Ramírez, J. Johansson y M. Björling, «Fuel consumption and friction benefits of low viscosity engine oils for heavy duty applications» <i>Tribology International</i> , vol. 110, pp. 23-34, 2017.

[4]	B. Tormos, J. Martín, R. Carreño y L. Ramírez, «A general model to evaluate mechanical losses and auxiliary energy consumption in reciprocating internal combustion engines» <i>Tribol. Int.</i> , vol. 123, pp. 161-179, 2018.
[5]	V. W. Wong y S. C. Tung, «Overview of automotive engine friction and reduction trends–Effects of surface, material, and lubricant-additive technologies» <i>Friction</i> , vol. 4, nº 1, pp. 1-28, 2016.
[6]	M. F. Sgroi, M. Asti, F. Gili, F. A. Deorsola, S. Bensaid, D. Fino, G. Kraft, I. Garcia y F. Dassenoy, «Engine bench and road testing of an engine oil containing MoS ₂ particles as nano-additive for friction reduction» <i>Tribol. Int.</i> , vol. 105, p. 317–325, 2016.
[7]	R. H. Thring, «Engine Friction Modeling» <i>SAE Tech. Pap.</i> , p. 920482, 1992.
[8]	I. Arsie, C. Pianese, G. Rizzo, R. Flora y G. Serra, «Development and Validation of a Model for Mechanical Efficiency in a Spark Ignition Engine» <i>SAE Tech. Pap.</i> , pp. 1999-01-0905, 1999.
[9]	G. R. Fenske, R. A. Erck, O. O. Ajayi, A. Masoner y A. S. Comfort, «Impact of Friction Reduction Technologies on Fuel Economy for Ground Vehicles» 2009.

[10]	M. Skjoedt, R. Butts, D. N. Assanis y S. V. Bohac, «Effects of oil properties on spark-ignition gasoline engine friction» <i>Tribology International</i> , vol. 41, n° 6, pp. 556-563, 2008.
[11]	M. T. Noorman, D. N. Assanis y D. J. Patterson, «Overview of Techniques for Measuring Friction Using Bench Tests and Fired Engines» <i>SAE Technical Paper</i> , n° 2000-01-1780, 2000.
[12]	R. A. Mufti, «Total and Component Friction in a Motored and Firing Engine» 2004.
[13]	F. Koch, U. Geiger y F.-g. Hermsen, «PIFFO - Piston Friction Force Measurements During Engine Operation» <i>SAE Technical Papers</i> , n° 412, 1996.
[14]	C. Fang, X. Meng, Y. Xie, C. Wen y R. Liu, «An improved technique for measuring piston-assembly friction and comparative analysis with numerical simulations: Under motored condition» <i>Mechanical Systems and Signal Processing</i> , vol. 115, pp. 657-676, 2019.
[15]	R. Rahmani, H. Rahnejat y B. D. D. Fitzsimons, «The effect of cylinder liner operating temperature on frictional loss and engine emissions in piston ring conjunction» <i>Applied Energy</i> , vol. 191, pp. 568-581, 2017.
[16]	M. Söderfjäll, H. M. Herbst, R. Larsson y A. Almqvist, «Influence on friction from piston ring design, cylinder liner roughness and lubricant properties» <i>Tribology International</i> , vol. 116, pp. 272-284, 2017.

[17]	F. Cruz-Peragón, J. M. Palomar, F. A. Díaz y F. J. Jiménez-Espadafor, «Fast on-line identification of instantaneous mechanical losses in internal combustion engines» <i>Mech. Syst. Signal Process</i> , vol. 24, nº 1, pp. 267-280, 2010.
[18]	C. A. Romero-Piedrahita y H. F. Quintero-Riaza, «Prediction of in-cylinder pressure, temperature and loads related to the crank slider mechanism of I.C. engines: A computational model, » <i>SAE Technical Paper</i> , pp. 2003-01-0728, 2003.
[19]	J. D. Ramirez, J. C. Mejía-Hernández, H. F. Quintero-Riaza, E. Henao-Castañeda, C. A. Romero-Piedrahita y W. Pérez-Castro, «Banco de instrumentación para el acondicionamiento y adquisición de un motor de combustión interna,» de <i>Avances en Ingeniería Mecánica: Memorias del IX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Mecánica</i> , Pamplona, Editorial Universidad de Pamplona, 2018, pp. 487-494.
[20]	J. D. Ramirez, J. C. Mejía-Hernández, H. F. Quintero-Riaza, E. Henao-Castañeda, C. A. Romero-Piedrahita y W. Pérez-Castro, «Banco de instrumentación para el acondicionamiento y adquisición de señales provenientes de un motor de combustión interna,» <i>Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada</i> , vol. 3, nº 32, pp. 24-30, 2018.

14

CAPÍTULO CATORCE

Herramienta computacional para el
cálculo de pérdidas técnicas en sistemas
secundarios de distribución

Computer software to calculate technical
losses in secondary energy distribution
networks

Oscar Gómez Carmona
Universidad Tecnológica de Pereira
jr@utp.edu.co

Mauricio Granada Echeverry
Universidad Tecnológica de Pereira
magra@utp.edu.co

Carlos Julio Zapata Grisales
Universidad Tecnológica de Pereira
czapata@utp.edu.co

Resumen

El sistema de suministro de energía eléctrica está conformado por varias etapas funcionales: generación, transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica. En estas etapas funcionales hay energía consumida por los equipos que no es facturada al usuario final. La energía consumida por los dispositivos del sistema que no es aprovechable se denomina pérdidas técnicas de energía. En general se destacan dos tipos de pérdidas:

A. Pérdidas óhmicas o pérdidas en el cobre: provocadas por la circulación de corriente eléctrica a través de los conductores. Su magnitud depende de las características de las redes y de la potencia demandada en un instante de tiempo. Este tipo de pérdidas, aunque no se pueden eliminar, pueden ser reducidas.

B. Pérdidas en vacío: Estas se originan por la circulación de corrientes de magnetización en los núcleos de hierro de transformadores y otros equipos de la red. También se incluyen en esta categoría las pérdidas por corrientes parásitas en aisladores y por efecto corona, aunque estas se manifiestan fundamentalmente en redes de transmisión y en el sistema de distribución son insignificantes. Las pérdidas de vacío aparecen en el momento que los circuitos están energizados, independientemente del nivel de carga.

Las pérdidas técnicas en el sistema de distribución han representado históricamente un alto costo a los usuarios y a las empresas prestadoras del servicio. En general, el comercializador debe pagar al generador y al transmisor el total de la energía que ingresa a su sistema, aunque ésta no sea facturada a los usuarios. El distribuidor no recibe el pago por el uso de la infraestructura asociado con el transporte de la energía que no es facturada y los usuarios pagan un valor adicional al asociado a su consumo, ya que la tarifa incluye costos de pérdidas reconocidas en generación, transmisión y distribución.

Uno de los objetivos de las empresas de distribución es reducir sus niveles de pérdidas técnicas con el objetivo de alcanzar la eficiencia en el uso de los recursos y racionalizar las necesidades de inversión en infraestructura eléctrica. El índice de pérdidas técnicas es un indicador de la gestión técnica de una empresa distribuidora; por lo que conocer su valor es crucial para la definición de políticas de operación del sistema.

Con el fin de poner a disposición de los operadores de red una herramienta computacional que les permita calcular su índice de pérdidas técnicas, se propuso el proyecto de desarrollo tecnológico, denominado “Herramienta computacional para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas secundarios de distribución” registrado en la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira con el código 9-19-5. Este trabajo fue desarrollado por los grupos de investigación Laboratorio de Investigación en Desarrollo Eléctrico y Electrónico -LIDER- y Desarrollo en Investigación de Operaciones -DINOP-.

Palabras claves: Sistemas de distribución, pérdidas técnicas, flujo de carga, herramienta computacional.

Abstract

The electrical energy supply system is made up of several functional stages: generation, transmission, sub-transmission and distribution. In these functional stages there is energy consumed by the equipment that is not billed to the end user. The energy consumed by the devices of the system that is not usable is called technical losses. In general, there are two types of technical losses:

Ohmic losses or losses in copper: these are caused by the circulation of electric current through the conductors. Its magnitude depends on the characteristics of the networks, and the power demanded in an instant of time. These types of losses can be reduced, but they cannot be eliminated.

No-load losses: these losses are originated from the circulation of magnetizing currents in the iron cores of transformers and other equipment in the network. Also, this category includes losses due to parasitic currents in insulators and the corona effect. Although these are mainly manifested in transmission networks and in the distribution system, they are insignificant. Vacuum losses appear when the circuits are energized, regardless of the load level.

Technical losses in the distribution system have historically represented a high cost to users and marketers. In general, the electricity suppliers must pay the generator and the transmission system operator for the total energy that enters to its system although it is not billed to the users. The distributor does not receive payment for the use of its infrastructure for the transport of the energy that is not billed, and users pay an additional value to that associated with its consumption because the bill includes the costs of recognized losses in generation, transmission and distribution.

One of the objectives of distribution companies is to reduce their levels of technical losses to achieve efficient use of resources and rationalize investment needs in electrical infrastructure. The technical loss index is an indicator of the technical management of a distribution company; therefore, knowing its value is crucial for defining the system's operating policies.

A technological development project was proposed to make available to network operators a computational tool that allows them to calculate their rate of technical losses. It is called "Computational tool for the calculation of technical losses in secondary distribution systems". The project was registered in the Vice-rector for Research, Innovation and Extension of the Technological University of Pereira with the code 9-19-5. This work was developed by the research groups Laboratory for Research in Electrical and Electronic Development -LIDER- and Development in Operations Research -DINOP-.

Keywords: Distribution systems, technical losses, load flow, software.

Introducción

El sector eléctrico tiene tres áreas funcionales denominadas generación transmisión y distribución. La energía eléctrica es generada en las centrales generadoras convirtiendo fuentes de energía primaria en energía eléctrica. El sistema de transmisión es la siguiente etapa de la cadena de suministro de energía eléctrica y se encarga de transportar la energía eléctrica desde las plantas de generación hasta los centros de distribución. Los sistemas de distribución tienen dos principales redes, denominadas: redes de distribución primaria y redes de distribución secundaria. Las redes de distribución primaria alimentan grandes usuarios conectados a media tensión y transformadores de distribución. Los transformadores de distribución alimentan las redes de distribución secundaria, las cuales, son el punto de conexión de los usuarios al sistema eléctrico.

Durante los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, hay energía que no es aprovechada por el usuario final y es disipada en dispositivos y lugares tales como líneas, núcleos de los transformadores y conexiones, entre otros. Esta energía que no es aprovechable se denomina pérdidas de energía eléctrica.

Del total de las pérdidas de energía eléctrica en el sector eléctrico, aproximadamente dos terceras partes corresponden a pérdidas técnicas ocasionadas en conductores y transformadores del sistema eléctrico y una tercera parte corresponde a pérdidas no técnicas ocasionadas por fraude, errores de medición y errores en la facturación. Cerca de un 70% de las pérdidas técnicas ocurre en las redes de distribución, específicamente en conductores de los circuitos primarios y secundarios y en los transformadores de distribución. Las pérdidas técnicas dependen de las características

y operación de la red y se pueden clasificar en pérdidas técnicas fijas y pérdidas técnicas variables [1].

Planteamiento del problema y justificación

Las pérdidas técnicas, aunque no se pueden eliminar, pueden ser reducidas. Si estas pérdidas son reducidas, las redes disminuirán sus niveles de cargabilidad y consecuentemente los usuarios mejorarán sus perfiles de tensión.

Con el fin de iniciar un programa de reducción de pérdidas técnicas, se debe conocer el estado actual de las pérdidas del sistema. Para esto, se deben utilizar modelos adecuados de cada uno de los elementos que hacen parte del sistema, incluyendo el transformador, la red de distribución, los medidores, las acometidas y las cargas. Adicionalmente, se debe utilizar una metodología de flujo de carga que permita determinar las condiciones de operación en régimen permanente (estado estacionario) del sistema considerando las características particulares que tienen las redes de distribución secundarias.

Los sistemas de distribución secundaria son típicamente radiales; por lo tanto, el flujo de potencia nace en un nodo. Este nodo se reconoce como el transformador de distribución, lugar donde se reduce la tensión del nivel de media tensión al de baja tensión. En la red secundaria se pueden encontrar muchos tipos de conexiones, consecuencia de que la mayoría de las cargas son residenciales; por lo tanto, el sistema de distribución secundaria es por naturaleza desbalanceado, aunque el desequilibrio trata de amortiguarse repartiendo equitativamente las cargas en las tres fases (sistemas alimentados por transformadores trifásicos) o entre las dos fases (sistemas alimentados por transformadores monofásicos). Otro aspecto particular de los sistemas de distribución secundaria es la presencia de cargas de distinta naturaleza; por ejemplo, cargas residenciales, comerciales y de pequeña industria.

Estas particularidades de los sistemas de distribución secundaria hacen necesario desarrollar flujos de potencia especializados para sistemas de distribución secundaria que caractericen fielmente el sistema y utilicen la información que normalmente tienen las empresas de sus sistemas.

Lo anteriormente descrito justifica la elaboración del proyecto de investigación “Herramienta computacional para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas secundarios de distribución”, registrado en la Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira con el código 9-19-5, del cual surge el presente capítulo de libro.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una herramienta computacional para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas de distribución secundarios, conformada por dos módulos. El primero permite verificar la coherencia de la información y el estado de la red, y el segundo permite calcular las pérdidas técnicas en los componentes del sistema secundario de distribución o de Nivel 1 utilizando la información verificada del OR.

Objetivos específicos

a) Desarrollar una herramienta computacional que permita diagnosticar el estado de la información del sistema eléctrico analizado. Este diagnóstico será en función de la topología de la red, tipos de conductor y número de fases, entre otras. Esta herramienta, es un verificador que permitirá determinar si la red tiene problemas de: faseo, islas, calibres de conductores, conectividad de transformadores y cargas, entre otros.

b) Definir los modelos matemáticos adecuados de los componentes del sistema de distribución secundario.

- c) Desarrollar una metodología matemática que permita calcular las pérdidas técnicas en el sistema de distribución secundaria con la estructura necesaria de escalabilidad hacia sistemas con gran cantidad de circuitos de distribución.
- d) Realizar pruebas de las metodologías en software comercial con las técnicas clásicas de flujo de carga y sistemas de prueba de la literatura para validar su efectividad.
- e) Desarrollar una herramienta computacional que incorpore las características del problema abordado y la metodología matemática de solución.
- f) Realizar pruebas a las herramientas de verificación y cálculo de pérdidas para validar la eficiencia de la metodología y de las herramientas computacionales trabajando de forma integrada.

Referente teórico

Las pérdidas de energía eléctrica generan pérdidas millonarias a las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica, representando una reducción de sus ingresos por los consumos no facturados, un incremento de los gastos por la compra de energía y transporte, una reducción de la disponibilidad de su capacidad instalada y una reducción del período de vida útil de sus equipos. Este incremento en los costos de las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica generalmente es trasladado a los usuarios, reflejándose en elevados valores de las tarifas eléctricas [2].

Según el más reciente informe sobre el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Dane, la variación anual (2018) que registró la energía eléctrica se ubicó en un 8,82%, muy por encima de la inflación promedio que fue del 3,18% y superior a la variación de servicios como arrendamientos, matrículas para educación superior, acueducto y alcantarillado, alimentación, incluso combustibles. Dentro de la formula tarifaria en Colombia,

un 7% corresponde a pérdidas reconocidas, es decir, costo de las pérdidas eficientes de energía, pérdidas por el transporte de electricidad y de los programas para la reducción de pérdidas. En general, las tarifas en Colombia son altas, si se compara con las de países como Perú, Ecuador, Chile, México o Argentina [3].

Las pérdidas de energía eléctrica son un fenómeno inevitable en el proceso de generación, transporte y distribución de energía y entender sus causas y proponer las acciones para disminuirlas son un reto constante para los agentes involucrados en el proceso de suministro de energía eléctrica al usuario final.

Se considera que hay pérdidas de energía cuando existen diferencias entre la energía que es comprada y la que es vendida. Estas pérdidas se pueden clasificar en pérdidas no técnicas y pérdidas técnicas. Las pérdidas no técnicas obedecen principalmente a la conexión del servicio de forma ilegal por parte de los usuarios o relacionados con la ineficiencia de los sistemas de medición, de control, facturación y recaudación, así como errores administrativos. Las pérdidas técnicas están definidas principalmente por la energía perdida durante el transporte y distribución de la energía por la red, lo cual tiene como principal causal el calentamiento natural de las redes y equipos que transportan la electricidad. Estas pérdidas pueden ser determinadas a través de medidas o a través de métodos analíticos; por ejemplo, a través del uso de software.

Las pérdidas técnicas se pueden clasificar según la causa que origina la pérdida en:

a) Pérdidas por efecto Joule.

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor isotérmico, hay una generación de calor. Este efecto ocurre debido a la transferencia de energía eléctrica a través del conductor por un proceso análogo al rozamiento. Este efecto se denomina

“efecto Joule”. La ley de Joule enuncia que: “El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y el tiempo que dura la corriente ($Q = I^2 \times R \times t$)”. Las pérdidas por efecto Joule se manifiestan principalmente en el calentamiento de cables y en el calentamiento de bobinados de los transformadores de distribución.

b) Pérdidas por histéresis y corrientes parásitas.

Existe una potencia que sirve exclusivamente para magnetizar el núcleo, esta potencia no tiene otra aplicación práctica, por lo que se la puede considerar como potencia perdida en la imantación del núcleo del transformador y es llamada pérdida por histéresis. Por otro lado, los equipos eléctricos están formados por pedazos de conductor que se mueven en un campo magnético o están situados en un campo magnético variable, dando lugar a corrientes inducidas que circulan por el volumen del conductor, estas corrientes se denominan de Foucault y son corrientes que generan pérdidas.

Otra forma de clasificar las pérdidas técnicas tiene en cuenta que ciertas pérdidas, tanto de potencia como de energía, varían con la demanda o son aproximadamente fijas independientemente de las variaciones de la carga. Estas pérdidas son [4]:

a) Pérdidas Fijas.

Las pérdidas fijas se presentan en el sistema por el solo hecho de energizar el circuito o el transformador en el cual se producen, y son causadas por ineficiencias físicas tales como los ciclos de histéresis producidos por las corrientes de excitación, corrientes de Eddy en el entrehierro de transformadores y el efecto corona en líneas de transmisión. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la tensión, son independientes del flujo de potencia

y siempre se producirán, aunque la carga conectada fuera igual a cero. Ya que la tensión varía relativamente poco alrededor de su valor nominal, estas pérdidas son consideradas como una constante y están entre el 20% y 40% del total de pérdidas técnicas.

b) Pérdidas Variables.

Las pérdidas técnicas variables ocurren cuando la potencia fluye a través de las líneas y transformadores de la red. Son denominadas pérdidas de carga, pérdidas serie, pérdidas por el cobre o pérdidas relacionadas al transporte, y son proporcionales a la resistencia y al cuadrado de corriente que circula por el elemento.

Hay dos consideraciones importantes respecto a las pérdidas técnicas: primero, dado que el parámetro principal en las pérdidas técnicas variables es la corriente eléctrica, la cantidad de estas pérdidas dependen de la cantidad de corriente que fluye a través del sistema, es decir, las pérdidas técnicas tienden a crecer a medida que la carga aumenta. Segundo, la distancia de las cargas a la subestación y las características demográficas de los usuarios atendidos influye en el grado de pérdidas y el costo de suministro de electricidad; por lo tanto, se espera que áreas lejanas rurales con baja densidad poblacional tengan más pérdidas técnicas que las áreas urbanas.

Una de las formas más utilizadas para estimar las pérdidas técnicas de potencia es el uso del flujo de carga. Inicialmente, se usaban los flujos de carga basados en Newton Raphson con sus posibles variantes [5]-[6]. Sin embargo, aparecían inconvenientes en su aplicación a redes de distribución por lo que se desarrollaron nuevas metodologías. Entre los métodos desarrollados se encuentran los propuestos en las referencias [7] a [11], los cuales usan la técnica del barrido iterativo, en la cual se aprovecha la topología radial de las redes de distribución para encontrar de manera eficiente las variables de estado.

Las metodologías aplicadas en los sistemas de distribución se realizaban sobre equivalentes monofásicos, que consideraban redes simétricas y cargas balanceadas. Sin embargo, el diseño y operación de las redes de distribución son de características desbalanceadas por lo que es necesario desarrollar metodologías considerando un modelamiento trifásico. En [11] a [13] se usa la reducción de Kron, donde el efecto del neutro se transfiere a las fases, eliminando así las ecuaciones correspondientes al neutro y sistema de puesta a tierra. En [12] se propuso una metodología para el cálculo de la corriente y las pérdidas en el conductor de neutro, empleando las corrientes y tensiones de fase. En la referencia [14] los autores proponen un modelo de red que considera de forma explícita las tres fases, neutro y tierra, el cual es una extensión del algoritmo propuesto en [8] al agregar las ecuaciones de corrientes y tensiones de los conductores de neutro y tierra. En la referencia [15] se presenta un algoritmo que permite conocer las pérdidas técnicas en las fases, neutro y el sistema de puesta a tierra mediante un flujo de carga radial trifásico tetrafilar. Este algoritmo está basado en el flujo de carga radial de barrido iterativo, y además presenta un eficiente proceso de convergencia al emplear la técnica Anderson Mixing Scheme (AMS) [16].

Otras metodologías para la estimación de pérdidas técnicas han utilizado técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales [17], la lógica difusa [18], y otras [19]. Sin embargo, en el contexto nacional estas metodologías no son aplicables ya que la regulación colombiana exige el cálculo de pérdidas técnicas mediante el uso de flujos de carga.

Por otra parte, la cantidad de información que se maneja en las redes de distribución secundaria han hecho que las empresas recurran a metodologías de tipificación como la presentada en [20], donde se realizó un muestreo estadístico para obtener un prototipo representativo de los circuitos de BT. No obstante, la reglamentación colombiana obliga a utilizar la información real de los transformadores y redes a través de los cuales se haya

distribuido, como mínimo, el 80% de la energía vendida en el mercado de comercialización y se deben modelar como mínimo el 90% de los transformadores existentes en las áreas urbanas.

Por lo tanto, el software que se desarrolló tiene como pilares el uso de un flujo de carga radial para sistemas de distribución desbalanceados con el cual se puedan calcular las pérdidas técnicas en los sistemas de distribución secundaria de las empresas de distribución sin realizar tipificaciones y que utilice la información que normalmente disponen las empresas.

Metodología

El primer paso en el desarrollo de la metodología es modelar los componentes del sistema de distribución secundaria.

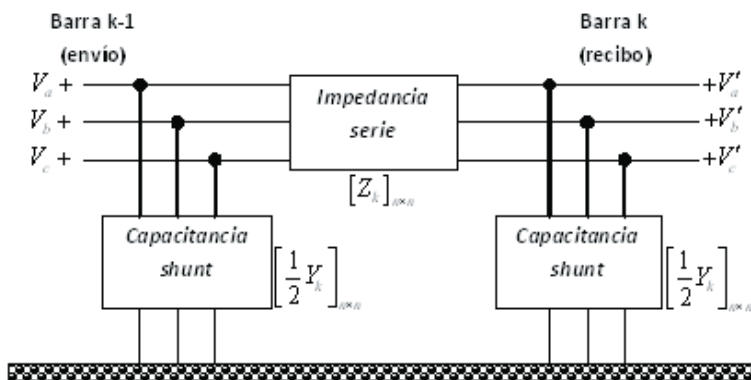
Modelamiento de redes

El modelo de las líneas de distribución tanto aéreas como subterráneas es importante dado que hacen parte de los elementos que interconectan los nodos y permiten la transmisión de energía por la red. Es importante incluir en el análisis el espaciamiento entre conductores y el cálculo de las matrices de impedancia y admitancia de fase sin asumir transposición en las líneas.

El modelo de la línea se construye matricialmente porque en sistemas de distribución no se realiza transposición, lo que da una importancia significativa a los enlaces de flujo para cada fase. El sistema generalmente está desbalanceado, por lo cual el modelo de la línea que se realiza es trifásico.

El modelo para la línea se compone de una matriz de impedancia serie de tamaño $(n \times n)$, y de las matrices de capacitancia en derivación de tamaño $(n \times n)$, donde n representa el número de conductores que posee la línea, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Modelo de la línea



a

Las redes del sistema de distribución secundaria se modelan en forma trifásica, es decir en todos los casos las impedancias de los diferentes tramos son matrices de 3x3. Se toma en cuenta el efecto de Carson y el retorno por tierra y a los conductores de neutro se les hace reducción por el método de Kron.

Para el análisis trifásico, las líneas se modelan como una impedancia. La matriz de impedancia serie tendrá un tamaño fijo de 3x3, en concordancia con las características de los sistemas de distribución, independientemente del número de conductores por fase y neutros que se tengan. Siempre que se exceda este tamaño se hace reducción de Kron elemento a elemento; ya que los neutros están aterrizados sólidamente [21].

Modelamiento de cargas

La complejidad de un modelo lo determina fundamentalmente el grado de exactitud deseado y del análisis que se esté realizando. La cantidad de estudios a realizar en un sistema eléctrico es supremamente variada, por citar algunos: confiabilidad, estabilidad, reconfiguración de redes, estudios de cortocircuito, flujos de carga.

Adicionalmente, las cargas son muy diferentes entre sí de acuerdo con su naturaleza. Por ejemplo, las cargas industriales son muy diferentes a las residenciales, ellas pueden tener un alto porcentaje de motores con carga casi constante y un ciclo de operación definido; por el contrario, una carga residencial consta de electrodomésticos monofásicos funcionando de manera aleatoria.

Sin embargo, cuando se agregan las cargas existe cierto patrón de comportamiento del conjunto de cargas en un transformador de distribución. A nivel de subestaciones este efecto promedio es más acentuado y a nivel de líneas de transmisión se alcanza una situación muy predecible.

Nuestro interés se centra fundamentalmente en el modelamiento de las cargas que intervienen en el análisis de flujos de carga en sistemas de distribución secundaria, los cuales son, en gran medida, desequilibrados. En general, las cargas de los alimentadores de distribución pueden ser modeladas como conexiones Y o Δ , pueden estar conectadas a tres, dos o una fase con cualquier grado de desbalance.

Las cargas en los sistemas de distribución son generalmente especificadas por la potencia compleja consumida. Esta demanda puede ser especificada como potencia aparente en kVA y factor de potencia, potencia activa en kW y factor de potencia o potencia activa en kW y potencia reactiva en kVAr. La tensión especificada siempre será la tensión en los terminales de baja tensión de la subestación (transformador de distribución).

Los modelos de carga son usados en el proceso iterativo del estudio de flujo de potencia donde, inicialmente, se suponen conocidas las tensiones de la carga. Todos los modelos son definidos, inicialmente, por una potencia compleja por fase y se asume una tensión línea-neutro para cargas conectadas en Y o línea-línea para cargas conectadas en Δ . Las unidades de la

potencia compleja pueden ser [VA] (en voltios-amperios) y [V] (voltios), o [VA] (pu) y [V] (pu). Para todas las cargas, se requieren las corrientes de línea que entran a la carga para el análisis de flujo de potencia.

Modelamiento de transformadores

Las pérdidas en un transformador pueden ser de potencia reactiva y potencia activa. En esta sección nos ocuparemos fundamentalmente de las pérdidas activas, las cuales se evalúan en vacío y con carga.

Pérdidas en vacío

Las pérdidas de potencia en vacío son iguales a las pérdidas nominales en vacío (P_{No}), las cuales corresponden aproximadamente a las pérdidas del hierro.

$$P_{No} = P_{fe} \quad (1)$$

Puesto que estas pérdidas son para propósitos prácticos constantes y dadas por el fabricante, las pérdidas de energía en vacío (P_{Eo}) serán en un año:

$$P_{Eo} = P_{No} \times 8760 \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Y en un día:

$$P_{Eo} = P_{No} \times 24 \text{ [kWh]} \quad (3)$$

Pérdidas con Carga

Las pérdidas de potencia con carga (P_c) son básicamente I^2R de los devanados. La pérdida de potencia con carga nominal (dadas por el fabricante) son.

Para el transformador trifásico:

Para el transformador trifásico:

$$P_{Pcn} = 3 \times I_n^2 \times R = 3 \left(\frac{kVA_n}{\sqrt{3} \times kV} \right)^2 \times R \quad (4)$$

y en general a cualquier otra demanda:

$$P_{Pc} = 3 \times I^2 \times R = 3 \left(\frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \right)^2 \times R \quad (5)$$

dividiendo (5) entre (4) se obtiene la expresión (6) la cual es general para transformadores monofásicos o trifásicos:

$$\frac{P_{Pc}}{P_{Pcn}} = \left(\frac{kVA}{kVA_n} \right)^2 \quad (6)$$

Para cualquier estado de carga del transformador las pérdidas con carga en kW se pueden evaluar fácilmente con:

$$P_{Pc} = P_{Pcn} \left(\frac{kVA}{kVA_n} \right)^2 \quad (7)$$

donde

kVA: Demanda de la carga en kVA

kVA_n: Valor nominal en kVA del transformador

P_{Pcn}: Pérdida de potencia en kW a carga nominal (Dada por el fabricante).

El cociente $\frac{kVA}{kVA_n}$ es una especie de índice de carga del transformador, el cual para demanda máxima del transformador recibe el nombre de factor de utilización *fu*.

$$fu = \frac{kVA_{max}}{kVA_n} \quad (8)$$

La pérdida de potencia se puede evaluar para cualquier estado de carga sin embargo es de interés evaluarlas en la condición de máxima demanda, así la ecuación anterior toma la forma de:

$$P_{Pcmax} = P_{Pcn} \times fu^2 \quad (9)$$

$$\text{Pérdidas de energía} = FP \times \text{Perdidas de potencia máxima} \times T \quad (10)$$

Donde el FP es el factor de pérdidas.

Reemplazando (9) en (10) se obtienen las pérdidas en carga (en el cobre):

$$\text{Pérdidas de energía cu} = FP \times P_{pcn} \times (fu)^2 \times T \quad (11)$$

Pérdidas Totales

Las pérdidas de potencia en el pico son:

$$\text{Pérdidas de potencia pico} = P_{fe} + P_{pcn} \times (fu)^2 \quad (12)$$

Las pérdidas totales de energía son:

$$\text{Pérdidas de energía totales} = P_{fe} \times T + FP \times P_{pcn} \times (fu)^2 \times T \quad (13)$$

En caso de transformadores monofásicos se utiliza la norma técnica colombiana NTC 818 [22] y en el caso de transformadores trifásicos la norma técnica colombiana NTC 819 [23]. De estas normas se obtienen las pérdidas en el hierro (P_{fe}) y las pérdidas en el cobre a carga nominal (P_{pc}), estos valores están en vatios.

Para un día las pérdidas en [kWh] se calculan así:

$$PETRA = \left(P_{fe} * 24 + \sum_{i=1}^{24} P_{pc} * \left\{ \frac{I_i}{I_n} \right\}^2 \right) / 1000 \quad (14)$$

donde

I_i : corriente que entrega el transformador en la hora i .

I_n : corriente nominal del secundario del transformador.

Para los transformadores sin carga (transformadores energizados cuya carga en el secundario es mínima o nula), únicamente se calculan las pérdidas en el hierro del transformador.

Modelamiento de medidores

Los medidores de energía están compuestos por un par de bobinas para cada fase; por lo tanto, los medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos poseen respectivamente, 1 par, 2 pares y 3 pares de bobinas. Cada elemento medidor está constituido por una bobina de potencial y una bobina de corriente, de las cuales, la pérdida en la bobina de potencial es asumida por el operador de red. Esta pérdida no varía a lo largo del día, ya que ésta está sometida a una tensión prácticamente constante, que permite asumir que la pérdida de energía en el medidor es independiente de la carga.

Para calcular la pérdida de energía en un medidor de energía, se necesita conocer el valor de pérdidas por elemento medidor y la cantidad total de medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos.

Por lo tanto, las pérdidas de potencia activa P_m correspondientes a los medidores de energía de un circuito de distribución se calcula como.

$$P_m = \sum_{i=1}^N W_{m_i} \quad (15)$$

donde

N : número de medidores.

W_{m_i} : consumo de potencia según el tipo de medidor.

Para conocer el consumo de potencia de los medidores existen dos opciones: hacer un análisis del consumo de los medidores utilizados según su información técnica, o utilizar los consumos máximos permitidos por las normas técnicas colombianas (NTC) 2147 [24], 2288 [25], 4052 [26] y 4649 [27] del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas).

Modelamiento de acometidas

El modelamiento de las acometidas y en consecuencia el cálculo de las pérdidas en las acometidas depende del grado de información que se posea así.

- Consumo detallado de energía de cada usuario y su ubicación (nodo de conexión dentro del circuito), calibre de acometida y longitud.
- En cada nodo solo hay información de cuantos usuarios hay más no de cuáles.
- Circuitos sin red.

La herramienta computacional desarrollada para calcular las pérdidas en nivel de tensión 1, aplica el primer caso, donde se posee información completa.

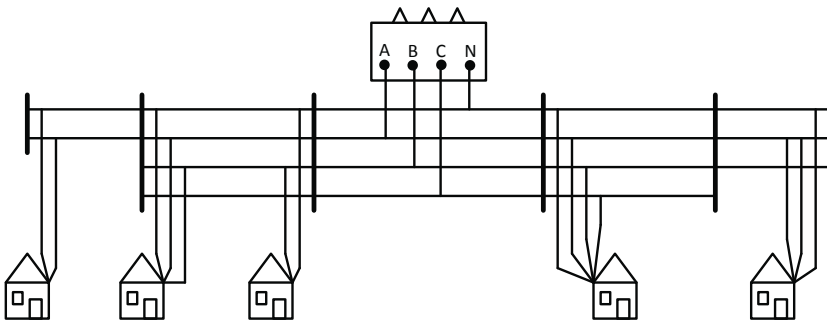
El caso de redes con información detallada es el mejor escenario porque las redes de distribución secundaria tienen para cada usuario su facturación, número de hilos, calibre y longitud de la acometida. El flujo de carga determina el valor de la carga de cada usuario y realiza el cálculo de pérdidas con los datos reales de corriente y parámetros del conductor. Este es el caso que aplica para la herramienta desarrollada.

Para los casos en que solo se conoce cuantos usuarios hay por poste, pero no se tiene información del tipo de servicio, calibre de acometida, longitud de acometida y facturación anual, una manera de modelar las acometidas puede ser utilizando la curva de demanda máxima diversificada y se estima la demanda para el grupo de usuarios conectados a dicho nodo. Se considera una longitud promedio de acometida, un calibre típico y se evalúa la impedancia equivalente (R) del grupo de usuarios. Con la carga obtenida del nodo se evalúan las pérdidas en estas acometidas.

Metodología para el cálculo de pérdidas técnicas de redes radiales a partir de flujo de carga de barrido iterativo

En esta sección se presenta una metodología de flujo de carga para el cálculo de pérdidas técnicas en sistemas de distribución secundarios. La metodología considera un modelo trifásico del sistema (Figura 2), y utiliza como información primaria la curva de carga del transformador, es decir, como ocurre en los sistemas de distribución reales, se parte del hecho de que se desconoce la potencia consumida por la carga (usuarios) y a través de la curva de carga del transformador y la facturación de energía de los usuarios, se realiza un proceso de barrido iterativo que permita estimar la potencia consumida por los usuarios y la potencia activa perdida en la red. La suma entre la potencia consumida por los usuarios y las pérdidas de potencia activa en la red debe coincidir con la curva de carga vista en el transformador.

Figura 2. Modelo trifásico de la red secundaria radial.



La metodología desarrollada considera un modelo trifásico del sistema, tal como se muestra en la Figura 2, e incorpora aspectos operativos reales como los siguientes:

- El desbalance del circuito en faseo y tipo de conexión de los usuarios (bifilar, trifilar, tetrafilar), es decir, el desbalance en potencia de la red de distribución.

- Las características distintivas de cada usuario: tipo de conexión, longitud de acometida, tipo de medidor y consumo de energía.
- La curva de carga diaria (24 horas) del transformador suministrada por el flujo de carga en el nivel de tensión 2, discriminada para un día típico ordinario y un día típico festivo.
- La energía consumida por las luminarias conectadas al circuito secundario.

Así, para el modelamiento se considera una red trifásica tetrafililar o monofásica trifilar según sea el caso, es decir, no se consideran equivalentes monofásicos. Los tipos de red considerados son:

- Aéreas o subterráneas.
- Abiertas o trenzadas.
- Con conductores desnudos o aislados.
- Con conductores de cobre o aluminio.

Se considera un máximo de 3 fases por tramo con 1 neutro en sistemas trifásicos y 2 fases por tramo con 1 neutro en sistemas monofásicos; aunque los tramos pueden contener conductores en paralelo, es decir, varios conductores por fase.

Para cada hora de un día típico (ordinario y festivo), se realiza un flujo de carga para obtener las pérdidas de potencia activa y verificar las condiciones operativas de cargabilidad de red y regulación de tensión. Con las 24 horas evaluadas, se obtienen las pérdidas técnicas de energía para el día típico ordinario y el día típico festivo. Las pérdidas de energía para el día ordinario y el día festivo se multiplican por la cantidad de días ordinarios y festivos que tenga el año, con el fin de obtener las pérdidas de energía anual.

Los resultados de las pérdidas de energía anual se presentan para el circuito completo y desagregando por componentes: transformador, red, acometidas y contadores.

Flujo de carga

Las redes de distribución presentan características muy particulares como topologías radiales, múltiples conexiones, cargas de distinta naturaleza, líneas con resistencia mayor a la reactancia, líneas sin transposiciones y combinación de líneas aéreas y subterráneas.

En el análisis de flujo de potencia de un sistema de distribución se conoce la tensión en la fuente (subestación o transformadores de distribución), la impedancia de cada tramo de red, la potencia compleja de todas las cargas y el modelo de cada una de las cargas (potencia constante, impedancia constante, corriente constante o una combinación de las anteriores).

El análisis de flujo de potencia de un sistema de distribución determina la magnitud de tensiones y ángulos en todos los nodos del alimentador. Usando estos resultados es posible calcular, entre otros, los siguientes valores:

- Flujo de potencia en cada sección de línea, corrientes (magnitud y ángulo) y factor de potencia.
- Pérdidas de potencia en cada sección de línea.
- Potencia total inyectada al alimentador.

El flujo de carga empleado está basado en el método de barrido iterativo. Este método supone un ordenamiento de las barras del sistema de acuerdo con lo que se presenta en 0. Una vez la red ha sido ordenada, el método de barrido iterativo se realiza en dos etapas consecutivas. La primera, consiste en aplicar la primera ley de Kirchhoff en cada nodo comenzando desde

los nodos terminales hasta llegar a la subestación (barrido hacia arriba). Para esto, es necesario suponer un perfil de tensión inicial. La segunda etapa, consiste en aplicar la segunda ley de Kirchhoff para obtener las caídas de tensión en cada línea, comenzando desde la subestación hasta los nodos terminales (barrido hacia abajo). Para ello se utilizan los datos de corrientes encontrados en la primera etapa.

Este proceso permite obtener nuevos valores para las tensiones nodales. La realización de las dos etapas anteriores constituye una iteración del proceso global. El método converge cuando la diferencia de pérdidas activas entre dos iteraciones sucesivas es menor que un error establecido.

Debido a que los sistemas de distribución no son balanceados, es necesario que el estudio de flujo de potencia considere el modelamiento trifásico de los diferentes componentes de la red. El flujo de carga para sistemas de distribución desbalanceados permite el adecuado estudio de problemas más complejos como balance de cargas, estudios de caída de tensión, compensación capacitiva y reconfiguración, entre otros.

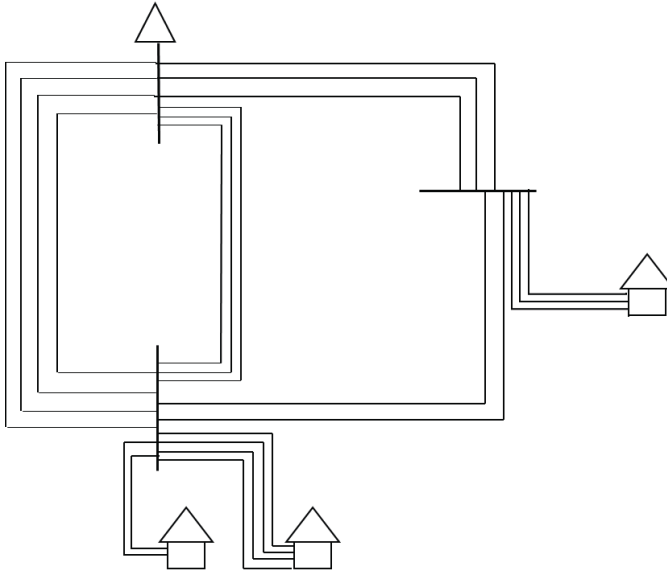
Metodología para el cálculo de pérdidas técnicas de redes en malla a partir de flujo de carga de barrido iterativo

Con el fin de calcular las pérdidas técnicas de potencia activa, se propone una metodología de flujo de carga para redes en malla que mantiene la topología de la red original (Figura 3) sin recurrir a equivalentes radiales. La metodología desarrollada considera un modelo trifásico del sistema, e incorpora los mismos aspectos operativos considerados en las redes radiales, tales como desbalance en la carga, faseo de los ramos de red, tipo de medidor, etc.

En la Figura 3 se muestra una red en malla típica, cuyos tramos y cargas tienen diferentes configuraciones de fases. Así,

para el modelamiento se considera una red trifásica tetrafilar o monofásica trifilar según sea el caso, es decir, no se consideran equivalentes monofásicos.

Figura 3. Modelo trifásico de red secundaria en malla.



Entre las dificultades técnicas que se han encontrado para utilizar técnicas clásicas de flujo de carga como el flujo de carga por Newton Raphson, se destaca el hecho de que debido a la alta radialidad de los circuitos, la matriz Jacobiana presenta dos situaciones:

- i) Matrices muy grandes con pocos elementos diferentes de cero (matrices muy dispersas).
- ii) Una diagonal débil debido a que en sistemas de distribución se presentan pequeñas aberturas angulares entre nodos.

Una vez el proceso ha convergido, se calculan las pérdidas técnicas en los tramos de red secundaria con los datos de corrientes por fase del sistema, las pérdidas en el transformador, en los medidores y en las acometidas.

Flujo de carga

La base fundamental del método es un análisis circuital utilizando la segunda ley de Kirchhoff que nos lleva a la bien conocida ley de Ohm generalizada, en términos de tensiones y corrientes nodales, esta se expresa así:

$$[I_{bus}] = [Y_{bus}] [V_{bus}] \quad (16)$$

La metodología consiste básicamente de tres pasos:

Aplicar segunda ley de Kirchhoff para encontrar las tensiones nodales.

- i) Calcular los flujos de corriente en todos los tramos
- ii) Calcular el error de corrección para corregir las cargas.

Estos tres pasos se aplican iterativamente hasta que el error sea minimizado, razón por la cual de aquí en adelante esta metodología es referida como de “aproximaciones sucesivas”.

Fundamentalmente el método parte del análisis de un sistema desequilibrado y toma en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Se trabaja con la impedancia en forma matricial de cada tramo, considerando el material, calibre y montaje.
- b. Se conforma la matriz Y_{bus} convencional del sistema, considerando todos los nodos y todas las fases.

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} [Y_a] & [Y_b] \\ [Y_c] & [Y_d] \end{bmatrix}$$

Para el caso de circuitos alimentados por transformadores trifásicos, la matriz Y_{bus} es una matriz cuadrada de $(3 \times \# \text{Nodos}) \times (3 \times \# \text{Nodos})$ y para circuitos alimentados por transformadores monofásicos la matriz Y_{bus} es una matriz cuadrada de $(2 \times \# \text{Nodos}) \times (2 \times \# \text{Nodos})$.

donde

$Y_a = [Y_{1,1}]$: submatriz de 3 filas x 3 columnas, o 2 filas x 2 columnas, según el transformador.

$Y_b = [Y_{1,2}, Y_{1,3}, \dots, Y_{1,n}]$: submatriz de 3 filas x $3(NroNodos-1)$ columnas o 2 filas x $2(NroNodos-1)$ columnas, según el tipo de transformador.

$Y_c = [Y_{2,1}, Y_{3,1}, \dots, Y_{n,1}]^T$: submatriz de $3(NroNodos-1)$ filas x 3 columnas o $2(NroNodos-1)$ filas x 2 columnas según el tipo de transformador.

$Y_d = \begin{bmatrix} Y_{2,2} & \dots & Y_{2,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n,2} & \dots & Y_{n,n} \end{bmatrix}$: submatriz de $3(NroNodos-1)$ filas x $3(NroNodos-1)$ columnas o $2(NroNodos-1)$ filas x $2(NroNodos-1)$ columnas según el tipo de transformador.

La ecuación básica en términos de submatrices es:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_{nc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [Y_a] & [Y_b] \\ [Y_c] & [Y_d] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_{nc} \end{bmatrix} \quad (17)$$

donde

Subíndice 1: se refiere a la oscilante o barra del transformador.

nc : se refiere a los nodos de carga exceptuando el nodo del transformador.

a. Para cada nodo del circuito se asigna un valor de carga en forma proporcional a la facturación, en forma similar a como se hace en el flujo de carga para sistemas radiales.

b. Inicialmente se asumen todas las tensiones nodales en sus valores nominales.

c. Con las cargas y las tensiones nodales se obtiene las corrientes en los nodos de carga I_{nc} .

d. Se resuelve el sistema aplicando la ecuación (18) para encontrar las diferentes tensiones nodales de los nodos de carga.

e. Con las cargas y las tensiones nodales se obtiene las corrientes en los nodos de carga Inc.

f. Se resuelve el sistema aplicando la ecuación (18) para encontrar las diferentes tensiones nodales de los nodos de carga.

$$V_{nc} = (Y_d)^{-1}(I_{nc} - Y_c * V_1)$$

g. Conocidas las tensiones nodales, se evalúa las corrientes del transformador de todas las fases, o I1.

$$I_1 = Y_a V_1 + Y_b V_{nc}$$

h. Teniendo las corrientes del transformador, se calcula la potencia entregada por este, el cual se compara con un valor de referencia y este error se utiliza para modificar las cargas, e iniciar de nuevo el proceso (calcular las corrientes, calcular las tensiones nodales y calcular la corriente en el transformador). El proceso se repite hasta que el error sea menor a un valor preespecificado.

Para cada hora de un día típico (ordinario y festivo), se realiza un flujo de carga para obtener las pérdidas de potencia activa y verificar las condiciones operativas de cargabilidad de red y regulación de tensión. Con las 24 horas evaluadas, se obtienen las pérdidas técnicas de energía para el día típico ordinario y el día típico festivo. Las pérdidas de energía para el día ordinario y el día festivo se multiplican por la cantidad de días ordinarios y festivos que tenga el año, con el fin de obtener las pérdidas de energía anual.

Los resultados de las pérdidas de energía anual se presentan para el circuito completo y desagregando por componentes: transformador, red, acometidas y contadores.

Resultados

Herramientas computacionales desarrolladas

Las herramientas computacionales desarrolladas tienen procedimientos de revisión de datos y procedimientos de cálculo. Estas herramientas están constituidas por varios módulos funcionales que realizan subprocesos. Estos módulos se elaboraron en Delphi™ y Visual Studio™. Los datos de entrada corresponden a la información constructiva y operativa de las redes secundarias (nivel de tensión 1) y sus usuarios. Estos deben estar descritos en archivos de Microsoft Excel® en formato “.csv”.

Estas herramientas se consolidan en dos tipos de software:

DETERED UTP: Este aplicativo analiza la información constructiva de las redes secundarias para identificar inconsistencias que deben ser revisadas por el Operador de Red (OR) y así ejecutar flujos de carga solo en circuitos con información coherente.

PESIDIBT UTP: Este aplicativo permite realizar los flujos de carga en circuitos radiales y en malla con información coherente, y muestra los resultados de pérdidas técnicas por circuito, totales o por componentes (red, transformadores, acometidas y medidores), además muestra información operativa útil para los análisis posteriores (cargabilidad del circuito, nodo con peor regulación de tensión).

La Figura 4, Figura 5 y Figura 6 muestran el entorno gráfico del software “*PESIDIBT UTP*” en el cual se carga la información de circuitos en nivel de tensión 1. Inicialmente se abre un cuadro dialogo con el cual se accede a la carpeta donde están los archivos. Luego, el aplicativo realiza el proceso de carga de la información. Finalmente, el aplicativo muestra la información cargada para iniciar el proceso de revisión de la información y posterior cálculo de las pérdidas técnicas.

Figura 4. Botón y entorno gráfico para cargar la información en el software “PESIDIBT UTP”.

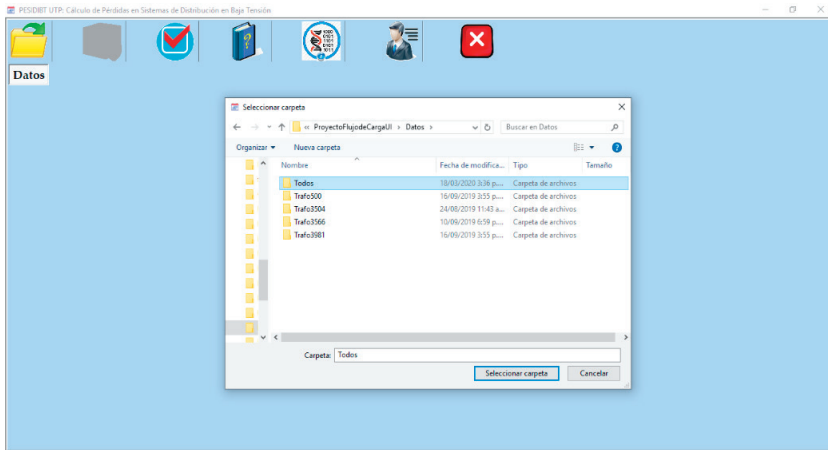


Figura 5. Entorno gráfico para cargar la información en el software “PESIDIBT UTP”.

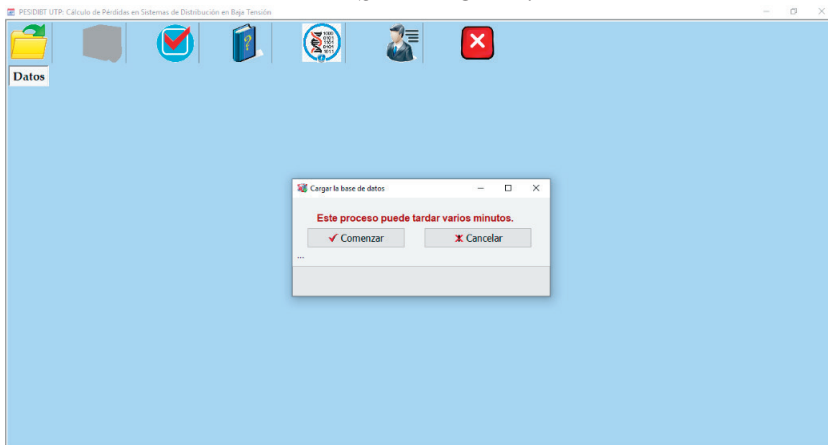


Figura 6. Entorno gráfico en que se muestra la información cargada en el software “PESIDIBT UTP”.

Cod_Trafo1	Nudo_Inicial	Nudo_Final	Faseo	Longitud	Montaje	CalibreFase	MaterialFase	CalibreNeutro	MaterialNeutro
14069	263961	263962	4	106.5	1	4	2	4	2
14069	263962	288702	4	36.4	1	4	2	4	2
14069	263963	288702	4	115.9	1	4	2	4	2
14069	263964	263965	4	105.1	1	4	2	4	2
14069	263965	263966	4	73.2	1	4	2	4	2
14069	263966	263967	4	68.1	1	4	2	4	2
14069	263967	263968	4	71.7	1	4	2	4	2
14069	263968	264053	4	62.6	1	4	2	4	2
14069	263967	263969	4	130.7	1	4	2	4	2
14069	263969	299740	4	72.3	1	4	2	4	2
14069	263967	263970	4	104.5	1	4	2	4	2
14069	263970	275398	4	92.5	1	4	2	4	2
14069	263970	288406	4	31	1	4	2	4	2
14069	263970	263971	4	72.2	1	4	2	4	2
14069	263971	288405	4	104.5	1	4	2	4	2
14069	263971	288407	4	155.5	1	4	2	4	2
14069	263971	263972	4	166	1	4	2	4	2
14069	263972	293641	4	86.9	1	4	2	4	2
14069	263971	275542	4	108.6	1	4	2	4	2
141163	263995	263996	1	95.6	1	4	2	4	2

La Figura 7 muestra un ejemplo de la visualización del reporte en el aplicativo “DETERED UTP”. Allí se puede observar como el aplicativo muestra el código del transformador (circuito) que presenta incoherencia en la información y el tipo de error que presenta junto con una breve descripción del error en la información.

Figura 7. Visualización del software “DETERED UTP” para ubicar inconsistencias en la información de circuitos en nivel de tensión 1.

CodTrafo	N°Error	Descripción	Ubicación
51	0	17 -> Consum	Usuario
51	1	?? ->Tiene tra	Circuito
51	2	?? ->Tiene tra	Circuito
75	3	Todos los usu	Circuito
95	4	Todos los usu	Circuito
126	5	?? ->Tiene tra	Circuito
142	6	17 -> Consum	Usuario
173	7	17 -> Consum	Usuario
182	8	Todos los usu	Circuito
182	9	?? ->Tiene tra	Circuito
217	10	Todos los usu	Circuito
217	11	?? ->Tiene tra	Circuito
248	12	17 -> Consum	Usuario
348	13	17 -> Consum	Usuario
348	14	17 -> Consum	Usuario
360	15	17 -> Consum	Usuario
367	16	38 ->La acom	Usuario
367	17	38 ->La acom	Usuario

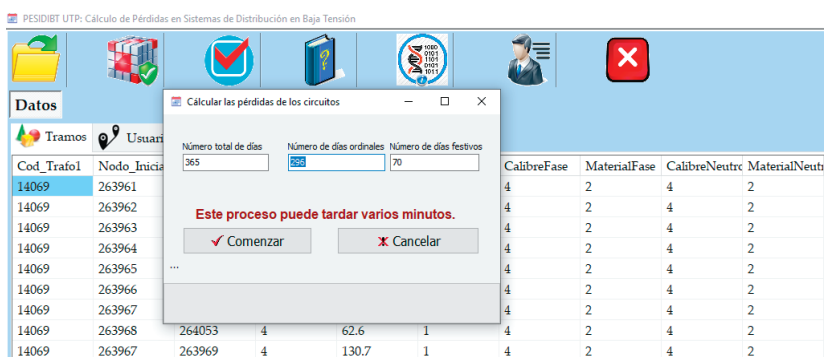
Cod_Trafo1	Matricula	Nodo	Cal_Acom1	LongAcom	FasesTrafo1	Tipo_Med
1	2456	546	34	8	18	3
2	1742	347	7	10	8.9	7
3	34	547	307	250	14.7	7
4	23423	457	587494	6	15	4
5	2345	4587	53	10	11.1	7
6	3245	56	6546	8	26.2	1
7	2345	9478	3	8	8.8	1
8	235	46	523	10	21.4	7
9	2345	84678	6456	8	13.3	7
10	2345	4	272283	8	18.6	7
11	3456	45	6756	8	10.5	2
12	3467	5	4876	8	8.2	2
13	3467	5	4876	8	8.2	2

El software desarrollado se llama “*PESIDIBT UTP*”, la Figura 8 muestra el botón con el que se realiza la ejecución del flujo de carga para el cálculo de las pérdidas técnicas, y la Figura 9 muestra una ventana emergente en la cual se configura la cantidad de días festivos y ordinarios que se quieren utilizar en el cálculo de pérdidas técnicas anuales.

Figura 8. Botón con el que se realiza la ejecución del cálculo de pérdidas técnicas.



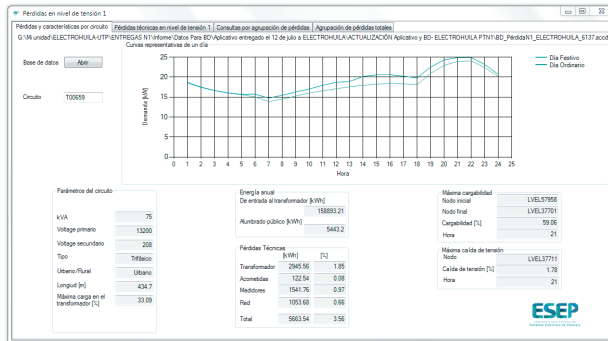
Figura 9. Ejecución del cálculo de pérdidas técnicas.



Los resultados del programa se almacenan en una base de datos en Access® y se dispone de un aplicativo desarrollado en Visual Studio™ que permite consultar para un circuito secundario, los resultados de pérdidas técnicas totales y por componentes. Adicionalmente se puede consultar las condiciones operativas resultantes del flujo de carga.

El propósito de esta base de datos y de su programa de consulta es que se pueda revisar en detalle la información de los circuitos secundarios utilizados para realizar el estudio y sus

Figura 11. Visualización de los resultados de pérdidas técnicas N1 por circuito



Se muestran características del circuito como capacidad nominal y tipo de transformador, localización (urbano/rural), longitud del circuito, máxima carga del transformador, curva de carga para un día ordinario y festivo, energía de entrada al circuito, pérdidas técnicas, tramo de red con máxima cargabilidad y nodo con máxima caída de tensión.

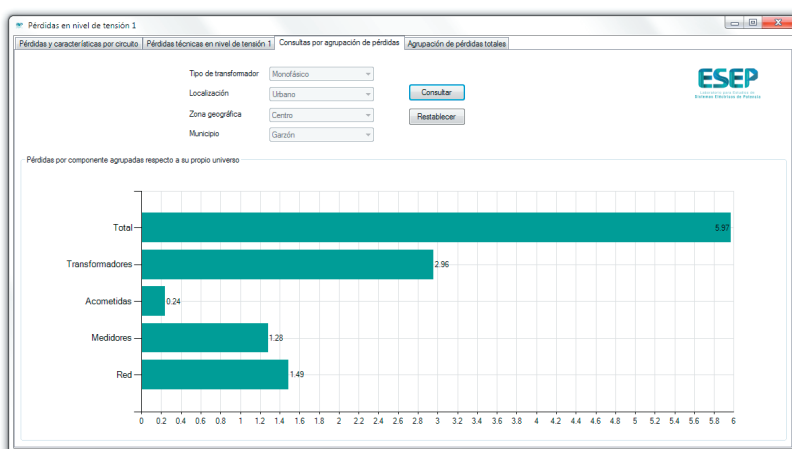
En la pestaña “Pérdidas técnicas en nivel de tensión 1”, se puede consultar los índices de pérdidas técnicas totales del estudio y por componente. Ver Figura 12.

Figura 12. Visualización de los resultados totales de pérdidas técnicas N1



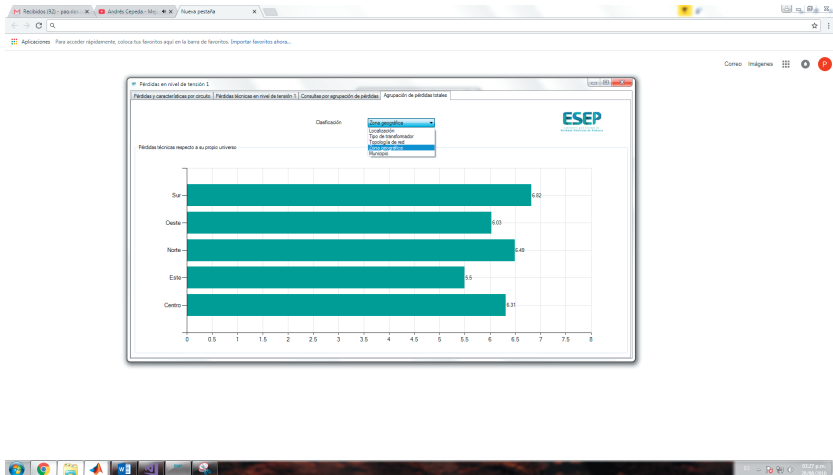
En la pestaña “Consulta por agrupación de pérdidas”, se pueden realizar consultas para conocer las pérdidas técnicas de un conjunto de transformadores en particular. Se pueden conocer los índices de pérdidas por componente según la combinación por tipo de transformador, localización, zona y municipio escogida por el usuario. Por ejemplo, se podría consultar las pérdidas de circuitos monofásicos, urbanos, de un municipio en concreto, tal como lo muestra la Figura 13

Figura 13. Visualización de los resultados de pérdidas técnicas N1 por agrupación de localización, tipo de transformador, zona geográfica y municipio.



En la pestaña “Agrupación de pérdidas totales”, se puede comparar los índices de pérdidas totales por localización, tipo de transformador, topología de red, zona geográfica o municipio, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Visualización de los resultados de pérdidas técnicas N1 por agrupación de localización, tipo de transformador, topología de red, zona geográfica o municipio.



Conclusiones

Se desarrolló una herramienta computacional que permite diagnosticar el estado de la información de la red secundaria analizada. Este diagnóstico se realiza en función de la topología de la red, tipos de conductor y número de fases, etc. Esta herramienta, es un verificador que permitirá determinar si la red tiene problemas de: faseo, islas, calibres de conductores, conectividad de transformadores y cargas, entre otros.

Se definieron los modelos matemáticos adecuados de los componentes del sistema de distribución secundaria y se desarrolló una metodología matemática que permite calcular las pérdidas técnicas en el sistema de distribución secundaria. Con el fin de divulgar los modelos propuestos y las metodologías desarrolladas se escribió un libro que expone estos resultados.

Se realizaron pruebas de las metodologías en software comercial, sin embargo, estos programas utilizan técnicas

clásicas de flujo de carga que requieren información que las empresas de distribución normalmente no tienen, por lo que la validación se realizó a través de los resultados finales que entrega nuestro software acondicionados para evaluar en programas comerciales.

Se desarrolló una herramienta computacional que incorpora la información real que las empresas tienen de sus sistemas de distribución y se programó la metodología matemática desarrollada. Se realizaron pruebas a las herramientas de verificación y cálculo de pérdidas para validar la eficiencia de la metodología.

Bibliografía

R. Jiménez, T. Serebrisky y J. Mercado, *Electricidad perdida: Dimensionando las pérdidas de electricidad en los sistemas de transmisión*, Washington: BID, 2014.

Tama Franco Alberto, *Las Pérdidas de Energía Eléctrica* [en línea], 30 septiembre, 2018. Disponible en Internet: <http://www.sectorelectricidad.com/20860/las-perdidas-de-energia-electrica/>

López Suárez Alfonso, *Alzas en energía eléctrica, las reinas de la inflación en 2018* [en línea]. Disponible en Internet: <https://www.portafolio.co/economia/alzas-en-energia-electrica-las-reinas-de-la-inflacion-en-2018-525032>

Jiménez, R. A., T. Serebrisky, and J. E. Mercado Díaz. 2014. *Power Lost: Sizing Electricity Losses in Transmission and Distribution Systems in Latin America and the Caribbean*. Monograph IDB-MG-241, Inter-American Development Bank, Washington, DC.

- García, P., Pereira, J., Carneiro, J., Da Costa, S. and Martins, N., Three-phase power flow calculations using the current injection method. *IEEE Transactions on Power Systems*, 15 (2), pp. 508–514, 2000.
- Ghazali, S., Nor, K. and Abdel-akher, M., Parallel sequence decoupled full Newton-Raphson three phase power flow, *TENCON 2009–2009 IEEE Region 10 Conference*, pp. 1–6, 2009.
- Chen, T.H., Chen, M.S., Hwang, K.J., Kotas, P. and Chebli, E., Distribution system power flow analysis a rigid approach. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 6 (3), pp. 1146 –1152, 1991.
- Cheng, C. and Shirmohammadi, D., A three-phase power flow method for real-time distribution system analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, 10 (2), pp. 671–679, 1995.
- Luo, G. and Semlyen, A., Efficient load flow for large weakly meshed networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, 5 (4), pp. 1309–1316, 1990.
- Céspedes, R. New method for the analysis of distribution networks. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 5 (1), pp. 391–396, 1990.
- Peñuela, C.A., Granada, M. and Sánchez, J.R., Algoritmo para el análisis probabilístico en sistemas de distribución con generación distribuida. *Revista DYNA*, Universidad Nacional de Colombia, 78 (169), pp. 79-87, 2011.
- Kersting, W., The computation of neutral and dirt currents and power losses, *IEEE Power Systems Conference and Exposition*, pp. 213– 218, 2004.

Kindermann, G. and Campagnolo, J.M., *Aterramiento Eléctrico*, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil, 2010

Ciric, R., Feltrin, A. and Ochoa, L., Power flow in four-wire distribution networks-general approach. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18 (4), pp. 1283–1290, 2003.

Acosta, C., Hincapié, R., Granada, M., Escobar, A. y Gallego, R., *Flujo de carga radial trifásico a cuatro hilos empleando Anderson Mixing Scheme*, Memorias IEEE PES T&D LA, Montevideo, ISBN 978-1-4673-2671-1, Uruguay, 2012

Wang, H., Wang, G., Chang, S. and Huang, Q., Accelerated solution of Poisson-Schrodinger equations in nanoscale devices by Anderson mixing scheme, *Micro & Nano Letters, IET*, 4 (2), pp.122-127, 2009

Hong-Rui Wang, Guo-Jie Yang, Xiu-Ling Liu, A New Algorithm for the Theoretical Energy Loss Calculation of the Distribution Network Based on Artificial Neural Networks. *Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Hong Kong, 19- 22 August 2007.

Nazarko, J.; Styczynski, Z.; Poplawski, M.; The fuzzy approach to energy losses calculations in low voltage distribution networks. *Power Engineering Society Winter Meeting*, 2000. IEEE, Vol 4, Page(s): 2763 – 2768, 23-27 Jan. 2000

H. M. Khodr, J. Molea, I. García, C. Hidalgo, P. C. Paiva, J. M. Yusta, and Alberto J. Urdaneta. *Standard Levels of Energy Losses in Primary Distribution Circuits for SCADA Application*. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17, N°. 3, August 2002.

Iván Pinzón, Miguel Garzón, Germán Guerrero, Milton Salgado, Daniel Salgado, Manuel González, José Bedoya, Omar Piñeros. Metodología para el cálculo de pérdidas técnicas en circuitos radiales con alta dispersión de clientes en áreas rurales. CONGRESO LATINOAMERICANO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CLADE 2008 22 al 24 de setiembre de 2008 Mar del Plata, Argentina

W. H. Kersting, “Distribution System Modeling and Analysis”, CRC Press LLC, 2000.

ICONTEC, NTC 818 - Transformadores monofásicos autorefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y tensión de corto circuito, Bogotá, 1995.

ICONTEC, NTC 819 - Transformadores trifásicos autorefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito, Bogotá, 1995.

ICONTEC, NTC 2147 - Equipos de medición de energía eléctrica (C.A.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (clases 0,2 s y 0,5 s), Bogotá: ICONTEC, 2003.

ICONTEC, NTC 2288 - Equipos de medición de energía eléctrica (C.A.), requisitos particulares, medidores electromecánicos de energía activa (clases 0.5, 1 y 2), Bogotá: ICONTEC, 2003.

ICONTEC, NTC 4052 - Equipos de medición de energía eléctrica (C.A.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (clases 1 y 2), Bogotá: ICONTEC, 2003.

ICONTEC, NTC 4649 - Equipo para medidores de energía eléctrica (c.a) requisitos particulares. Requisitos de tensión y consumo de potencia, Bogotá: ICONTEC, 1999.

15

CAPÍTULO QUINCE

CARACTERIZACIÓN Y MODIFICACIONES DEL
MOTOR HONDA GX-35 Y DISEÑO DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DEL VEHÍCULO TIPO PROTOTIPO

SHELL ECO-MARATHON
CHARACTERIZATION AND MODIFICATIONS
OF THE HONDA GX-35 ENGINE AND DESING OF
THE ELECTRICAL SYSTEM OF THE SHELL ECO –
MARATHON PROTOTYPE VEHICLE

*María Camila Benítez A,
Miguel Ángel Santana D,
Luis Guillermo Gaviria A,
José Luis Tristancho R.*

*Grupo de Investigación en Materiales Avanzados – GIMAV,
Facultad de Ingeniería Mecánica,
Universidad Tecnológica de Pereira.
josetris@utp.edu.co*

Resumen

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se seleccionó, caracterizó y modificó un motor Honda GX-35 para garantizar su buen funcionamiento utilizando como combustible ETANOL, biocombustible derivado de la caña de azúcar. Se diseñaron, también, los sistemas eléctricos de emergencia para ser utilizados junto al motor en un vehículo Supermilage, basados en el reglamento de la competencia Shell Eco – Marathon (SEM) 2018. Una vez realizado los cálculos para determinar las exigencias de carga del monoplaza y seleccionado el Motor de Combustión Interna (MCI) se realizó su caracterización y así obtener patrones de referencia y poder realizar las respectivas comparaciones una vez realizadas las modificaciones, a fin de aumentar la eficiencia energética, en el mismo. Efectuadas las modificaciones en el motor se diseñó el circuito electrónico del sistema de emergencia y se realizaron las conexiones eléctricas del todo el sistema, incluyendo la implementación de una ECU (Unidad de Control del Motor) para poder controlar el funcionamiento del MCI con sistema de inyección electrónica. Finalmente se puso en funcionamiento el MCI utilizando la ECU y poder darle puesta a punto. A partir de la caracterización del MCI después de realizar las modificaciones se pudo observar que esté al operar con 100% ETANOL brindó una potencia máxima de 0.3829 kW superando la potencia requerida, obtenida de diseño, que era de 0.259 kW pero el MCI deba operar a mayor régimen para lograr el empuje requerido.

Palabras claves: Motor de Combustión Interna, ETANOL, Biocombustible, Supermilage, Shell Eco – Marathon.

Abstract

During the development of this research work, a Honda GX-35 engine was selected, characterized, and modified to guarantee its proper functioning using ETHANOL, a biofuel derives from sugar cane, as fuel. The emergency electrical systems were also

designed to be used together with the engine in a supermilage vehicle, based on the Shell Eco – Marathon (SEM) 2018 competition regulations. Once the calculations had been made to determine the load requirements of the car and the Internal Combustion Engine (ICM) had been selected, its characterization was carried out thus obtaining reference standards and being able to make the respective comparisons once the modifications had been made, in order to increase the energy efficiency in it. Once the modifications were made to the engine, the electronic circuit of the emergency system was designed and the electrical connections of the entire system were made, including the implementation of an ECU (Engine Control Unit) to control the operation of the ICM with injection system electronics. Finally, the ICM was put into operation using ECU and being able to tune it up. From the characterization of the ICM after making the modifications, it could be observed that then operating with 100% ETHANOL, it provided a maximum power of 0.3829 k, exceeding the required power obtained from the design, which was 0,259 kW, but the ICM must operate at higher speed to achieve the required thrust.

Keywords: Internal Combustion Engine, ETHANOL, biofuel, Supermilge, Shell Eco – Marathon.

Introducción

El aumento del consumo de combustibles fósiles por parte de la industria automotriz es directamente proporcional al aumento tanto de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos como de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en los motores Diesel, provocando así grandes problemas tanto de índole ambiental como problemas sanitarios. En Colombia el sector transporte es el responsable del 44% del consumo energético y el principal consumidor de combustibles derivados del petróleo. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) este sector consume casi el 47% del ACPM (diesel) de todo el país y un 29% de las gasolinas (Cadena, Gonzales, & Baéz, 2014).

Considerando el escenario mundial, hay una creciente búsqueda de fuentes alternativas de energía para reemplazar el petróleo y reducir progresivamente la dependencia de combustibles fósiles. El etanol juega un papel destacado en este sentido y es conocido mundialmente como un biocombustible que no afecta el ciclo neutral del carbono, teniendo así un potencial de éxito.

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 225.560 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 25% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 75% a más de 2.750 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, Sancarlos, Tumaco, Ríopaila-Castilla, Incauca y Providencia). Desde 2005, cinco de los trece ingenios tienen destilerías anexas para la producción de alcohol carburante (Incauca, Manuelita, Providencia, Mayagüez y Risaralda). Gracias al clima privilegiado de la región, y al contrario de lo que sucede en el resto del mundo (con excepción de Hawai y el norte de Perú), se puede sembrar y cosechar caña durante todos los meses del año. En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 387 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005. En la actualidad se da cubrimiento a todo el territorio nacional (Sector Agroindustrial de la Cabaña, 2019).

Teniendo en cuenta los factores ambientales y siendo el parque automotriz la forma más representativa del consumo energético en el país, se han ido desarrollando distintas estrategias e investigaciones en el uso de biocombustibles buscando el

aumento de eficiencia en los vehículos y la mitigación de los GEI (gases de efecto invernadero). Un claro ejemplo de esto, son los estudios que se han desarrollado en el país, donde se experimenta con diferentes mezclas de etanol-gasolina, por encima de la mezcla usada actualmente (E10), obteniendo en muchos casos buenos resultados, de tal forma que se corroboró que al aumentar la cantidad de etanol hasta en un 20% en la mezcla, es decir E20, la potencia del vehículo registró un leve cambio en comparación a una mezcla E0 o E10 y una disminución de las emisiones de CO y HC (Ospina Castro, 2014). Pero cabe recordar que la mayoría de estas investigaciones han sido realizadas sin tener en cuenta las posibles modificaciones que se le pueden realizar tanto al motor de combustión interna tanto de gasolina como Diesel.

Planteamiento del problema y justificación

Para la competencia Shell Eco Marathon Americas en la categoría de Motores de Combustión Interna (MCI), se puede participar con tres tipos diferentes de combustibles; gasolina, diesel y etanol. Teniendo en cuenta que el principio de funcionamiento de un MCI, es convertir la energía química que se genera al explotar el combustible dentro de la cámara de combustión en energía mecánica, mediante el conjunto de elementos formados por pistones, bielas y manivelas que la transmiten finalmente como movimiento al cigüeñal. Para lograr la mayor eficiencia posible se deben tener en cuenta factores como consumo específico, poder calorífico y la relación de compresión del combustible, si se hace referencia a las posibles mejoras del motor. En base a este planteamiento se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta ¿Qué modificaciones se deben realizar en un MCI monocilíndrico carburado para que su fuente de energía sea Etanol 100%, buscando además de mejoras en su eficiencia reducir el consumo de combustible, que sea apto para su posterior uso en un vehículo monoplace Supermilage y qué elementos eléctricos y electrónicos requerirá dicha adaptación?

Diferentes organizaciones, empresas y universidades a nivel mundial han decidido apoyar investigaciones dirigidas a la evaluación de nuevas alternativas de combustible diferentes a los combustibles fósiles, una de ellas es Shell mediante la organización de la competencia Shell Eco – Marathon (SEM) programa global único para estudiantes de ciencias, tecnologías e ingeniería en el cual deben diseñar y construir monoplazas ultra eficientes energéticamente en donde se utilice y ponga a prueba todos los conocimientos de Ingeniería adquiridos durante su formación universitaria.

Objetivos

Objetivo General.

Desarrollar las modificaciones necesarias a un MCI Honda GX – 35 para su funcionamiento con etanol como fuente de energía y diseñar los sistemas de emergencia para su utilización en un vehículo tipo prototipo Supermileage.

Objetivos Específicos.

- Analizar el uso de combustibles alternativos, en especial el etanol, en vehículos de transporte humano.
- Realizar las modificaciones necesarias a un MCI Honda GX – 35, buscando la mejor eficiencia posible cuando se utiliza etanol como fuente de energía.
- Diseñar los sistemas eléctricos del vehículo, motor de arranque, emergency shutdown, Dead man's switch y sistema general. De acuerdo con las especificaciones del reglamento de la competencia Shell Eco - marathon.
- Verificar el funcionamiento del motor Honda GX – 35 trabajando con inyección electrónica y arranque eléctrico.

Referente teórico

Antecedentes.

El motor de combustión interna es un elemento que permite transformar energía térmica en energía mecánica sometiendo un fluido compresible a condiciones controladas de operación, utilizado mayormente en el transporte terrestre y pequeñas utilidades como motores estacionarios. Su ciclo de trabajo se realiza en cuatro tiempos, compresión, combustión, expansión y escape. Se pueden clasificar en dos tipos según el proceso de combustión, motores de encendido provocado o más conocido como motor Otto (MEP) y motor de encendido por compresión o Diesel (MEC).

En el motor de encendido provocado por lo general el combustible entra en el cilindro mezclado con el aire, al final de la compresión se dispone una mezcla de aire y combustible, de manera estequiométrica, que indica la proporción adecuada para una combustión eficiente, para generar la energía necesaria se provoca una chispa controlada que inicia la combustión.

Generalmente, los MEP utilizan gasolina como combustible, siendo ésta de gran facilidad para su adquisición y buen octanaje para realizar eficientemente el ciclo antes mencionado, las desventajas son el aumento de gases contaminantes o productos no quemados resultado de una combustión incompleta, dichos productos se evidencian en material volátil y gases como el monóxido de carbono, dióxido de azufre SO_2 , óxido de nitrógeno, ozono troposférico O_3 , quienes son los principales contribuyentes en la lista de GEI.

Una alternativa que surgió a principio de los años 70 fue el etanol, como combustible para los MEP, empezando con pequeñas mezclas que no interferían en la eficiencia, reducían los gases contaminantes y disminuían el consumo de combustibles

fósiles, como la gasolina. Dicha tecnología evolucionó hasta construir motores E100, cuya fuente es etanol al 100%, utilizados en muy pocas partes del mundo, siendo Brasil el país pionero en esta tecnología.

4.2. Conversión de un Motor de Combustión Interna a Etanol.

- La búsqueda de nuevos combustibles, de origen biológico y renovable, biodegradables, capaces de aumentar el rendimiento de los motores de automóviles, y la necesidad de disminuir la emanación de los gases invernadero han contribuido a usar al etanol anhidro (EA) como combustible o aditivo para gasolinas comerciales, a nivel mundial. Brasil y EE.UU. tienen experiencias reconocidas de éxito, merced a políticas gubernamentales que legislan a favor de una “combustión limpia”, fomentando el consumo del EA en particular y priorizando las nuevas tecnologías para elaborarlo (Cerpa, 2005)

- El etanol es alcohol anhidro desnaturalizado con una adición de gasolina al 2% v/v. Este producto se desarrolló en Colombia a partir de la iniciativa del Gobierno Nacional a través de la ley 693 de 2001, donde se decretó el uso de gasolina oxigenada (mezcla de 10% alcohol carburante y 90% gasolina), en las ciudades con más de 500.000 habitantes. El uso de alcohol carburante se considera necesario y benéfico para el medio ambiente, pues mejora la combustión en los motores de explosión interna y reduce las emisiones nocivas de gases contaminantes, ya que se produce a partir de biomasa mediante tecnologías limpias. El etanol de caña de azúcar reduce en 74% las emisiones de gases efecto invernadero (INCAUCA S.A.S, 2020) .

- El primer vehículo E100 apareció en Brasil en Julio de 1979, creado por Fiat, llamado el Fiat 147 etanol, con un motor de 1297 cm³, una potencia de 65 HP y una R.C. de 11.2:1, gracias a su fuente combustible, el Fiat 147 no sólo contaminaba menos, sino que el carburante resultaba un 50% más barato respecto a la gasolina.

- Desde ese momento, Fiat Brasil no ha dejado de producir vehículos de combustible flexible (FFVs por sus siglas en inglés), diseñados para funcionar con gasolina o mezclas de gasolina-etanol de hasta un 85% de etanol (E85). De no ser por algunas modificaciones en la máquina y el sistema de combustión, son idénticos a los vehículos que funcionan solo con gasolina. Los FFVs no tienen ninguna pérdida en el rendimiento cuando funcionan con E85, y algunos hasta generan más rotación y caballos de potencia que con la gasolina. Sin embargo, como el etanol contiene menos energía por volumen que la gasolina, los FFVs dan del 15%-27% menos kilómetros por galón cuando funcionan con E85 (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2020).

En cuanto al panorama de la investigación científica en Colombia, se han desarrollado varios proyectos en los que se realizan pruebas a un MCI de un automóvil para operar con diferentes mezclas de etanol, supervisando el comportamiento frente a eficiencia, torque, potencia y consumo específico de combustible, tanto en dinámómetros como en pruebas de ruta, uno de ellos realizado en la UTP, llamado Proyecto Protocolo E20, utilizando una metodología de “pruebas de vehículos gemelos” en la cual se operaron dos vehículos idénticos, uno usando la mezcla experimental E20, mientras que el otro vehículo se le suministró la mezcla de referencia E10. Los vehículos registraron una acumulación de 100 mil kilómetros de recorrido, después se desarmaron los motores de cada uno de los vehículos con el fin de comparar el efecto de la mezcla E20 con respecto a la mezcla E10 sobre las partes del motor que tuvieron contacto con el combustible. En las pruebas se analizó: el desempeño mecánico de los vehículos, las emisiones ambientales y el comportamiento de los materiales metálicos del vehículo; las cuales dieron como resultado, primero, que no se alteró la potencia de los vehículos de prueba; segundo, presentan un consumo de combustible similar respecto a la operación con mezcla E10; tercero, se presentó una disminución de los niveles de emisión de monóxido de carbono respecto a la operación con E10; cuarto, las partes metálicas mantuvieron un rango operatividad similar (Gaviria, Ospina, & Quirama, 2017).

Cuando se pretende operar un motor con E100, se deben realizar cambios en la geometría del motor con el fin de aumentar su relación de compresión, cambiar el material con el que están contruidos los elementos de la cámara de combustión (camisa, pistón, biela) a fin de que, al tener contacto con el etanol, el material no sufra cambios en su estructura, ya que el alcohol anhídrido tiene mayor octanaje y posibilidad de autoencendido que la gasolina convencional, con un NCV = 26900 kJ / kg. (SHELL, 2020)

Metodología

Este proyecto va a ser una investigación documental cualitativa de tipo experimental encaminado a caracterizar y realizar las modificaciones necesarias a un MCI Honda. GX – 35 que utiliza como fuente de energía el etanol y realizar el sistema eléctrico de un vehículo Shell tipo prototipo.

Las actividades a través de las cuales se pretende dar cumplimiento a los objetivos mencionados se enumeran a continuación:

Objetivo específico 1: Analizar el uso de combustibles alternativos, en especial el etanol, en vehículos de transporte humano.

- Recolección de artículos científicos, páginas web, memorias de conferencias, tratados internacionales y cualquier otro documento de importancia que contenga información precisa del futuro uso de los combustibles alternativos como reemplazo de combustibles fósiles.
- Estudio y contextualización del proceso para obtener etanol y su incidencia en el ciclo neutral de carbono.

Objetivo específico 2: Realizar las modificaciones necesarias a un MCI Honda GX – 35, buscando la mejor eficiencia posible cuando se utiliza etanol como fuente de energía.

- Se realizará la caracterización del motor sobre un dinamómetro de banco, en el cual se pondrá el motor en diferentes puntos de velocidad y carga, para en estos obtener datos de desempeño, operación y consumo.
- Realizar la revisión bibliográfica de la incidencia de la relación de compresión y contenido de la mezcla en la eficiencia del vehículo, así como el cambio de carburador a inyección electrónica.
- Se harán las modificaciones pertinentes, basados en la bibliografía existente, para adaptar el motor a que funcione óptimamente con etanol a inyección electrónica.

Objetivo específico 3: Diseñar los sistemas eléctricos del vehículo, motor de arranque, emergency shutdown, Dead man's switch y sistema general. De acuerdo con las especificaciones del reglamento de la competencia Shell Eco - marathon.

- Analizar el reglamento para definir las restricciones frente al diseño y construcción de cada sistema del vehículo, así como las restricciones al motor, realizando investigaciones sobre otros equipos.
- Investigar sobre las baterías óptimas para la utilización en el vehículo Shell tipo prototipo, así como realizar el diseño de todo el circuito de seguridad requerido por la competencia.
- Seleccionar el motor de arranque necesario para el MCI Honda GX – 35, especificando la manera de adaptación y accesorios requeridos para su instalación.

Objetivo específico 4: Verificar el funcionamiento del motor Honda GX – 35 trabajando con inyección electrónica y arranque eléctrico.

- Luego de realizar las modificaciones, se va a encender el motor para verificar mediante la ECU parámetros de operación como velocidad, calidad de la mezcla y la potencia.

Resultados y Análisis de Resultados

Definición de necesidad de potencia.

Considerando que el principal motivo para realizar las modificaciones al motor es su posterior utilización en el vehículo tipo prototipo Supermileage para la SEM, se debe realizar el cálculo de la potencia que debe tener el mismo para superar las fuerzas resistivas e iniciar el movimiento.

Para realizar el análisis de las fuerzas resistivas presentes en el movimiento del vehículo, se hace el cálculo de la fuerza generada por la fricción de las llantas, la fuerza que ejerce el aire y la inercia relacionada con el peso del vehículo. Se calculará entonces, las resistencias que se oponen al avance de un vehículo tipo prototipo de las siguientes dimensiones:

- Altura (h) : 1000 mm
- Ancho (a) : 1000 mm
- Distancia entre ejes: 1000 mm
- Longitud : 2500 mm
- Peso : 100 kg

Dichas dimensiones se eligen teniendo en cuenta el Reglamento para la competencia, vigente en el 2020, sección 3B – artículo 39 (SHELL, 2018). De la misma manera, considerando la participación en octubre del año 2019 en Brasil, a una temperatura promedio de 26°C, se aproximan las siguientes propiedades en el aire:

- Densidad del aire : 1,18 kg/m³
- Gravedad: 9,7881312228638 m/s²
- C (Drag) : 0,15

Llantas:

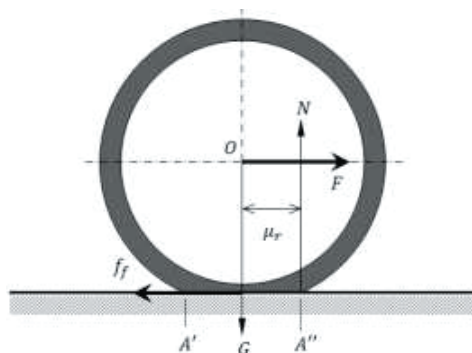
	Rueda delantera	Rueda trasera
Diámetro nominal	24 in	26 in
Diámetro	23 in	25 in
Ancho interior	1,95 (5 cm)	1,95 (5 cm)

Fuente: (Pulgarin & Zabala, 2013)

Cálculo de Resistencia por Rodadura R_r .

Tiene su origen en la deformación del neumático y el suelo. Representa el esfuerzo que realiza una rueda para poder desplazarse en contacto con el suelo. Debido al peso concentrado sobre las ruedas, los neumáticos ejercen presión sobre el terreno, esta presión hace que el neumático no se apoye solo sobre un punto, sino sobre una superficie plana como se muestra en la figura 1, que origina el rozamiento con el terreno y por lo tanto la resistencia a la rodadura (Correa Sánchez, 2010). Para el coeficiente de rodadura se tomará un valor promedio de 0,0055 para neumáticos de bicicletas de BMX. Se supone una masa total de todo el carro con el piloto a bordo y abastecido de combustible de: 100 kg.

Figura 1. Esquema de rodadura de un neumático.



Ecuación 1. Peso del vehículo.

$$\begin{aligned}\therefore \mathbf{P} &= \mathbf{mg} \\ \mathbf{P} &= 100 \text{ kg} \times 9.78 \text{ m/s}^2 \\ \mathbf{P} &= 978 \text{ N}\end{aligned}$$

Ecuación 2. Resistencia por rodadura.

$$\begin{aligned}\mathbf{R}_r &= \mathbf{PC}_r \\ \mathbf{R}_r &= 978 \times 0,0055 = 5,4 \text{ N}\end{aligned}$$

Cálculo de Resistencia por Pendiente R_p .

Es la que se opone al avance del vehículo cuando sube una pendiente, pues necesita una mayor fuerza de propulsión para vencer la resistencia ejercida por la pendiente, de forma habitual la pendiente se expresa en x metros de subida por cada 100 metros recorridos horizontalmente. Considerando situaciones extremas, se toma un gradiente en la pista de 2%, aunque en la competencia se considera el terreno completamente plano:

Ecuación 3. Resistencia por pendiente.

$$\begin{aligned}\mathbf{R}_p &= \mathbf{P} \times \% \text{Pendiente} \\ \mathbf{R}_p &= 978 \text{ N} \times 0,02 = 19,56 \text{ N}\end{aligned}$$

Cálculo de Resistencia por inercia R_i .

Está originada por un incremento de velocidad, por lo tanto se manifiesta solamente en el transcurso de las variaciones de velocidad y tiende siempre a oponerse a éstas variaciones, además viene determinada por la energía absorbida por el vehículo para

producir el incremento de velocidad. Esta resistencia se puede despreciar, debido a que se piensa trabajar en un régimen de velocidad constante de 30 km/h.

$$R_j = 0$$

Cálculo de Resistencia Aerodinámica R_a .

Esta es la resistencia más estudiada, pues interviene directamente en el consumo del vehículo y en la estética del mismo. Se trata de disminuir cubriendo las ruedas y construyendo vehículos con perfiles más aerodinámicos.

Ecuación 4. Resistencia aerodinámica.

$$R_a = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times C \times V^2$$

Donde:

C (Coeficiente aerodinámico de resistencia) = 0,15

A (Área frontal) = 1 m².

V (Velocidad promedio) = 30 km/h = 8,33 m/s

P (Densidad del aire) = 1,18 kg/m³.

Reemplazando se tiene que:

$$R_a = \frac{1}{2} \times 1,18 \times 1 \times 0,15 \times 8,33^2 = 6,14 \text{ N}$$

Cálculo de la Potencia total requerida por el motor W.

Se procede entonces a determinar la potencia necesaria para superar cada una de las resistencias que impiden el movimiento del vehículo a una velocidad determinada.

Ecuación 5. Cálculo de la potencia total requerida.

$$W = (R_a + R_p + R_r + R_l) \times V$$

$$W = (5,4 \text{ N} + 19,56 \text{ N} + 6,14 \text{ N})(8,33 \text{ m/s})$$

$$W = 259 \text{ W} = 0,35 \text{ HP}$$

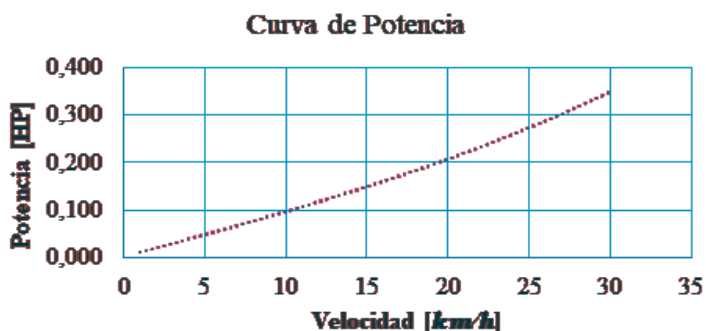
En la tabla 2, se muestran los valores de necesidad de potencia para diferentes velocidades.

Tabla 2. Tabulación necesidad de potencia

$V [km/h]$	$V [m/s]$	$R_a [N]$	$R_p [N]$	$R_r [N]$	$W [J.s]$	$W [HP]$
1	0,278	0,007	19,56	5,4	6,935	0,009
2	0,556	0,027	19,56	5,4	13,882	0,019
3	0,833	0,061	19,56	5,4	20,851	0,028
4	1,111	0,109	19,56	5,4	27,855	0,037
5	1,389	0,171	19,56	5,4	34,904	0,047
6	1,667	0,246	19,56	5,4	42,010	0,056
7	1,944	0,335	19,56	5,4	49,184	0,066
8	2,222	0,437	19,56	5,4	56,438	0,076
9	2,500	0,553	19,56	5,4	63,783	0,086
10	2,778	0,683	19,56	5,4	71,230	0,096
11	3,056	0,826	19,56	5,4	78,791	0,106
12	3,333	0,983	19,56	5,4	86,478	0,116
13	3,611	1,154	19,56	5,4	94,301	0,126
14	3,889	1,338	19,56	5,4	102,272	0,137
15	4,167	1,536	19,56	5,4	110,402	0,148
16	4,444	1,748	19,56	5,4	118,703	0,159
17	4,722	1,973	19,56	5,4	127,186	0,171
18	5,000	2,213	19,56	5,4	135,863	0,182
19	5,278	2,465	19,56	5,4	144,744	0,194
20	5,556	2,731	19,56	5,4	153,842	0,206
21	5,833	3,011	19,56	5,4	163,167	0,219
22	6,111	3,305	19,56	5,4	172,731	0,232
23	6,389	3,612	19,56	5,4	182,546	0,245
24	6,667	3,933	19,56	5,4	192,622	0,258
25	6,944	4,268	19,56	5,4	202,972	0,272
26	7,222	4,616	19,56	5,4	213,606	0,286
27	7,500	4,978	19,56	5,4	224,536	0,301
28	7,778	5,354	19,56	5,4	235,773	0,316
29	8,056	5,743	19,56	5,4	247,329	0,332

A partir de la tabla obtenida, se puede crear una curva que relacione la potencia vs. velocidad requerida en un MCI, se presenta en la gráfica 1, en donde a una velocidad de 30 km/h la potencia requerida son 0,35 HP, con esto se puede decir que es la potencia mínima que necesita el vehículo para funcionar, por lo que el motor elegido debe tener una potencia mínima de 0,35 HP o 0,26 kW.

Figura 2. Necesidad de potencia vehículo Supermileage.



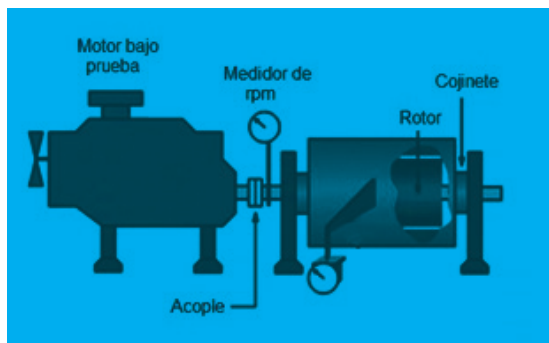
Caracterización del Motor de Combustión Interna Honda GX-35.

Una forma habitual de mostrar las prestaciones, emisiones o parámetros de funcionamiento de interés de un motor es hacerlo de forma gráfica mediante lo que se conoce como curvas características. En general, las curvas características presentan uno o varios parámetros de interés (prestaciones, emisiones o parámetros de funcionamiento) en función de condiciones operativas del motor. Los parámetros de interés más habituales son la potencia, el par o la PME, el consumo o rendimiento y las emisiones específicas, aunque dependiendo del uso pueden encontrarse curvas características que representen el dosado, la tasa de EGR, los caudales y temperaturas de fluidos o, en general, cualquier otro parámetro que pueda tener interés para una determinada aplicación

La curva característica para el motor Honda GX – 35 es la curva de velocidad, en la cual, para un grado de carga constante, se muestra el parámetro de interés, en este caso torque, potencia y consumo específico de combustible, en función del régimen de giro. Dicha curva permite conocer de forma sencilla la potencia y el par máximos y a qué regímenes se dan. Se realizan en condiciones de accionamiento máximo del acelerador. Dicha curva se obtiene con ayuda de un dinamómetro eléctrico, propiedad del laboratorio de motores de combustión interna de la Universidad Tecnológica de Pereira, en la prueba se utiliza como fuente de energía dos combustibles: gasolina y etanol, ambos en un porcentaje de 100%.

Mediante el uso de un dinamómetro mide la potencia de salida de alguna fuente giratoria, actúa como una carga que es soportada por el generador de movimiento sometido a prueba. El equipo con el que cuenta la Universidad Tecnológica es un dinamómetro eléctrico donde la carga que se le impone al generador de movimiento es un motor eléctrico que varía su resistencia de acuerdo con unos elementos que se le conectan, en las pruebas realizadas, se utiliza, primero como carga una estufa eléctrica, la cual tiene dos niveles de resistencia y segundo, un banco de resistencias que varía su valor de acuerdo con la configuración utilizada. La capacidad o respuesta del motor Honda GX – 35 a las fuerzas aplicadas se registra en un instrumento de medición de marca Futek, referencia IHH500, conectado a un computador, obteniendo gráficas y una base de datos tabulados por velocidad, torque y potencia. En la figura 3 se muestra un esquema básico del dinamómetro eléctrico.

Figura 3. Partes básicas de un dinamómetro eléctrico.



Para realizar las pruebas, el motor Honda GX – 35 se debe conectar al rotor mediante un acople tipo araña, para esta unión se fabrica un eje en acero 1020, se instala el eje fabricado para transmitir el movimiento entre el motor eléctrico y el cigüeñal del MCI, sustituyendo el embrague. En el acople de estos dos, se encuentra una rueda dentada que es la encargada de medir la velocidad y posición del cigüeñal del motor. Al empezar a realizar las pruebas y debido al régimen de giro del MCI (4000 rpm a 7000 rpm) se hace necesario replantear la carga ejercida en el rotor o motor eléctrico, por lo que se realiza un circuito para poder graduar en un rango más amplio la resistencia ejercida por la estufa eléctrica, colocando un potenciómetro. Con los datos obtenidos de esta primera prueba se construye la gráfica 2, caracterizando la operación del MCI con 100% gasolina y sin modificaciones. La toma de datos se realiza capturando varios puntos en los que se logra estabilizar el motor y con ayuda del equipo IHH500, al cual se le toman fotografías y se construye la tabla 5, también se efectúa la medición del consumo específico de combustible, mediante un buretrol, conectado a la línea de alimentación de combustible y un cronómetro para medir el consumo en un minuto. El anterior método tiene un gran margen de incertidumbre, ver figura 4.

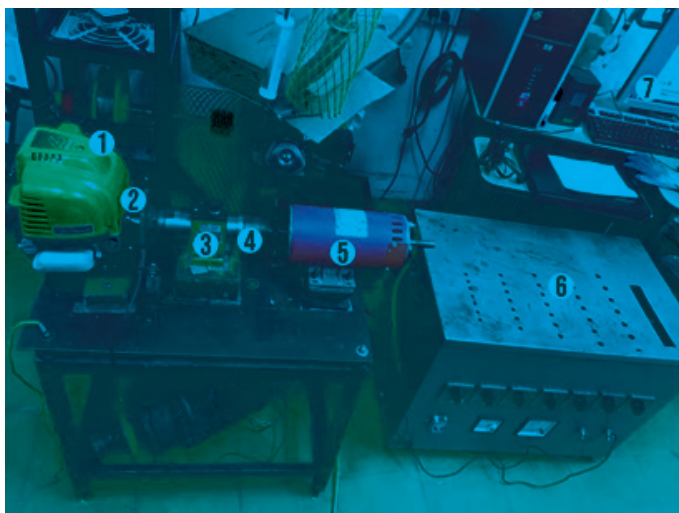
Figura 4. Dinamómetro eléctrico, configuración prueba 1.

- (1) MCI. Honda Gx-35. (2) Acople tipo araña. (3) Motor eléctrico. (4) Circuito equipado con un potenciómetro para regular la resistencia. (5) FUTEK IHH500 indicador de proceso. (6) Voltímetro FLUKE. (7) Estufa eléctrica.



En la segunda prueba, se emplea un banco de resistencias, la carga aplicada al MCI depende de la configuración este, se realizan 8 configuraciones diferentes, en cada una se toman los datos con ayuda del equipo IHH500 conectado al computador, lo que agrega mayor confiabilidad a la base de datos obtenida por este método (figura 5).

Figura 5. Dinamómetro eléctrico, configuración prueba 2.
 (1) MCI. Honda Gx-35. (2) Rueda dentada con CKP. (3) Conector de equipo FUTEK IHH500. (4) Acople tipo araña. (5) Motor eléctrico. (6) Banco de resistencias. (7) Computador



Caracterización con Gasolina.

A partir del primer método utilizado, se obtiene la tabla 3, provista de 24 datos de los cuales se realiza la figura 6.

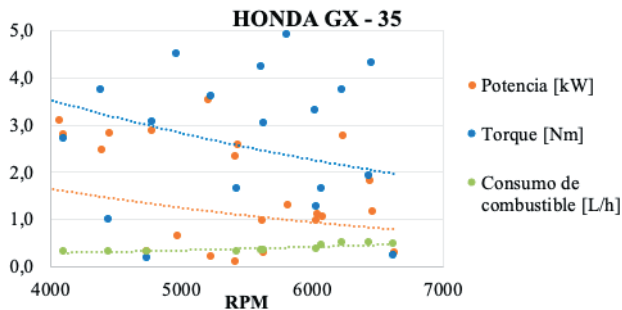
Tabla 3. Datos Prueba 1 - Gasolina

Velocidad [rpm]	Torque [N.m]	Potencia [kW]
4070	6,0542	3,1117
4097	2,7189	2,8095
3949	7,1724	1,8775
3977	2,7219	0,7992
4387	3,7565	2,4730
4446	1,0027	2,8464
4737	0,1908	0,3257

4776	3,0602	2,8864
4967	4,5206	0,6524
5203	7,3520	3,5381
5226	3,6239	0,2334
5413	5,7019	2,3396
5406	5,4932	0,1164
5426	1,6629	2,5911
5611	4,2320	0,9829
5625	3,0360	0,3079
5806	4,9104	1,3058
6033	1,2774	1,1264
6071	1,6554	1,0756
6022	3,3212	1,0014
6227	3,7452	2,7930
6436	1,9378	1,8410
6455	4,3164	1,1769
6621	0,2368	0,2986

La siguiente gráfica es obtenida mediante los datos de la tabla anterior, en ella se muestran las curvas de caracterización del motor Honda GX – 35, funcionando con gasolina y sin modificaciones, son obtenidos por el método utilizado en la prueba 1.

Figura 6. Caracterización del motor Honda GX – 35 trabajando con gasolina sin modificaciones.



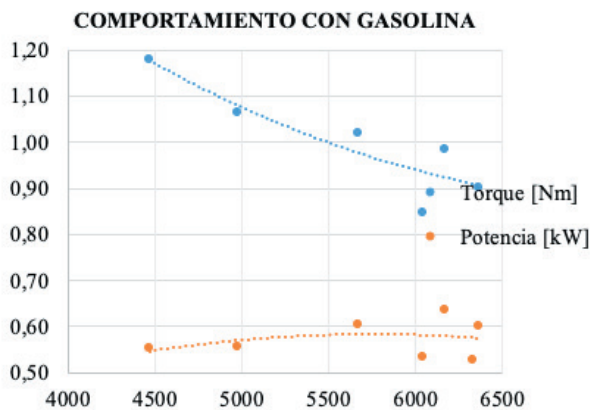
Con el montaje realizado para la segunda prueba se obtienen los datos de la tabla 4. Estas tablas son el resultado de una toma promedio de 600 datos en cada resistencia, con el que se tiene una mayor confiabilidad en las muestras. A continuación, se presenta la tabla obtenida con el MCI funcionando con gasolina.

Tabla 4. Datos obtenidos prueba 2 - gasolina

GASOLINA			
Resistencia	Velocidad [rpm]	Torque [Nm]	Potencia [kW]
1	6360	0,90	0,60
2	6173	0,99	0,64
3	6039	0,85	0,54
4	5667	1,02	0,61
5	4977	1,07	0,56
6	4470	1,18	0,55
7	3757	1,58	0,62
VACÍO	6332	0,80	0,53

A partir de los datos obtenidos en la anterior tabla, se realizan las curvas características presentadas en la figura 7.

Figura 7. Caracterización del motor Honda GX – 35 trabajando con gasolina sin modificaciones.



Caracterización con Etanol.

Después de caracterizar el motor con gasolina, se realiza la misma prueba con etanol, biocombustible que sustituirá el uso del combustible fósil. Al realizar la prueba se deben tener las siguientes precauciones:

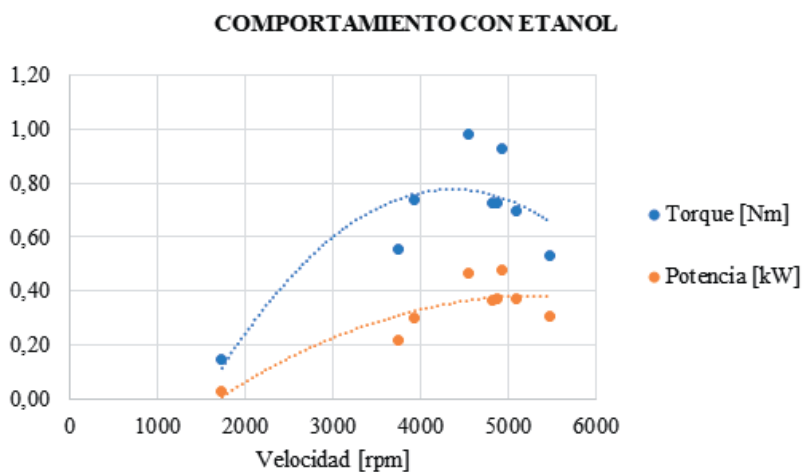
- Cerrar la válvula de “choke”, encargada de la entrada de aire, para poder encender el motor.
- Limpiar completamente la gasolina que se encuentre en la manguera de suministro de combustible.
- Encenderlo y dejar que funcione 5 minutos con etanol, esto, con el fin de eliminar cualquier residuo de gasolina.
- Al finalizar la prueba, volver a suministrar gasolina, puesto que el etanol es altamente corrosivo y puede oxidar los elementos del motor.
- Tener la mariposa completamente abierta.
- Variar la carga hasta llegar a la máxima que soporte el motor antes de apagarse. Se gradúa el nivel de resistencia ejercida en ocho puntos, luego se procede a calcular el promedio y recopilar los datos en la tabla 5, mostrada a continuación, con los parámetros de régimen de giro, potencia y torque.

Tabla 5. Datos obtenidos prueba 2 - Etanol

ETANOL			
Resistencia	Velocidad [rpm]	Torque [N.m]	Potencia [kW]
1	5097	0,70	0,371
2	4879	0,73	0,371
3	4921	0,93	0,479
4	4817	0,73	0,366
5	4537	0,98	0,465
6	3918	0,74	0,302
7	3736	0,56	0,218
8	1730	0,15	0,026
VACÍO	5465	0,53	0,304

Con los datos obtenidos en la anterior tabla, se procede a realizar la figura 8, en donde se presentan las curvas características del MCI funcionando con etanol 100%.

Figura 8. Caracterización del motor Honda GX – 35 trabajando con 100% Etanol sin modificaciones.



Para obtener los datos el motor debe estar funcionando por un régimen cercano a 4000 rpm, puesto que a menor velocidad se apaga inmediatamente, no es capaz con las cargas impuestas. Todas las gráficas muestran una buena respuesta en este rango, lo que no requerirá el trabajo en altos regímenes de giro, que pueden causar alto consumo de combustible. Realizando un análisis en general de las gráficas se evidencia que el comportamiento con etanol difiere completamente al obtenido con gasolina, siendo el primero el comportamiento esperado según las gráficas proporcionadas por el fabricante, en teoría, esto no debería ocurrir de manera tan drástica, pues se está variando sólo el combustible y no los parámetros geométricos del motor.

Aumento de la relación de compresión del Motor de Combustión Interna Honda GX-35.

La relación de compresión representa las veces que el volumen final queda contenido en el volumen inicial. Cuanto mayor es el índice de la relación de compresión, mayor es el rendimiento del motor, es decir, mayor es el aprovechamiento energético del combustible y tanto mayor es la energía que se logra extraer de una misma cantidad de combustible. Sin embargo, también aumentan las tensiones que se forman en el interior de la culata, mayor temperatura en todo el conjunto y de igual manera los problemas con la mezcla inflamable.

Los principales inconvenientes que puede presentar una relación de compresión elevada son los siguientes:

- El autoencendido.
- La detonación o picado.
- Esfuerzos anormales para pistón y cigüeñal.

Los parámetros geométricos de la cámara de combustión son el punto de partida cuando se pretende modificar la relación de compresión de un MCI. Por esto, se presentan las ecuaciones 6,

7, 8 y 9 con ellas se decide y explica la incidencia de variar cada parámetro para ganar compresión dentro de la cámara.

Ecuación 6. Área del pistón.

$$A_p = \frac{\pi D^2}{4}$$

Ecuación 7. Volumen desplazado.

$$V_D = S \frac{\pi D^2}{4}$$

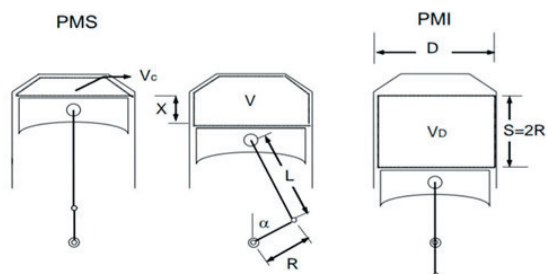
Ecuación 8. Relación de compresión.

$$RC = \frac{V_D + V_C}{V_C}$$

Ecuación 9. Volumen total.

$$V_T = Z V_D$$

Figura 8. Parámetros geométricos de la cámara de combustión.



En la ecuación 9, se evidencia que el volumen desplazado es directamente proporcional a la carrera y el diámetro del pistón. En el caso del MCI Honda GX - 35 es más factible modificar la carrera que el diámetro, ya que incurriría en cambios al interior de la cámara, proceso que se dificulta por la manufactura requerida.

Recolectando información de diversas investigaciones sobre el desempeño de un MCI al operar con diferentes mezclas de etanol, donde se evalúan parámetros principales como torque de salida, consumo específico de combustible, eficiencia térmica y eficiencia volumétrica, se encuentra que para dichas pruebas y evaluaciones varían la relación de compresión y la mezcla de etanol – gasolina. En la tabla 6, se realiza una recolección de todos los autores consultados, con el porcentaje de mezcla, la relación de compresión inicial (RC1), la relación de compresión final (RC2) y el porcentaje que corresponde al aumento de esa relación de compresión.

Tabla 6. Listado porcentual del aumento de la RC según bibliografía.

Autor	%E	RC 1	RC 2	% Aumentado
(Costa & Sodré, 2011)	E22	10	12	20,00%
(Y�cesu, Melih, Tolga, & Can, 2006)	E40 E60	– 8	13	62,50%
(Wei - Dong, Rong - Hong, Tsung - Lim, & Ta - Hui, 2002)	E0 – E30	9,5		
(Bahattin, 2008)	E50	6	10	66,67%
(Eyidogan, Ozsezen, & Canakci, 2010)	E10		10,4	
(Park, y otros, 2010)			10	
(Topg�l & H�seyin, 2006)	E20	5	10	100,00%
(Wu, Chen, Pu, & Lin, 2004)	E0 – E50			
(Schifter, Gómez, & Gonzales, 2013)	E0 – E40		10,5	
(Wu, y otros, 2011)	E0 – E100		11,5	
(Kumar, Trivedi, Mahara, & Butola, 2013)	E5 – E20		9,2	
(ÇENGEL & BOLES, 2011)	E0 E100	– 9,5	11	15,79%
(Gavira, 2009)	E10 E85	– 12,5	14	12,00%
PROMEDIO				46,20%

Al promediar dichos porcentajes, se encuentra que un aumento de RC adecuado es del 46,20% en relación con el inicial que tenga el vehículo, en el caso del MCI Honda GX – 35 la RC1 es de 8:1, por lo cual la RC2 debería ser, aproximadamente, de 11.6:1, aumento que se dificulta al considerar el tamaño del motor

y el material que se debe agregar al pistón o modificaciones a toda la cámara de combustión. Para esto, se realizan los siguientes cálculos, en donde se toma en cuenta el volumen de la cámara de combustión y la relación de compresión a la que se quiere llegar.

En la tabla 8, se tabulan los cambios de RC con las ecuaciones 8, 9 y los datos de la tabla 4, en donde se especifican los parámetros geométricos del motor: Con la ecuación 9, se encuentra el volumen de la cámara de combustión inicial, diferenciado con el subíndice i . Recordando que el inicial es con una $RC1 = 8$.

Ecuación 8. Relación de compresión.

$$RC = \frac{V_D + V_{Ci}}{V_{Ci}}$$

$$\therefore 8 = \frac{V_{Ci} + 35,85}{V_{Ci}}$$

Ecuación 9. Volumen cámara de combustión inicial.

$$V_{Ci} = \frac{V_{Ci} + 35,85}{8}$$

$$V_{Ci} \left(1 - \frac{1}{8}\right) = \frac{35,85}{8}$$

$$V_{Ci} = \frac{\frac{35,85}{8}}{\left(1 - \frac{1}{8}\right)}$$

$$V_{Ci} = 5,12 \text{ cm}^3$$

Para hallar el volumen de la cámara con una relación de compresión, se realiza el mismo procedimiento y de ese resultado se saca el volumen a ganar en la cámara, entendiendo como el volumen con cualquier $RC2$ diferente a 8: 1, de la siguiente manera se realiza el cálculo:

Ecuación 10. Diferencia de volumen de la cámara de combustión.

$$V_w = V_B - V_x$$

Ecuación 11. Longitud del pistón.

$$L = \frac{4V_w}{\pi D^2}$$

Donde:

V_D = Volumen total o volumen desplazado.

V_B = Volumen inicial con RC=8.

V_C = Volumen Cámara.

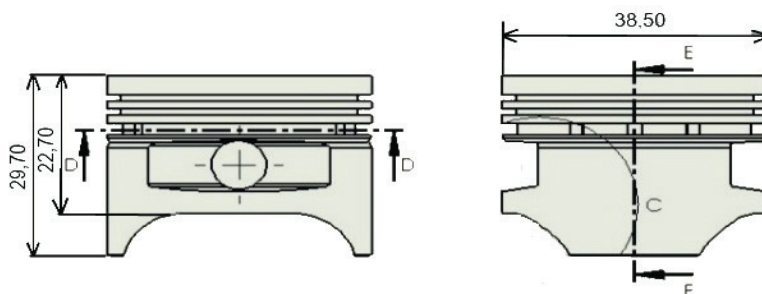
V_w = Volumen a ganar aumentando la carrera del pistón.

L = Longitud

Tabla 7. Aumento del volumen del pistón con respecto a la relación de compresión.

AUMENTO DEL VOLUMEN DEL PISTÓN CON RESPECTO A LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN					
R.C	Vt [cm³]	Vc [cm³]	Vw [cm³]	L [cm]	L [mm]
8	36,58	5,2257	0,0000	0,0000	0,0000
9,12	36,58	4,5049	0,7208	0,0603	0,6034
9,5	36,58	4,30353	0,9222	0,0772	0,7720
9	36,58	4,5725	0,6532	0,0547	0,5468
10	36,58	4,0644	1,1613	0,0972	0,9721
11	36,58	3,6580	1,5677	0,1312	1,3123
12	36,58	3,3255	1,9003	0,1591	1,5907
13	36,58	3,0483	2,1774	0,1823	1,8227
14	36,58	2,8138	2,4119	0,2019	2,0190
15	36,58	2,6129	2,6129	0,2187	2,1872
16	36,58	2,4387	2,7870	0,2333	2,3331
17	36,58	2,2863	2,9395	0,2461	2,4606

Figura 9. Dimensiones generales del nuevo pisto con $RC = 9.5$



Conclusiones

- Se analizó el uso de etanol en vehículos de transporte humano, mostrando una tendencia creciente en el uso de dicho biocombustible, sin embargo, se evidencia que no sustituirá a los combustibles fósiles. En la actualidad Colombia es capaz de reemplazar el 8,6% de la gasolina del país por etanol, pero esto no lo hace un combustible en potencia por la capacidad de producción. Además, para llegar a utilizarlo como fuente única de combustible se requiere hacer cambios en los motores y la industria automotriz no apunta en esa dirección. Se está apostando más por alternativas como el GLP y vehículos eléctricos. Actualmente en Colombia, la gasolina contiene un 8% de etanol carburante, siendo una solución para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Se desarrollaron las modificaciones necesarias en el MCI Honda GX-35 para su funcionamiento con etanol, luego de haber realizado una serie de cálculos y análisis determinando las modificaciones óptimas, teniendo en cuenta las características de este. No se pudieron realizar las pruebas al MCI después de las modificaciones realizadas, debido al difícil acceso a los laboratorios de la Universidad, por lo que se recomienda realizarlas en el futuro para verificar la eficiencia de las mejoras realizadas.

- Se diseñaron los sistemas eléctricos y de emergencia del vehículo tipo prototipo Supermilage, de acuerdo con las especificaciones del reglamento de la Shell Eco-marathon 2018. Se utilizó una placa de Arduino uno para controlar de manera óptima y confiable la ECU. Además, se verificó que el Sistema de Dead man's switch sí apagará la ECU después de dejar de pulsar el botón (ubicado en el panel de control) durante 2 segundos. También se realizó una buena instalación y distribución de todo el cableado del sistema para entender más claramente todas las conexiones realizadas.

- Se verificó el funcionamiento del MCI Honda GX – 35 con etanol e inyección electrónica. Utilizando la ECU para poder controlar perfectamente todo el sistema de inyección, modificando los tiempos de inyección de combustible y la relación de aire-combustible. Siendo esta la única prueba que se pudo realizar por los inconvenientes presentados.

Bibliografía

- Bahattin, C. (2008). Experimental determination of suitable ethanol-gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine. *Applied Thermal Engineering*, 396 - 404.
- Cadena, Á. I., Gonzales, O. V., & Baéz, O. (2014). Eficiencia Energética en Colombia, estrategias y metas. *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COLOMBIA.*, (pág. 34). Bogotá.
- ÇENGEL, Y. A., & BOLES, M. A. (2011). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. (7ta. edición ed.). Ed. McGraw-Hill: Boston,. doi:ISBN: 007352932
- Cerpa, M. G. (24 - 27 de Abril de 2005). Conference: XXI Congreso Interamericano de Ingeniería Química Volume: I. *Producción del etanol anhidro como aditivo para la gasolina a partir de la caña de azúcar de la región del río Huallaga*. Lima, Perú. Obtenido de <http://www.aaiq.org.ar/home/index.pl?id=3101&isa=HpgArticulo&op=show>

- Correa Sánchez, J. M. (2010). Modelado y simulado de vehículos de competición. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Costa, R. C., & Sodré, J. R. (2011). Compression ratio effects on an ethanol / gasoline fuelled engine performance. *Applied Thermal Engineering*, 31.
- Eyidogan, M., Ozsezen, A. N., & Canakci, M. (2010). Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the performance and combustion characteristics of an SI engine. *Fuel*, 2713 - 2720.
- Gavira, L. G. (2009). Diseño, construcción y prueba de sistema flexfuel (E85) de alta eficiencia con turbocompresor implementado en un vehículo con motor de aspiración atmosférica. Colombia.
- Gaviria, L. G., Ospina, S., & Quirama, L. F. (2017). *Efecto de la mezcla combustible E20 en el parque automotor colombiano*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- INCAUCA S.A.S. (2020). *Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado*. Obtenido de <https://www.incauca.com/es/producto/etanol-anhidro-combustible-desnaturalizado/>
- Kumar, J., Trivedi, D., Mahara, P., & Butola, R. (2013). Performance Study of Ethanol Blended Gasoline Fuel in Spark Ignition Engine. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 71 - 78.
- Ospina Castro, S. (2014). DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES EN REGÍMENES DE ESTADO ESTABLE DE UN VEHÍCULO LIVIANO OPERANDO CON MEZCLAS DE ETANOL Y GASOLINA E20. Pereira, Risaralda, Colombia. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4957/62143083.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Park, C., Choi, Y., Kim, C., Oh, S., Lim, G., & Moriyoshi, Y. (2010). Performance and exhaust emission characteristics of a spark ignition engine using ethanol and ethanol-reformed gas. *Fuel*, 2118 - 2125.
- Pulgarin, M. A., & Zabala, J. D. (Junio de 2013). Diseño, construcción y pruebas de un vehículo prototipo supermilage. Pereira, Colombia.
- Schifter, I., Gómez, J. P., & Gonzales, U. (2013). Combustion characterization in a single cylinder engine with mid-level hydrated ethanol–gasoline blended fuels. *Fuel*, 292 - 298.
- Sector Agroindustrial de la Cabaña. (2019). *EL SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO EN LA ACTUALIDAD*. Obtenido de ASOCAÑAS: <https://www.asocana.org/publico/info.aspx?Cid=215>
- SHELL. (2018). *Reglas Shell Eco - Marathon*.
- Shell. (2018). *Reglas Shell Eco - Marathon* .
- SHELL. (2020). *Shell Global*. Obtenido de https://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon/for-participants/_jcr_content/par/toptasks_1617110573.tream/1567474359680/33d5a727e8ca81d2eeced68039b9ff1d148a180/shell-eco-marathon-2020-official-rules-chapter-one.pdf
- Topgül, T., & Hüseyin, S. (2006). The effects of ethanol–unleaded gasoline blends and ignition timing on engine performance and exhaust emissions. *Renewable Energy*, 2534 - 2542.
- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. (2020). *Energy Efficiency Renewable Energy*. Obtenido de Vehículos de Combustible - Flexible: <https://www.fueleconomy.gov/feg/esflectech.shtml>

- Wei - Dong, H., Rong - Hong, C., Tsung - Lim, W., & Ta - Hui, L. (2002). Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels. *Atmospheric Environment*, 403 - 410.
- Wu, C. -W., Chen, R. -H., Pu, J. -Y., & Lin, T. -H. (2004). The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels. *Atmospheric Environment*, 7093 - 7100.
- Wu, X., Daniel, R., Tian, G., Xu, H., Huang, Z., & Richardson, D. (2011). Dual-injection: The flexible, bi-fuel concept for spark-ignition engines fuelled with various gasoline and biofuel blends. *Applied Energy*, 2305 - 2314.
- Yücesu, H. S., Melih, O., Tolga, T., & Can, Ç. (2006). Effect of ethanol - gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios. *Applied Thermal Engineering*, 2272.

**Vicerrectoría de Investigaciones,
Innovación y Extensión**
Colección Trabajos de Investigación

eISBN 978-958-722-499-3