

ISSN: 2683-1597

# Project Design and Management



Julio - Diciembre, 2020

VOL. 2 NUM. 2



<https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management>

## **EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL**

### **Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe**

Luis Alonso Dzul López. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Roberto Alvarez. Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Lázaro Cremades. Universidad Politécnica de Cataluña, España

### **Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados**

Alina Eugenia Pascual Barrera. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
José del Carmen Zavala Loría. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Susana de León. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Marco Antonio Rojo Gutiérrez. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Otto Ortega. Universidad Autónoma de Campeche, México  
Alberto Gaspar Vera. Universidad Nacional de Lanús, Argentina  
Antonio López. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

### **Gestora de la revista / Journal Manager / Gerente de revista**

Beatriz Berrios Aguayo – Universidad de Jaén, España.

### **Consejo Científico Internacional / International scientific committee / Conselho científico internacional**

Miguel Angel López Flores Instituto Politécnico Nacional, México  
Brenda Brabo Diaz. Instituto Politécnico Nacional, México  
Fermín Ferriol Sánchez. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Miguel Ysrrael Ramírez Sánchez, Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Armando Anaya Hernández. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Ramón Pali Casanova. Universidad Internacional Iberoamericana, México  
Jorge Crespo. Universidad Europea del Atlántico, España  
María Luisa Sámano, Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España  
Carmen Varela. Centro de Investigación y Tecnología Industrial de Cantabria, España  
Alejandro Ruiz Marín, Universidad Autónoma del Carmen, México  
Asteria Narváez García. Universidad Autónoma del Carmen, México  
Ricardo Armando Barrera Cámara. Universidad Autónoma del Carmen, México  
Claudia Gutiérrez Antonio. Universidad Autónoma de Querétaro, México.  
Felipe André Angst. Universidad Católica de Mozambique, Mozambique.  
Luis Borges Gouveia. Universidade Fernando Pessoa, Portugal.  
Rodrigo Florencio da Silva. Instituto Politécnico Nacional, México.  
Charles Ysaacc da Silva Rodrigues. Universidad de Guanajuato, México.

### **Patrocinadores:**

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana  
Universidad internacional Iberoamericana. Campeche (México)  
Universidad Europea del Atlántico. Santander (España)  
Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto Rico (EE. UU)  
Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

### **Colaboran:**

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de Cantabria (CITICAN)  
Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) - Universidad de Jaén  
Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de Campeche (CITTECAM) – México.



## SUMARIO • SUMMARY • RESUMO

---

- Editorial .....6
- Evaluación de Constructividad en Proyectos BIM en Brasil.....7  
Constructibility Assessment in BIM Projects in Brazil  
*Keila Kotaira. International Iberoamerican University (Mexico)*
- Una estrategia metodológica para la optimización de procesos de producción de música POP, basada en modelos computacionales.....23  
Methodological Strategy for Optimization of Production Processes of Pop Music, Based on Computational Models  
*Carlos Alberto Rodríguez, María Paz López-Pelaez, María, Jon Arambarri. Institución Universitaria Antonio José Camacho (Colombia) / Universidad de Jaén (España) / Fundación Universitaria Iberoamericana (España)*
- Diseño socio-técnico de los servicios de tercer nivel de atención salud pública de la región Cusco, Perú.....43  
Socio-technical design of third-level public health care services in the Cusco region, Peru  
*Efrain Ugarte-Salva, Aldo Alvarez-Risco. Universidad Andina del Cusco (Perú) / Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Tecnológica: Lima (Perú)*
- Factores de éxito de MIPYMES del sector salud, ciudad de Huancayo – Perú, 2020 .....59  
Success Factors of MSMEs in the Health Sector, City of Huancayo - Peru, 2020  
*Joel Benedicto Vilchez Gutiérrez, Aldo Alvarez-Risco. Universidad Internacional Iberoamericana (Perú) / Universidad de Lima (Perú)*
- Aspectos relevantes de los proyectos de desarrollo en organizaciones indígenas del Cauca .....79  
Aspectos relevantes de los proyectos de desarrollo en organizaciones indígenas del Cauca  
*Francisco Javier Gonzalez Mejia. Universidad del Cauca (Colombia)*
- Determinación del uso del mucilago de nopal en la construcción de la época colonial (caso Convento de San Diego) .....95  
Determining the use of nopal mucilage in the construction in colonial times (case of Convent of San Diego)  
*Angel Vicente Silva Cascante, Carlos Andrés Vásquez Mora, Guadalupe Del Rosario Uría Cevallos. Universidad Internacional Iberoamericana (Ecuador) / Unidad de Laboratorio y Análisis – INPC (Ecuador) / Silva & Uría – Construcción y Restauración (Ecuador)*





## Editorial

En MLS Project Design & Management nos complace presentar este nuevo número destacando, una vez más, el esfuerzo en conjunto de nuestro grupo de colaboradores y enfatizando, nuevamente, la innovación como una herramienta primordial en el desarrollo científico-tecnológico y su importancia a través del trabajo creativo, colaborativo e integral, que permita ampliar los conocimientos tanto del hombre, la cultura y la sociedad en el diseño de nuevos proyectos. En esta nueva edición, se incluyen diferentes temáticas presentadas en 6 artículos que han sido seleccionados para abordar desde la información de proyectos BIM, pasando por la importancia de generar nuevas estrategias metodológicas que incluyan modelos computacionales, tecnología musical y reglas básicas de composición armónica, hasta la integración de propuestas en el ámbito de la salud y la identificación experimental de componentes orgánicos.

En el primer artículo se presenta un estudio sobre los proyectos de construcción (BIM) en relación con sus criterios antes de proceder a su logro, identificando que el propósito primordial no debe ser la automatización de los resultados sino el poder identificar cómo y cuándo extraer información de proyectos BIM para poder alcanzar la Evaluación de la Constructibilidad del Edificio.

En el segundo artículo se aborda, a través de modelos computacionales, el diseño de una estrategia metodológica que integra herramientas como lenguajes de programación, diseño y reutilización de algoritmos, así como la ejecución de procesos estocásticos discretos que generan melodías acotadas por reglas básicas de composición de música Pop. Todo esto con la finalidad de poder reproducirlos, de forma controlada, por un dispositivo denominado MIDI (Musical Instrument Digital Interface).

En el tercer artículo, se presenta una propuesta de rediseño del sistema público de atención de salud del tercer nivel de la región de Cusco en Perú, con la finalidad de mejorar la capacidad resolutoria de los hospitales en el tratamiento de enfermedades crónico degenerativa. El estudio toma importancia al abordar la necesidad de continuar con investigaciones de mayor detalle sobre las enfermedades no transmisibles y reemergentes.

El éxito empresarial se aborda en el cuarto artículo, utilizando indicadores de tipo financiero como la rentabilidad, productividad y crecimiento de ventas, los cuales son factores para el éxito de las Mipymes del Sector Salud de la ciudad de Huancayo en Perú que se presentan a través de un modelo econométrico. Los resultados establecen que la fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de las TIC, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio y la publicidad en redes sociales, son factores significativos para el modelo.

Continuando con el artículo cinco, se presenta una temática que aborda la identificación de los aspectos más relevantes en los proyectos de desarrollo para el contexto indígena Caucaño en Colombia, principalmente desde la visión de las organizaciones sociales indígenas y sus expertos. Los resultados establecen que existen buenos conocimientos a nivel conceptual por parte de los formuladores, pero no es suficiente para tener el nivel de experticia requerido para formular y evaluar proyectos de inversión pública en el contexto indígena Caucaño.

Finalmente, en el último artículo de este número, se presenta un estudio experimental en el cual se identificó la existencia de componentes orgánicos a partir del análisis de fragmentos de construcción del convento de San Diego en Quito Ecuador. Estos fragmentos pertenecían a diferentes periodos coloniales entre 1597 y 1700, llegando a la conclusión de que existe la presencia del mucílago del nopal como componente de la construcción en la época colonial.

Para nosotros es importante, antes de finalizar este editorial, agradecer la labor desarrollada de todo el equipo de colaboradores, informático y técnico, así como a la Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) y a las Universidades que han proporcionado todo el apoyo material para que este número pueda llevarse a cabo, con la convicción de que estamos en el camino correcto hacia el reconocimiento internacional.

Dr. Luis A. Dzul López  
Dr. Roberto M. Álvarez  
Editores en Jefe

**Cómo citar este artículo:**

Kotaira, K. (2020). Evaluación de Constructividad en Proyectos BIM en Brasil. *Project, Design and Management*, 2(2), 7-23. doi: 10.35992/pdm.v2i2.446

## **EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIVIDAD EN PROYECTOS BIM EN BRASIL**

**Keila Kotaira**

Universidad Internacional Iberoamericana (México)

[kotaira@gmail.com](mailto:kotaira@gmail.com)

**Resumen.** Esta investigación se derivó de una parte de la base teórica de la tesis de maestría del autor, desarrollada en conjunto con el Programa de Maestría en Diseño, Gestión y Gestión de Proyectos, en la Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI-México (UNINI-MX). El autor tiene experiencia en proyectos en el sector de la construcción, su compatibilidad y enseñanza del software específico utilizado en este segmento, y se motivó al observar el contexto en la práctica y la vergüenza personal. En otros países, es una realidad, y no una novedad, aprobar los puntajes de los proyectos de construcción, en relación con sus criterios de construcción, antes de proceder a su logro. También es digno de mención que los proyectos que resultan del modelado de la información de construcción (proyectos BIM), entre otros avances tecnometodológicos entrantes de manera exponencialmente creciente en la velocidad de ocurrencia, calidad y cantidad de colaboraciones, exigen cada vez más cambios en los paradigmas en la construcción civil, pero facilitan la extracción de datos que pueden evaluarse, en relación con su capacidad de construcción, de forma automatizada. El propósito de BIM no debe ser solo la automatización de los resultados gráficos-textuales. Este trabajo buscó conceptualizar, con base en la literatura y las experiencias, cómo y cuándo extraer información de proyectos BIM que buscan automatizar la Evaluación de Constructividad del Edificio.

**Palabras clave:** Constructividad, evaluación de constructividad, edificabilidad BIM, gestión de proyectos.

## **EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIVIDAD EN PROYECTOS BIM EN BRASIL**

**Resumo.** Esta pesquisa foi derivada de uma parte do embasamento teórico da tese de mestrado do autor, desenvolvido junto ao Programa de Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos, na Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI México (UNINI-MX). O autor possui experiência em projetos do setor da construção, sua compatibilização e ensino de softwares específicos utilizados neste segmento, e foi motivado por observação do contexto na prática, e constrangimento pessoal. Nos demais países é realidade, e não novidade, a aprovação da pontuação dos projetos de edifícios, com relação aos seus critérios de construtibilidade, antes de se proceder a sua consecução. É notável também que projetos resultantes de modelagem de informações da construção (projetos BIM), dentre outros avanços tecnometodológicos entrantes de forma exponencialmente crescente na velocidade de ocorrência, qualidade e quantidade de

colaborações, cada vez mais, exigem mudanças de paradigmas na construção civil, mas facilitam a extração de dados que podem ser avaliados, com relação à sua edificabilidade, de forma automatizada. A finalidade do BIM não deveria ser somente a automatização de entregáveis gráfico-textuais. Este trabalho buscou conceituar, embasado em literatura e experiências, como e quando realizar a extração de informações de projetos BIM buscando a automatização da Avaliação de Construtibilidade de Edifícios.

**Palavras-chave:** Construtibilidade, avaliação de construtibilidade, edificabilidade BIM, gestão de Projetos.

## CONSTRUCTIBILITY ASSESSMENT IN BIM PROJECTS IN BRAZIL

**Abstract.** This research was derived from a portion of author's work developed in the theoretical basis of the author's master's degree thesis, carried out with the program Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos, at the Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI Mexico (UNINI-MX). The author has experience in construction sector projects, their multi-disciplinary compatibility and teaching of specific software used in this segment, and was motivated by observation of the context in practice, and personal embarrassment. In other countries than Brazil it is a reality, rather than a novelty, that building design scores are approved in line with their constructability criteria made prior to the subsequent execution. It is also noteworthy that projects resulting from Building Information Modeling (BIM projects), among other exponentially augmenting techno-methodological advances in the speed of occurrence, quality and quantity of collaborations, increasingly require paradigms changes in civil construction, but make it easier to extract data that can be evaluated for buildability in an automated way. The purpose of BIM should not only be to automate graphical textual deliverables. This work sought to conceptualize, based on literature and experiences. How and when to perform information extraction from BIM projects, seeking the automation process of Building Constructability Assessments.

**Keywords:** Constructability, constructability assessment, buildability BIM, project management.

## EVALUACIÓN DE CONSTRUCTIVIDAD EN PROYECTOS BIM EN BRASIL

**Resumen.** Esta investigación se derivó de una parte de la base teórica de la tesis de maestría del autor, desarrollada en conjunto con el Programa de Maestría en Diseño, Gestión y Gestión de Proyectos, en la Universidad Internacional Iberoamericana, UNINI-México (UNINI-MX). El autor tiene experiencia en proyectos en el sector de la construcción, su compatibilidad y enseñanza del software específico utilizado en este segmento, y se motivó al observar el contexto en la práctica y la vergüenza personal. En otros países, es una realidad, y no una novedad, aprobar los puntajes de los proyectos de construcción, en relación con sus criterios de construcción, antes de proceder a su logro. También es digno de mención que los proyectos que resultan del modelado de la información de construcción (proyectos BIM), entre otros avances tecnometodológicos entran de manera exponencialmente creciente en la velocidad de ocurrencia, calidad y cantidad de colaboraciones, exigen cada vez más cambios en los paradigmas en la construcción civil, pero facilitan la extracción de datos que pueden evaluarse, en relación con su capacidad de construcción, de forma automatizada. El propósito de BIM no debe ser solo la automatización de los resultados gráficos-textuales. Este trabajo buscó conceptualizar, con base en la literatura y las experiencias, cómo y cuándo extraer información de proyectos BIM que buscan automatizar la Evaluación de Constructividad del Edificio.

**Palabras clave:** Constructividad, evaluación de constructividad, edificabilidad BIM, gestión de proyectos.

## Introducción

Los proyectos resultantes del Modelado de Información de Construcción (del inglés “Building Information Modeling”, BIM), entre otros avances tecnometodológicos entrantes, requieren cambios de paradigma en la construcción civil. El objetivo de este estudio es investigar no solo los entregables BIM desde la perspectiva “Delivery Based”, basado en entregables, comúnmente proclamada por varios frentes de estudio recientes, sino el estudio con el único propósito de adoptar la mejor solución de construcción que se pueda lograr a través de la evaluación previa de constructividad realizada antes de su ejecución. Los problemas derivados de la baja constructividad resultan en graves pérdidas financieras y retrasos en los cronogramas de casi todas las obras. Algunas ni siquiera son concluidas. Esta investigación trató de verificar cómo aplicar los conceptos de constructividad a la eficiencia de los edificios, en los proyectos BIM, a fin de lograr una mejor gestión de los proyectos y una consecución optimizada de las construcciones de los edificios.

### Contextualización del Escenario Brasileño

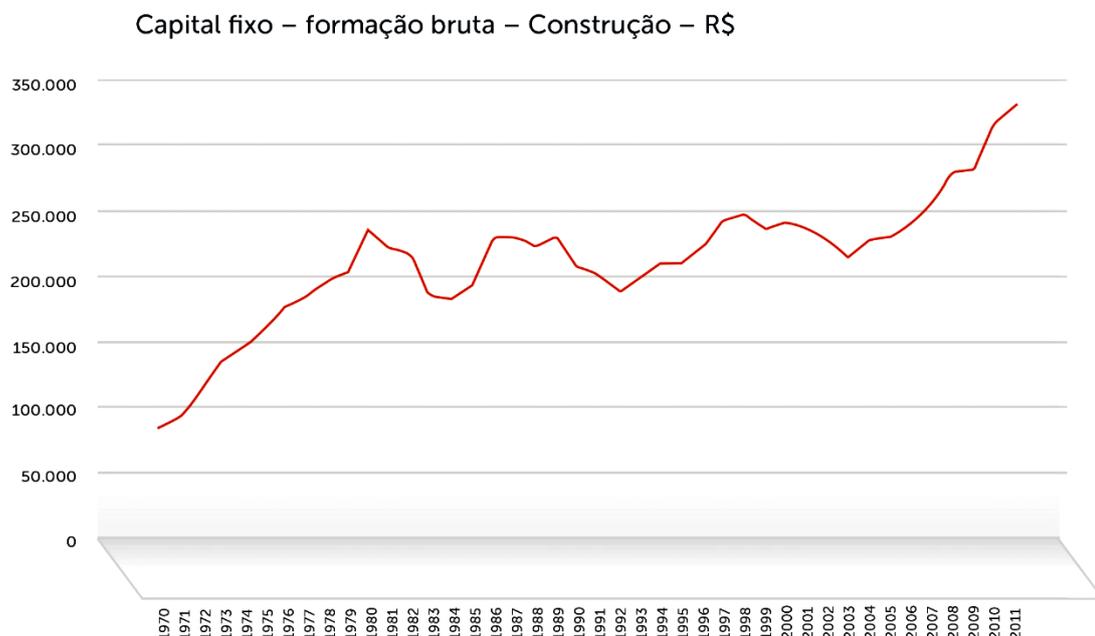


Figura 1. Capital fijo de formación bruta de la construcción en Brasil, en reales (R\$).

Nota: Fuente: IBGE (2019) [sitio web] (<https://metadados.ibge.gov.br/consulta/estatisticos/operacoes-estatisticas/>, recuperado el 01 de julio, 2019).

En la figura 1 se resume el contexto histórico de la población de la muestra. En medio siglo, la economía brasileña ha experimentado numerosas transformaciones:

Años 70: gobiernos militares e inversiones estatales.

Años 80: crisis macroeconómica, retracción de la oferta de capital de infraestructura y viviendas, aceleración de la inflación y quiebra del Banco Nacional de Habitación (BNH).

De los años 90 a los años 2000: el Plan Real, en el 1994, estableció las condiciones previas necesarias a la expansión sostenida de la economía. Reactivación de las inversiones con el Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC). Programa Mi Casa, Mi Vida (PMCMV), en el año 2009, con la expansión del crédito inmobiliario a las familias de bajos ingresos. Formación de capital fijo en construcción. Crecimiento de

Brasil, con la expansión del empleo sectorial. Pero, pasa a existir un deseo de mayor calificación y productividad.

Cabe señalar que, en todo el mundo, se considera que el sector de la construcción genera trabajo de muy bajo estatus social. Según Abdul-Aziz (2001), en Malasia, “los jóvenes locales prefieren estar desempleados a trabajar en la industria de la construcción, debido a las prácticas laborales arcaicas, el trabajo al aire libre y el predominio del trabajo temporal y ocasional”. Tanto en los países ricos como en los pobres, las personas trabajan en la industria de la construcción civil en caso de necesidad y no de elección, y abandonan el sector a la primera oportunidad. El factor más agravante es el envejecimiento de la población y la desaparición de los puestos de trabajo en la construcción durante las crisis económicas y la dificultad de recuperarlos cuando se invierte el escenario, ya que la mano de obra de la construcción civil se reabsorbe más rápidamente por otros sectores que tienden a recuperarse mucho más rápido. De acuerdo con Neri (2014), en un trabajo realizado por la FGV en asociación con el *Instituto Votorantim*, “la Construcción es el segundo sector con menos participación en la educación profesional, solo superado por la agricultura en Brasil.”

### **Metodología**

Se ha delimitado el contexto de análisis a la aplicación de los criterios de constructividad para la evaluación de proyectos BIM de edificios. Basado en la bibliografía relacionada directa o indirectamente con el tema, según sus versiones originales, o copias disponibles, en portugués e inglés. Las citaciones de autores de las referencias en inglés recibieron una traducción libre del autor. Aunque no es el objetivo de este trabajo, se deja abierta la posibilidad futura de un enfoque más específico de las /otras variables de constructividad, BIM, /otras tecnologías y metodologías entrantes, en toda su magnitud. Este trabajo se centró en una línea de investigación proyectiva y práctica, que permitió la aplicación de la evaluación de constructividad en el BIM. Siguiendo las directrices para la aplicación de la constructividad para los equipos de proyecto del *Construction Industry Institute* (CII, 2012), esta asegura que, en promedio, se genera un ahorro total del 4,3% en los costos de construcción y una reducción en el tiempo del 7,5%.

### **Conceptos y marco teórico**

En 1962, en Reino Unido, el *Survey of Problems before the Construction Industries*, popularizado como el “Emmerson Report”, se identificó como la primera publicación que abordó el tema. Se trataba de un informe encargado a Lord Emmerson por el gobierno inglés, motivado por la baja productividad, para investigar el estado de la industria de la construcción y proponer mejoras en la manera de cómo se relacionan los profesionales, constructores y clientes. El documento se describe que “en ninguna otra industria la responsabilidad del proyecto está tan alejada de la responsabilidad de la producción”, según Emmerson (1962) apud Moore (1996a, p. 56). En la *Design Buildings Wiki* inglesa (DBW, 2016) se afirma que el “Emmerson Report” motivó la identificación de los problemas derivados de la separación entre el proyecto y su realización y fomentó la solicitud de otros informes por parte del gobierno, como el “Banwell Report”, de 1964, que tenía por objeto investigar el uso de los modelos contractuales estandarizados. El “Banwell Report” concluyó que los modelos estandarizados terminaron por crear “protección y ocultación de informaciones”, segmentando la comunicación y

obstaculizando la productividad. Se criticaron “los bajos precios de las licitaciones” por no tener en cuenta otros parámetros, pero la solicitud no se aceptó en su momento, según la DBW (2016).

En 1979, la Asociación para la Investigación e Información de la Industria de la Construcción de Inglaterra (CIRIA, *Construction Industry Research and Information Association*) formuló una serie de recomendaciones a las empresas que operaban con contratos estándar ingleses y realizó varias entrevistas con constructores, que se quejaban de la “baja constructividad” (del inglés “low buildability”) causada por la mala relación y falta de entendimiento con los diseñadores. Según Moore (1996b), la “baja constructividad” se utilizaba cuando se hablaba de la baja rentabilidad que recibían los clientes por las cantidades invertidas. La primera definición del término se le atribuye a CIRIA (1983), apud Wong (2007, pág. 25), quien afirmó que: “La constructividad es la manera en la cual el diseño de un edificio facilita su construcción, sujeto a todos los requisitos generales del edificio terminado”. También ratificó la relación entre la constructividad y la fragmentación de la industria, señalada en los “Emmerson” y “Banwel Reports”. Según Moore (1996b, p. 4): “Para obtener una buena constructividad es necesario que los proyectistas y constructores sean capaces de ver la totalidad del proceso de construcción a través de los ojos del otro”. Nace así la definición de constructividad como la facilidad de construcción, y su dependencia de la integración de las ideas de las diferentes partes involucradas en una construcción. Lam, Wong y Chan (2006) y WS Atkins (1994) se acercan a las terminologías considerando que “buildability”, a veces traducida en Portugal como “edificabilidad”, se traduce en preocupación por el diseño del proyecto, mientras que “constructibilidad”, la “constructability” americana, se traduce en preocupación por todas las fases del proyecto. Según Wong (2007), incluso con sus diferencias de enfoque y desarrollo, la “buildability” y la “constructability” se tratan en la literatura como dos visiones del mismo concepto. Las investigaciones sobre los dos términos se comparan entre sí, y hay casos en que la diferencia de terminología ni siquiera da lugar a una diferencia de ideas. En Australia, por ejemplo, la “constructability” se utiliza para las dos vertientes, según Francis (1999). En Brasil, “construtibilidade” es el único término utilizado, dejando a criterio de cada publicación definir su significado.

La década de los 60 fue el momento de la ruptura con los viejos valores y de la creación de nuevos movimientos musicales, artísticos y constructivos, de acuerdo con Reis, P. R. (2006). La arquitectura de este período, llena de proyectos audaces en Brasil y en el mundo, se utilizó como un instrumento de manifestación política, social y cultural. No solo los conceptos de constructividad, sino también el BIM, tuvieron su inicio en este período conturbado. En 1974, Charles M. Eastman y su equipo del Instituto de Tecnología de Georgia (EE.UU.) crearon el Sistema de Descripción de Edificios (“Building Description System”, BDS). Según Eastman et al. (1974), el BDS demostró que la descripción, con el uso de un ordenador, de un edificio podía reproducir y mejorar los puntos fuertes de la construcción y el funcionamiento, así como eliminar los puntos débiles del proyecto. La idea introdujo la migración del dibujo realizado en la mesa de dibujo para lo realizado con el uso de un software de tipo CAD, Diseño Asistido por Ordenador, en la década de los 80. En las décadas siguientes se desarrollaron varias herramientas computacionales comerciales de tipo CAD. En 1992, Van Nederveen y Tolman utilizaron por primera vez el término “Modelado de información de construcción” (“Building Information Modelling”, BIM), en un artículo en el que se abordaban los múltiples puntos de vista del modelado de la construcción, con la idea de

que el modelado de la información de construcción fundamentaba la estructura del modelo con las diferentes perspectivas de los diversos participantes del proyecto.

Según Bryde; Broquetas; y Volm (2013), a BIM se le concedió más atención, evolucionando más a partir de la década del 2000, seguido de investigaciones que popularizaron sus ventajas, su mejor calidad y su bajo riesgo de propagación de errores. BIM cuenta con un reconocimiento y se adopta por la industria en algunos países, no obstante, en otros los esfuerzos del gobierno se concentran en promover un mayor uso y los beneficios que comporta la tecnología, como es el caso hoy en día en Brasil. BIM, de acuerdo con la *National BIM Standard - United States* (NBIMS-US, 2016), es una “representación digital de las características físicas y funcionales de una instalación, que sirve como un recurso de conocimiento compartido de su información y constituye una base fiable para las decisiones a lo largo del ciclo de vida de la construcción”. El modelado de información de construcción no solo constituye en una maqueta virtual tridimensional, sino que hace posible el control de todas las propiedades de los elementos de la construcción, permitiendo la extracción automática e instantánea de vistas (plantas, secciones, alzados, isométricos y perspectivas) e informaciones (tablas y detalles). Según *Autodesk Knowledge Network* (AKN, 2019), el modelado paramétrico, utilizado en BIM, se refiere a la relación entre todos los elementos del proyecto, permitiendo la coordinación y gestión de los cambios. Esas relaciones se pueden crear automáticamente tanto por el software como por el usuario. Las “dimensiones” de entregas BIM, también conocidas como BIM multidimensional, o nD BIM, considera, además del espacio tridimensional (3D), los factores tiempo (4D), coste (5D), y ciclo de vida del edificio (6D) como dimensiones del modelo, de acuerdo con McPartland (2017). Las evaluaciones de constructividad, que se automatizan con BIM, deben tener en cuenta el enfoque gráfico de la Figura 2, en la que se expresan las etapas, el flujo de trabajo de cómo ejecutan las organizaciones sus procesos en la construcción de edificios.

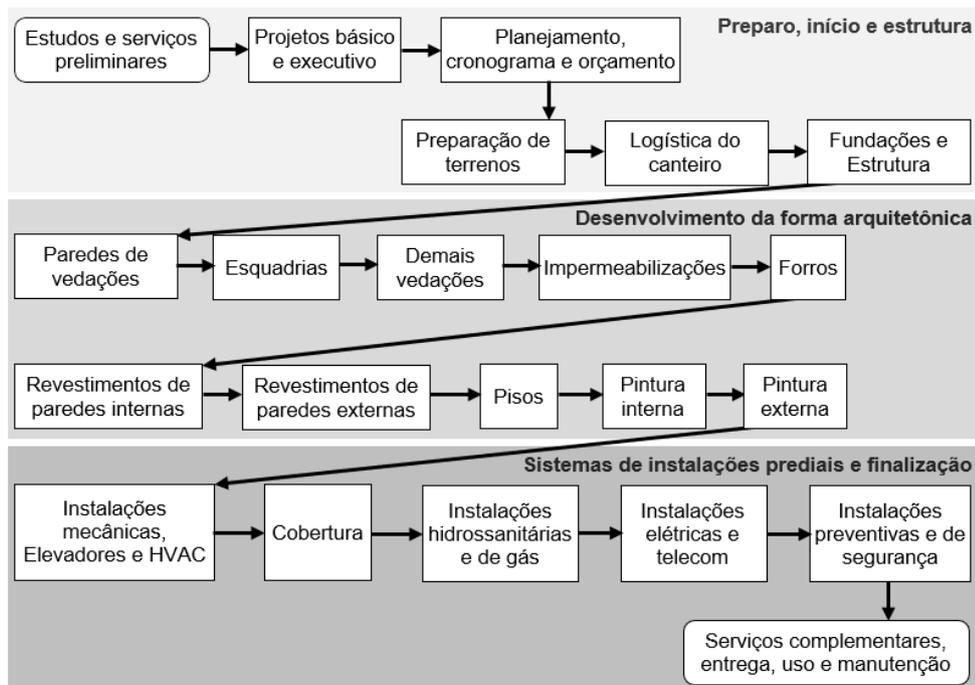


Figura 2. Flujo de procesos en la construcción civil de edificios.

Nota: Fuente: del autor (2019), sobre la base de la experiencia empírica y recomendaciones de CBIC, así como de los manuales de softwares de gestión de “Work Breakdown Structure”, WBS.

### ***Desarrollo de la Investigaciones Internacionales***

Basándose en los preceptos de CII, CIRIA e investigadores internacionales, para la aplicación de las directrices de constructividad, se crearon cuantificaciones de constructividad a fin de aportar mayor apoyo a los diseñadores. Conforme Moore (1996b), desde la década de los 80 el enfoque de la Evaluación de Constructividad ha sido bastante variado, entendiéndose que es demasiado amplio para ser cuantificado o que tales métodos solo podrían ser útiles para algunos aspectos sin la posibilidad de un enfoque completo. Según Lawson (2006), los proyectistas y arquitectos rechazaban los primeros métodos de racionalización y lo veían como una invasión de su libertad creativa, con la “estandarización” y la consiguiente “simplificación” del proyecto. Ese primer impulso basado en las Pautas de Constructividad se llevó a cabo con procesos subjetivos, sin una metodología clara, y por lo tanto no se tomó en consideración, aunque la literatura sigue hablando de las “Calificaciones” iniciales tomadas indebidamente como intentos prematuros de “Cuantificaciones”.

En cuanto a sus beneficios, hay un volumen significativo de publicaciones en todo el mundo, bajo perspectivas diversas. Desde aquellas cuyo análisis se restringe solo al proyecto, hasta las que abarcan todo el proceso y su finalización y funcionamiento. De los enfoques más teóricos a los más prácticos. A pesar de la diversidad de enfoques, los diferentes autores tienen tendencias que convergen hacia indicadores comunes. Sin embargo, como no existe una relación directa entre los diferentes enfoques, no hay ni uniformidad ni unanimidad, lo que constituye, hasta cierto punto, una de las mayores motivaciones iniciales para resistirse a la adopción de criterios de constructividad. Las tendencias cualitativas de los principales efectos de la constructividad a las que más se hace referencia son las de la CII (2012) americana, apud Wong (2007):

- 1) Reducción del costo global del proyecto;
- 2) Reducción del trabajo intensivo;
- 3) Incremento de la velocidad de ejecución;
- 4) Mejor calidad de ejecución;
- 5) Aumento de la seguridad en el obrador;
- 6) Reducción del retrabajo;
- 7) Aumento de la productividad;
- 8) Disminución de la ocurrencia de problemas imprevistos;
- 9) Mejor relación entre el equipo;
- 10) Aumento de la satisfacción del cliente.

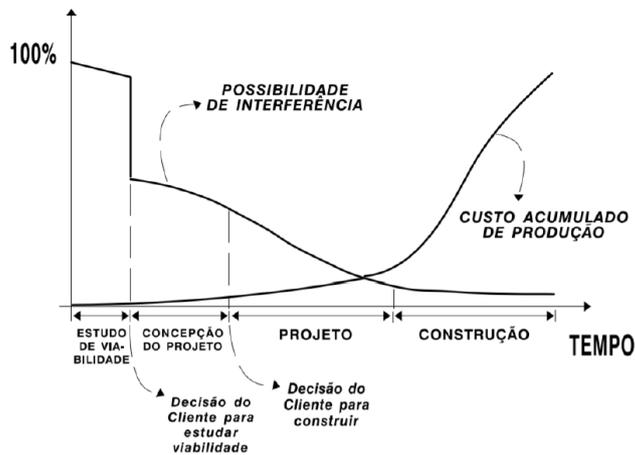


Figura 3. Relación entre los costes de posibilidad de intervención y la producción acumulada, a través de las fases de proyecto de construcción.

Nota: Fuente: Hammarlund y Josephson (1992), apud Melhado (1994).

Con vistas a los efectos de la constructividad, hay comúnmente el enfoque relacionado con el momento óptimo en que la adopción de criterios empieza a influir en el proyecto. Hay consenso en que se obtendrán mejores resultados cuanto antes se realice la adopción, preferiblemente en las etapas de estudio, de modo que se puedan hacer adaptaciones, en lugar de hacer correcciones más difíciles, en cuanto a costes y plazos. Son varios los gráficos disponibles que demuestran la relación de Pareto (el 20% de los esfuerzos, generando el 80% de los resultados), como los de Hammarlund y Josephson (1992) apud Melhado (1994), que se puede ver en la figura 3.

### 3. Investigación sobre la Constructividad en Brasil

Hay pocas investigaciones nacionales en comparación con la producción internacional, y la mayoría gira en torno al concepto americano, más estrechamente los de CII, de la década de 80. El escaso desarrollo de la literatura nacional ha traducido el concepto americano de “Constructability” de CII, sin ninguna consideración, interpretación y adaptación al contexto brasileño. El concepto americano asume el modelo de “Dirección de Proyecto” (en inglés, “Project Management” aplicado en los Estados Unidos con la figura central de su “Director de Proyecto (en inglés, “Project Manager”) responsable, con poca apertura a las responsabilidades asignadas a otras iniciativas de liderazgo. Los modelos de contratación y desarrollo de las construcciones brasileñas están más fragmentados y descentralizados, y divergen de los modelos americanos. En lo que respecta al factor humano de resistencia al cambio, se observa que la imposición de las complejas definiciones traducidas provoca rechazo. El método debe servir al contexto. Nunca lo contrario. Además de ser apropiado para el entorno, el método propuesto para evaluar la constructividad debe tener como objetivo la búsqueda de un enfoque pragmático, adaptándose al contexto nacional, para intervenir de manera sencilla, directa, efectiva y coherente a lo largo del tiempo.

La mayoría de las investigaciones desarrolladas en Brasil abordan la Implementación de Constructividad, seleccionan pautas de constructividad y proponen una metodología de implementación. El concepto de Evaluación de Constructividad aparece en algunas obras brasileñas, que proponen cuantificar la calificación, con pocas referencias a obras internacionales relevantes que se han producido desde los años 2000, como las que están bajo la influencia de la adopción de soluciones sostenibles y los disruptivos avances metodológicos y tecnológicos. Heineck y Rodríguez (2003)

proporcionan ejemplos de la definición y aplicación de las Pautas de Constructividad en el proceso del proyecto. Saffaro, Santos y Heineck (2004) repiten el formato, centrándose también en las decisiones posteriores al proyecto. Rodrigues (2005), por su vez, se centró en el estudio de las pautas para las obras de carácter repetitivo y propuso un sistema de Evaluación de Constructividad mediante una lista de verificación en la que los elementos se pueden calificar como “sí”, “parcialmente”, “no” o “no aplicable”. Amancio (2010), que continuó la labor de Rodrigues, reanudó los primeros intentos de cuantificación sobre la base de la calificación centrándose en los estudios de arquitectura y propuso su modelo en el que “jueces” expertos evaluarían de manera subjetiva la idoneidad de la obra.

En Brasil hay un constante interés hacia la constructividad, pero los enfoques de las investigaciones estuvieron restringidos solo a algunos de sus aspectos. Los primeros trabajos se centraron más en la implementación y los últimos en el análisis y la cuantificación, muchos de ellos, sin embargo, asemejándose a los primeros intentos británicos de CIRIA y O'Connor. Por lo tanto, existe una necesidad apremiante de nuevos trabajos, una mayor profundización y nuevos intentos que favorezcan el Análisis de Constructividad para cubrir la “brecha” con respecto a los nuevos criterios de sostenibilidad (por ejemplo, menos residuos, mejor rendimiento físico-financiero), mejores metodologías (por ejemplo, BIM, cadena de bloques) y avances tecnológicos (por ejemplo, construcción en seco, diseño generativo), variables que hacen que algunas investigaciones sean obsoletas en el contexto internacional y más exhaustivas.

### **Resultados y discusiones**

El concepto de constructividad, según el lugar, la época y el contexto, y de acuerdo con las diferentes perspectivas y necesidades, demostró tener diferentes enfoques. En el Reino Unido, al ser concebido el concepto, los investigadores con un claro enfoque epistemológico se concentraron en las aclaraciones y ventajas de su implementación con beneficios inconmensurables al escenario internacional. En los Estados Unidos y Australia, el enfoque más pragmático fue el de la Aplicación de Constructividad en el proceso del proyecto, que abarcó la transferencia de los conocimientos de los profesionales de terreno a los profesionales de la oficina, con una gran movilización en torno al tema en la industria de la construcción y sus prácticas, haciendo hincapié en la responsabilidad de su director de proyecto. Los modelos contractuales de Gestión de la Construcción (en inglés, “Construction Management”) siguen utilizándose como garantía de interacción entre los profesionales de terreno, los diseñadores y los clientes, lo que da lugar a una mayor constructividad. Sin embargo, se evidenció que solo los diseñadores adoptaron las medidas de implementación de constructividad, sin una gran participación de la propia empresa y otros actores. Las empresas que aplicaron la constructividad lo hicieron de una manera más simplificada que la que se predica en las universidades. Incluso en un contexto más propicio, la aplicación tuvo lugar de manera parcial debido a la fuerte resistencia a los cambios en cuanto a la necesidad de diferentes interacciones y operaciones.

Brasil siguió el modelo americano de investigación sobre constructividad, un enfoque válido para una empresa individual donde se sigue bajo el liderazgo de su “Project Manager”, director de proyecto, pero que también resulta muy poco práctica su aplicación en el contexto más amplio del sector de la construcción nacional en su conjunto. El sector brasileño funciona de manera mucho más fragmentada, lo que exige una ruptura importante de los patrones, además de un enorme esfuerzo resiliente y

disciplinado para aplicar el cambio a mayor escala. Muchas de las lecciones de constructividad en Brasil provienen de los modelos de implementación de constructividad CII americana y CII-Australia.

En Singapur, a diferencia de otros países, el interés por investigar y aplicar la constructividad provino del gobierno. Según Lam, Wong, Tiong (2006), en la década de 90, la industria de la construcción estaba activa y tenía una gran demanda de mano de obra que, debido a las características geopolíticas, no se podía abastecer por la población local. El país dependía de los trabajadores extranjeros. Hubo interferencia del gobierno para mitigar el problema. Se alentó la adopción de evaluaciones de constructividad para reducir la dependencia de los recursos humanos extranjeros. Se adoptó el “Buildable Design Appraisal System”, BDAS, basado en el sistema de Takenaka, una multinacional japonesa de la construcción. Según la *Building and Construction Authority* (BCA, 2017), en 1993, BDAS comenzó a aplicarse en las obras públicas del país y en 1997 se instituyeron premios para proyectos privados de mayor constructividad. En 2001, se exigió que todos los proyectos y renovaciones con una superficie superior a 2000 m<sup>2</sup> obtuviesen un valor mínimo de constructividad para su aprobación legal. BDAS se basa en 3 principios, las “3S” de la constructividad: “Simplicity” (simplicidad), “Standardisation” (estandarización) y “Single Integrated Elements” (elementos únicos integrados). La Evaluación de Constructividad de Singapur es numérica y determinista, con poca apertura a las calificaciones subjetivas de las implementaciones de constructividad presentes en otros países. Y, de acuerdo con las pruebas realizadas por el autor, puede realizarse de forma concomitante con la información de los proyectos BIM, siempre que se hagan adaptaciones al contexto.

A partir de los años 2000, la mayor parte de las investigaciones más relevantes sobre constructividad han tenido lugar en Asia, con los modelos de evaluación y puntuación de constructividad, como el BDAS de Singapur, que se consolidó como el primer caso en que la constructividad integra toda la industria de la construcción a escala nacional, con amplios beneficios. BDAS consolidó un método sencillo, que no requiere cambios en los modelos contractuales y el funcionamiento interno de las empresas, y se aceptó inmediatamente. “Buildability Assessment Model”, BAM, de Hong Kong, y su desarrollo, el “Scheme Design Buildability Assessment Model”, SDBAM, se derivaron de BDAS y también constituyen otros ejemplos exitosos de modelos de evaluación que se adaptaron plenamente al contexto, lo que permite el análisis previo en la etapa de diseño del proyecto, convirtiéndose también en un modelo replicado en todo el mundo. Según la crítica válida de algunos autores como Moore, la Evaluación de Constructividad puede convertirse en una simplificación extrema de la constructividad ya que muchas variables del proyecto que la afectan no pueden ser cuantificadas con fórmulas simples. Los enfoques con sesgo de implementación son los más cercanos a sus ideas epistemológicas originales. Sin embargo, tanto BDAS como BAM son reconocidos internacionalmente por su probada eficacia de uso extremadamente simple y cuantitativo en comparación con las extensas listas de calificaciones de los métodos de CII, lo que justifica la posibilidad de un uso pragmático de métodos de Evaluación de la Constructividad más prácticos y efectivos para las empresas y la industria de la construcción.

Históricamente, independientemente del contexto, en los términos de Evaluación de Constructividad se ha comprobado que la adopción de métodos académicos muy complejos, como los de CII, casi nunca se ha seguido en su totalidad. Y los métodos más actuales, sencillos y prácticos, como los desarrollados en Asia, ofrecen un medio que genera menos resistencia al cambio, lo que ofrece una forma más eficiente y tecnológica

de medir la constructividad con una mayor facilidad y sin requerir intercambios de paradigmas procedimentales o contractuales. Otro punto es la definición de constructividad. Investigaciones brasileñas adoptaron unánimemente la definición americana de “constructability”, que requeriría, para su aplicación a gran escala, cambios drásticos en la industria con su concepción basada en los modelos de CII, con la figura del “Gerente de Proyecto”, cambios en la modalidad de contrato y una continua retroalimentación entre los profesionales de terreno y de oficina en la “ingeniería simultánea”, según la definición de Barbosa, P. y Andery, P. (2015). La visión discrepante adoptada por este trabajo es que la constructividad, de manera práctica, debe adaptarse a la realidad de la industria, al contexto en el que se inserta. Nunca lo contrario. El análisis de la edificabilidad realizado de manera más simple tiene una mayor propensión a la adopción amplia. La adaptación al contexto brasileño también es posible.

En cuanto al contexto, Brasil, a pesar de haber adoptado trabajadores extranjeros, no experimenta todavía una grave escasez de mano de obra como en Singapur y Hong Kong, pero tiene problemas relacionados con la baja constructividad similares a los de Reino Unido. Para que el concepto sea aceptado como ventajoso, debe haber una disminución de los errores y una mejora en la relación entre el equipo, los estudios deben realizarse en asociación con las empresas. La preparación de documentos y las conferencias instructivas son otras acciones posibles y complementarias. Como propuesta futura, también podría crearse un banco de datos nacional en línea sobre constructividad, como el ideado por CII-Australia. Así como el CUB y las tablas de composición de presupuestos, como la SINAPI, se actualizan regularmente, este banco también se podría retroalimentar y mejorar de manera cíclica.

La integración de la constructividad con las tecnologías de la informática y comunicación se abordó poco en Brasil. En el marco internacional, con varias publicaciones recientes, en inglés, en Hong Kong y Corea del Sur, se relacionan los procesos automatizados de Evaluación de Constructividad y BIM. El desarrollo de un puente facilitador que los vincule de manera efectiva también conduciría a avances, en ambos enfoques, hasta un nuevo nivel.

### **Conclusiones y Consideraciones Finales**

A pesar del vasto concepto teórico, todavía no se consolidó una demostración práctica y automatizada de algún medio para extraer y utilizar las informaciones BIM para la evaluación de constructividad de todo el proyecto del edificio, que abarque todas sus disciplinas constructivas. Sin embargo, hay algunas líneas de enfoques principales que se deben considerar.

Un medio de ponderar los datos sería a través del propio software BIM 3D, con información directa del modelado de proyecto y su control por parte del usuario, como el Revit utilizado por Zhang et al. (2016), o el ArchiCAD. Zhang et al. (2016) abordan la Evaluación de “Constructability”, definida según la CII, del proyecto en su conjunto, y desarrollan un método parcialmente automatizado en Revit, mediante la inserción manual de parámetros en los componentes de la construcción y el uso de un “plugin” adicional para verificar el porcentaje en el que se producen los requisitos, que denotan los indicadores de constructividad del proyecto.

Otra posibilidad de automatización, también a través de software, es el uso de herramientas de planificación BIM 4D para el cálculo y validación de parámetros, como

el Solibri, utilizado por Jiang (2016), el Navisworks, el Synchro o el Tekla BIMsight. Jiang (2016) investiga la constructividad de las formas de hormigón armado y la posibilidad de automatizar la Evaluación de Constructividad, utilizándose el argumento de Moore (1996b) de que es imposible desarrollar un método simple para evaluar la constructividad del edificio en su totalidad. Con poca profundización interdisciplinaria, Jiang (2016) utilizó el Solibri para verificar si el modelo respetaba los parámetros establecidos, pero sin la automatización total de este proceso.

Otra forma es el uso de un lenguaje de programación “escrito”, como el C# o Python, y/o el uso de programación “visual”, como el Dynamo o Grasshopper, como una forma más directa de evaluar la constructividad. Mediante el uso del lenguaje de programación es posible tener un enfoque interno, llevado a cabo para softwares de una determinada empresa, como por ejemplo el ADN (“Autodesk Developer Network”), o a través de una rutina que accede directamente al archivo original, como demostró Delegregó (2017), con la validación de los datos directamente de un modelo \*.ifc.

“Industry Foundation Classes”, IFC, es una extensión de “intercambio” de archivos destinado a la colaboración interdisciplinaria BIM. Según McPartland (2017b) en colaboración con la “National Building Specification” (NBS, 2017), IFC no es un formato controlado por una sola empresa o grupo. Se diseñó y desarrolló para facilitar la interoperabilidad en el sector AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción). En 1994, la “Iniciativa IFC”, aunque abierta, se produjo cuando Autodesk formó un consorcio con 12 empresas americanas para ayudarles a desarrollar un conjunto de programaciones en C++ que soportaran las aplicaciones integradas. Las empresas incluían: AT & T, HOK Architects, Honeywell, Carrier, Tishman y Butler Manufacturing. Inicialmente denominada “International Alliance for Interoperability”, IAI, Alianza de la Industria para la Interoperabilidad, abrió la plantilla a todas las partes interesadas en 1995. Sin fines de lucro, dirigida por la industria, publicó el “Industry Foundation Class”, IFC, como un modelo neutral y estandarizado. En 2005, IAI cambió su nombre por buildingSMART, el actual responsable del formato. A pesar de la plena adopción del \*.ifc en algunos países, como Dinamarca, y de iniciativas como el “OpenBIM” para promoverlo en todo el mundo, no hay consenso sobre su uso, incluso en los países en los que BIM está presente. Aunque algunos programas informáticos lo utilizan como formato alternativo, nunca lo utilizan como formato principal o nativo, lo que, en cierta medida, alimenta la controversia en torno a la adopción del formato, desde sus orígenes. Como un simple paralelismo explicativo, el autor complementa que la idea en torno a la IFC es similar a la del PDF (Formato de Documento Portátil) de Adobe, en lo que respecta a los documentos de texto que también pueden proceder de diferentes fuentes, que mantienen la interrelación y la fidelidad en el intercambio de información.

La extracción de datos necesarios es posible directamente en el archivo, con la extensión de origen del software, como demostraron Zhang et al. (2016) con el uso del Revit, o en el entorno externo, como demostró Delegregó (2017) con la IFC. Desde el punto de vista del autor, una de las dificultades encontradas no es la preferencia de que el formato de archivo esté en \*.rvt o \*.ifc, respectivamente, sino la forma en que se manipula la información de la construcción en el propio BIM 3D, con la delimitación en categorías de objetos paramétricos utilizados. Aunque la delimitación en categorías BIM facilita y da consistencia al modelado de información, con la separación y predeterminación de las propiedades individuales de cada elemento, de esta manera, solo sería posible gestionarla externamente si se adoptara un modelo de evaluación como el BDAS, en el que se agrupan varias categorías no siempre de manera disciplinaria, para ser analizadas conjuntamente. Cabe destacar que no todas las oficinas de proyectos brasileñas tienen

programadores que puedan superar esta barrera. El uso de BIM para automatizar la evaluación de constructividad presupone que la dimensión de la información puede ser apropiada al contexto de análisis. Existen softwares de planificación como el Solibri, utilizado por Jiang (2016) para el análisis de la constructividad de las formas de hormigón armado. Otros softwares BIM 4D, adecuados a la gestión de la dimensión temporal, incluyen Navisworks, Synchro y Tekla BIMsight. Debido a la experiencia del autor, además de los softwares BIM 4D que permiten la generación del calendario y su diagrama de Gantt con asignación de tareas a través del tiempo, también ofrecen la posibilidad de comprobar las interferencias geométricas, y la extracción de “Quantity Take Off”, QTO, entre otras herramientas accesorias para la planificación. QTO permite el manejo de las informaciones sin necesidad de intervención a través de la programación. Los softwares de planificación también permiten la exportación, en tabla dinámica a Excel, software con una cantidad mayor de usuarios profesionales. El destino de QTO suele ser el presupuesto, el BIM 5D. Pero también se puede utilizar, sin restricciones, para evaluar la constructividad. La propuesta del autor, respecto a la inserción de la Evaluación de Constructividad en un sistema interdisciplinario para la entrega de proyectos BIM, y cuándo se realizará, se muestra en la figura 4.

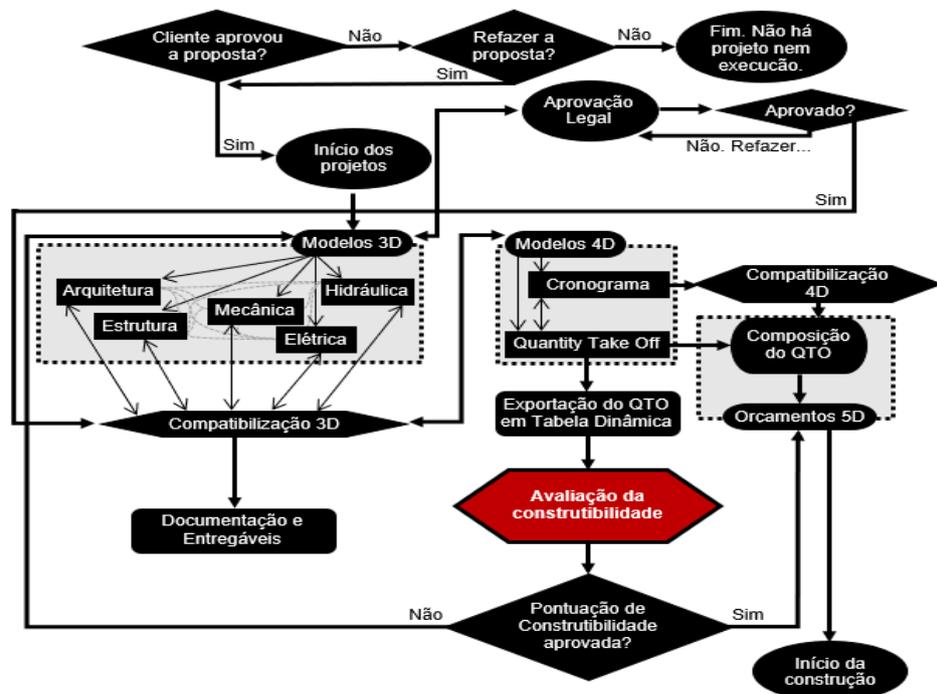


Figura 4. Evaluación de Constructividad en sistema interdisciplinario BIM.

Nota: Fuente: del autor (2019).

La Evaluación de Constructividad en un sistema interdisciplinario de entrega de proyectos BIM, y cuándo se realizará, se explica en la figura 4: cuando el cliente aprueba la propuesta, los proyectos comienzan con la realización de los modelos 3D, con vistas a la aprobación legal, la compatibilidad tridimensional interdisciplinaria y la ausencia de interferencias 3D, los “3D clashes”. A partir del modelo compatible 3D, además de la respectiva documentación técnica, también se dirige la ejecución del Modelo 4D. En el Modelo 4D, las tareas se asignan en el calendario y se compatibilizan sus tiempos de ejecución, buscando la eliminación de los conflictos de tiempo, los “4D clashes”, así como el QTO. A partir del QTO extraído, se componen los Presupuestos 5D, pero la

extracción de los datos cuantitativos de QTO también permite puntuar la Evaluación de Constructividad. Una vez aprobada la constructividad y liberado el presupuesto para el sector de compras, es posible iniciar la construcción. De esta manera, el cálculo se hace posible con la automatización y la fidelidad en la extracción de informaciones del modelo de construcción con los métodos BIM.

Con el uso de un modelo de Evaluación de Constructividad adaptado al contexto, se crea una mayor propensión a su adopción. Con el uso de herramientas que aprovechan las informaciones de construcción de manera automatizada, se facilita su uso. Y con un modelo evaluativo determinista no se incurre en las opiniones subjetivas, o la falta de un equilibrio justo. A través del embasamiento realizado, el autor analizó 3 proyectos BIM brasileños con la metodología propuesta, basada en el método de evaluación utilizado en Asia, y señaló que la adopción de la Evaluación de Constructividad, previa y determinística, en los proyectos BIM es posible en Brasil.

### Referencias

- Amancio, R. C. (2010). *Identificação de fatores de construtibilidade que influenciam as fases do processo de projeto em pequenos escritórios de arquitetura*. Tesis de Maestría en Construcción Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- Atkins, W. S. et al. (1994). *Strategies for the European construction sector. A Programme for change*. Construction Europe KHL Publishing Ltd. and Office for Official Publications of the European Communities, East Sussex.
- Autodesk Knowledge Network (2019). Sobre os relacionamentos da modelagem paramétrica. Retrieved from <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-GetStarted/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-htm.html/>.
- Barbosa, P., Andery, P. (2015). Contribuição ao estudo de medidas para melhoria da construtibilidade no processo de projeto em empresas construtoras. *Construindo*, 7(1).
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), 971-980.
- Building and Construction Authority, BCA (2005). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapur.
- Building and Construction Authority, BCA (2015). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapur.
- Building and Construction Authority, BCA (2017). *Code of Practice on Buildable Design*. Singapur.
- Building and Construction Authority, BCA (2017). *Guide to the Buildable Design Appraisal System*. Singapur.
- CIRIA (1983). *Buildability: An Assessment CIRIA. Publications, Special publication*, 26.

- Construction Industry Institute (2012). *CII Best Practices Guide: Improving Project Performance*. Estados Unidos.
- Delegregó, V. (2017). *Construtibilidade: lições internacionais e aplicações para o Brasil*. Tesis de grado en Ingeniería Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Designing Buildings Wiki, DBW (2016). BIM Glossary of Terms. Retrieved from [http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM\\_glossary\\_of\\_terms/](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_glossary_of_terms/).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Francis, V. E. et al. (1999). Constructability strategy for improved project performance. *Architectural Science Review*, 42, (2), 133-138.
- Heineck, L. F. M., Santos, D. G., & Saffaro, F. A. (2004). Uma proposta para a Classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade.
- Heineck, L. F. M. & Rodriguez, M. A. A. (2003). A construtibilidade no processo de projeto de edificações.
- Jiang, Li. (2016). *A constructability review ontology to support automated rule checking leveraging building information models*. The Pennsylvania State University, 2016. PhD Thesis. The Pennsylvania State University. Department of Architectural Engineering.
- Lam, P. T.; Wong, F. W.; & Tiong, R. (2006). An Empirical Study of the Relationship Between Buildability and Productivity in Singapore—Lessons for Hong Kong SAR. In: CRIOCM 2006 International Research Symposium, The Chinese Research Institute of Construction Management and North China Electric Power University. p. 3-5.
- Lawson, B. (2006). *How designers think: the design process demystified*. Routledge.
- McPartland, R. (2017a). BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained. The NBS. Retrieved from <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained/>.
- McPartland, R. (2017b). What is IFC? The NBS. Retrieved from <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-ifc/>.
- Melhado, S. B. (1994). *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. Tesis Doctoral. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Moore, D. R. (1996b). Buildability assessment and the development of an automated design aid for managing the transfer of construction process knowledge. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 3(1/2) 29-46.
- Moore, D. R. (1996a). *Task difficulty assessment: a contribution towards improved buildability through simplification*. Tesis Doctoral. Montfort University. Wetherby.
- National BIM Standard-United States, NBIMS-US (2016). About the national BIM standard United States. NBIMS-US. Retrieved from <https://www.nationalbimstandard.org/about/>

- Reis, P. R. (2006). *Arte de vanguarda no Brasil: os anos 60*. Zahar.
- Rodrigues, L. T. & Goncalves, A. A. (2015). A Construtibilidade nas Fases de Engenharia e Suprimento para a Construção e Montagem Industrial.
- Van Nederveen, G. A.; & Tolman, F. P (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1(3), 215-224.
- Wong, F. W. H. et al. (2006). A review of buildability performance in Hong Kong and strategies for improvement. *Surveying and Built Environment*, 17( 2), 37-48.
- Wong, W-H. (2007). *Developing and implementing an empirical system for scoring buildability of designs in the Hong Kong construction industry*. Tesis Doctoral. The Hong Kong Polytechnic University.
- Zhang (2016), Cheng et al. Quantitative Assessment of Building Constructability Using BIM and 4D Simulation. *Open Journal of Civil Engineering*, 6(3), 442.
- Fecha de recepción:** 04/04/2020  
**Fecha de revisión:** 16/10/2020  
**Fecha de aceptación:** 25/10/2020

**Cómo citar este artículo:**

Rodríguez, C.A., López-Peláez Casellas, M. P., & Arambarri, J. (2020). Una estrategia metodológica para la optimización de procesos de producción de música POP, basada en modelos computacionales. *Project, Design and Management*, 2(2), 23-42. doi: 10.35992/pdm.v2i2.398

**UNA ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE MÚSICA  
POP, BASADA EN MODELOS COMPUTACIONALES**

**Carlos Alberto Rodríguez**

Institución Universitaria Antonio José Camacho (Colombia)  
[calberod21@gmail.com](mailto:calberod21@gmail.com) · <http://orcid.org/0000-0003-4719-8539>

**Maria Paz López-Pelaez Casellas**

Universidad de Jaén (España)

[mpelaez@ujaen.es](mailto:mpelaez@ujaen.es)

**Jon Arambarri**

Fundación Universitaria Iberoamericana (España)

[jon.arambarri@funiber.org](mailto:jon.arambarri@funiber.org)

**Resumen.** Se propone el diseño de una estrategia metodológica compuesta por modelos computacionales, tecnología musical y reglas básicas de composición armónica. La estrategia integra diferentes herramientas como lenguajes de programación, algoritmos y reutilización librerías para la extracción de características fuertes a las muestras producidas por un intérprete, así como la ejecución de procesos estocásticos discretos que generan melodías acotadas por reglas básicas de composición de música Pop. Las melodías generadas son convertidas en series que posteriormente son reproducidos de forma controlada, por un dispositivo MIDI (Musical Instrument Digital Interface) y acotadas por reglas de composición musical que contribuyen a disminuir la monotonía melódica. Para garantizar la integración de todos los elementos como un sistema que genera iteraciones, se utilizan protocolos de control abierto entre lenguajes de programación y herramientas que permiten la interconexión y comunicación entre los diferentes componentes tecnológicos que conforman la estrategia. Una vez concluido el proceso de generación de fragmentos melódicos, estos son transmitidos a un gestor de audio y copiados en cada canal del gestor en un formato de tipo estándar MIDI. Esta información, además de ser editable, brinda la posibilidad al productor de reutilizar estas pistas como materia prima de trabajo para generar mayores escenarios y posibilidades creativas, cuando se desarrolla un proceso de producción de música Pop.

**Palabras clave:** Fragmentos musicales, MIDI, Modelos estocásticos, Music Information Retrieval, Reglas de composición musical, SMI

## METHODOLOGICAL STRATEGY FOR OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROCESSES OF POP MUSIC, BASED ON COMPUTATIONAL MODELS

The design of a methodological strategy consisting of computational models, musical technology and basic rules of harmonic composition is proposed. The strategy integrates different tools such as programming languages, algorithms and reuse libraries for the extraction of strong characteristics from the samples produced by an interpreter, as well as the execution of discrete stochastic processes that execute melodies limited by basic rules of composition of Pop music. generated melodies are converted into series that are later played in a controlled way, by a MIDI device (digital interface of musical instruments) and bounded by musical composition rules that reduce melodic monotony. To specify the integration of all the elements as a system that generates iterations, use open control protocols between programming languages and tools that allow the interconnection and communication between the different technological components that make up the strategy. Once the process of generating melodic fragments is complete, these are transmitted to an audio manager and copied to each channel of the manager in a standard MIDI format. This information, in addition to being editable, provides the producer with the possibility of reusing these tracks as raw material for work to generate greater situations and creative possibilities when developing a Pop music production process.

**Keywords:** Rules of musical composition, Recovery of musical information, Stochastic Models, Music production, Musical Fragments.

### Introducción

A pesar de que son innumerables las herramientas tecnológicas que soportan procesos de producción de música pop, la flexibilización de actividades que hacen parte del desarrollo de este tipo de producciones no deja de presentar desafíos que deben ser estrictamente planificados y abordados desde una estrategia metodológica. Problemas como la integración de diferentes herramientas de computación, interacción entre aplicativos, generación de contenidos de música editables en formatos estándar, la reutilización de características fuertes extraídas a las colecciones almacenadas en el gestor de audio, y la transmisión de datos editables al gestor de audio digital, hacen que estos retos se puedan enfrentar desde la utilización de un plan que genere valor al proceso de producción musical, y que además involucre herramientas que sistematizan actividades que tradicionalmente consumen muchos recursos de tipo técnico y humano.

Los creadores de este tipo de esbozos no dejan de encontrar desafíos cuando se trata de materializar cada idea creativa. Actividades como la grabación de sonidos y captura de instrumentos musicales se hacen tradicionalmente con costosos equipos y espacios diseñados acústicamente para la captura de voces e instrumentos musicales. Es importante resaltar que después de finalizar algunas actividades se deben destinar muchas horas en edición a las muestras capturadas, a esto se suma que el responsable del manejo del gestor de audio debe contar experiencia en la gestión de este tipo de proyectos. No deja ser importante mencionar que en muchas ocasiones se presenta el caso de que la persona que maneja el gestor de audio, no tenga un amplio conocimiento musical y esto también puede limitar los pequeños proyectos que regularmente no cuentan con un numeroso grupo humano trabajando en la elaboración del mismo. Todos estos elementos hacen que tradicionalmente se consuman muchos recursos de tipo técnico y humano en el desarrollo de estos procesos productivos.

La pertinencia de elaborar un plan metódico que guíe la integración de diferentes herramientas tecnológicas, cobra importancia cuando se logra flexibilizar actividades de

estudio y se aprovechan tecnologías alternativas a las tradicionales en el proceso de producción. La integración de diferentes herramientas, conectadas por intermedio de protocolos de comunicación, y la generación automática de fragmentos melódicos se convierten en un apoyo para el productor musical, pues con la transmisión de datos representados en instrumentos, escalas, arpeggios y efectos en los canales del gestor, se otorga la posibilidad al productor de explorar diferentes escenarios y ambientaciones que permiten obtener diferentes resultados de producción. Sin embargo, el desafío radica en aprovechar estas tecnologías como una solución estratégica y estructurada dentro del complejo proceso de producción de música pop.

Algunas orientaciones para resolver problemas en procesos de generación de sonido o la combinación de cualquiera de estas formas con fines de producción musical son descritas en este apartado, por ejemplo, la propuesta de (Thorogood, Fan y Pasquier, 2019) donde buscan reducir los costos de grabación de sonidos, la recuperación de bases de datos y la generación artificial de sonidos con el fin de producir paisajes sonoros. En el diseño de (Turchet y Barthet, 2019) se propone un sistema ubicuo de guitarra inteligente para práctica musical colaborativa. Los investigadores buscan la convergencia entre herramientas tecnológicas colaborativas y sociales que interactúan dentro del campo de ecosistemas de computadoras interconectadas en internet para la música, concepto propuesto por Turchet et al. (2018). Los autores definieron este concepto como el conjunto de dispositivos interconectados entre sí y con capacidades de cómputo para lograr un objetivo musical. Para contextualizar los conceptos tecnológicos tratados hasta el momento, se comenzará por definir el concepto de protocolo MIDI sobre el cual Rumsey y McCormick (2004, p.97) afirman que es “un estándar para la comunicación en serie de información de control entre dispositivos musicales”. Otra tecnología que hace parte de esta propuesta es el concepto de dispositivos humana computadora y, más específicamente, los instrumentos musicales inteligentes (SMI), estos elementos se definirán como un dispositivo con características de cómputo y con la capacidad de conectarse a redes de datos, diseñados con propósitos musicales. Las herramientas digitales como los gestores de audio y lenguajes de programación son integradas por intermedio de protocolos Open Sound Control (OSC), un protocolo para interconectar aplicativos, instrumentos musicales digitales y computadoras. Las aplicaciones de capa intermedia (Middleware) son herramientas para la interconexión entre diferentes aplicaciones.

Detallando la configuración de esta estrategia se puede afirmar que es una combinación que integra herramientas y técnicas con el fin de generar fragmentos melódicos acotados por reglas básicas de composición musical. Estos fragmentos son generados por sistemas automáticos que fueron diseñados para esta estrategia. La presente propuesta se compone de modelos computacionales, tecnología musical y reglas básicas de composición armónica. La estrategia integra diferentes herramientas como lenguajes de programación, diseño y reutilización de algoritmos y librerías para la extracción de características fuertes a las muestras producidas por un intérprete, así como la ejecución de procesos estocásticos discretos que generan melodías acotadas por reglas básicas de composición de música Pop. Los fragmentos generados son convertidos en series que posteriormente serán reproducidos de forma controlada por un dispositivo SMI. Un resumen gradual de cómo se integran cada una de las partes, se puede resumir de la siguiente forma:

- Realizar un análisis de muestras, extrayendo las características fuertes a un archivo digital.
- Convertir escalas en vectores y aplicar técnicas de permutación.
- Procesar matrices estocásticas y encontrar vectores resultantes.

- Realizar ajustes a los vectores resultantes según reglas básicas de composición musical.
- Controlar eventos en el sistema mediante alguna interfaz humana computador.
- Transmitir los resultados al gestor en un formato editable.

## Método

### *Componentes*

Para garantizar la integración de todos los elementos que componen una estrategia metodológica como un sistema que genera iteraciones, se utilizan protocolos de control abierto entre lenguajes de programación y herramientas que permiten la interconexión y comunicación entre los diferentes componentes tecnológicos que conforman la estrategia. Una vez que se concluye el proceso de generación de fragmentos melódicos, estos son transmitidos a un gestor de audio y copiados en cada canal del gestor en un formato de tipo estándar MIDI. Esta información, además de ser editable, brinda la posibilidad al productor de reutilizar estas pistas como materia prima de trabajo para generar mayores escenarios y posibilidades creativas, cuando se desarrolla un proceso de producción de música Pop.

### *¿Necesidad de una estrategia?*

La necesidad de utilizar una estrategia que apoye y genere valor en la elaboración de composiciones musicales, se sustenta en que hasta para el músico más inspirado el paso del tiempo y el peso de sus producciones anteriores, comienzan a limitar su capacidad creativa. Desde los años 60 y 70 se publicaron artículos que serían referentes para las investigaciones en composición automática: *Pattern in Music* de Herbert Simon y Richard Summer (1993) y *Analysis of Tonal Harmony* de Terry Winograd (1968). Particularmente, en los estudios de Simon y Summer se intenta una sistematización de los procesos mentales en el oyente, basados en la estructura de la música tonal, aplicando una metodología rigurosa en el procesamiento de la información. Algunos investigadores (Hiller, 1979; Inoñán, 2010) han experimentado con cadenas de Markov, un modelo matemático más simple y controlable, consistente en un tipo especial de procesos estocásticos discretos en los que la probabilidad de que ocurra un evento depende del inmediatamente anterior. En el trabajo de Hori y Sagayama (2016), los investigadores realizan una variación al algoritmo de Viterbi, generalmente utilizado para minimizar la complejidad de tocar una frase en instrumentos de cuerda. El cambio introducido en el trabajo de estos investigadores consiste en una variación del algoritmo denominado Minimax algoritmo de Viterbi con el fin de minimizar los movimientos en las frases más complejas de ejecutar, y maximizando la probabilidad de transición apoyados en modelos de cadenas ocultas de Markov (HMM). Una propuesta de composición musical basada en sistemas complejos, donde el autor utiliza sistemas caóticos para la generación automática de música, dado que “facilitan la manipulación de la monotonía melódica y generan fragmentos musicales diferentes, variando un poco las condiciones iniciales del sistema caótico” (Coca, 2009, p.16). Un resumen técnico de esta propuesta metodológica es representado en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama esquemático de la metodología para generación de fragmentos melódicos.

Nota: Fuente. Autoría propia

### Reglas básicas de armonía

La generación de fragmentos melódicos con cierta coherencia discursiva se basa en una combinación de reglas básicas de composición musical, junto con modelos y técnicas de computación. Este conjunto de elementos tiene como fin parametrizar algoritmos que en parte buscan romper la monotonía melódica propia que produce la aleatoriedad. Las reglas de armonía musical se tratan en este trabajo como un conjunto de equivalencias o parametrizaciones de un sistema. Este compendio de reglas tiene uno sus principales referentes en los años 1900 con las propuestas de Heinrich Schenker y Arnold Schoenberg, consideradas contradictorias, que, sin embargo, conllevaron a un cambio que permitió la clasificación de todo acorde formado por la superposición de 3 a 12 notas a partir de un bajo o nota fundamental. La armonía funcional se define como un conjunto de notas simultáneas que generalmente acompañan las melodías garantizando coherencia en el discurso.

### Armonía Funcional

El concepto de armonía funcional es el que se adopta en este trabajo para establecer reglas de parametrización en un sistema. Según Galbis (2006): “cuando hablamos de armonía nos referimos al aspecto vertical de música, los sonidos simultáneos que llamamos intervalos y acordes y a sus posibles encadenamientos” (p. 50). En los años 1900, de acuerdo con el Diccionario Harvard de Música (2001), Hugo Riemann inventó el término armonía funcional en su propuesta Teoría de armonía tonal (1897), definido como la nota principal que recibe el nombre de tónica. Esta es la idea principal que se aplica a los algoritmos de composición musical, componentes clave de toda la estrategia metodológica que se desarrolla a lo largo de este trabajo. Cuando en una guitarra un músico coloca sus dedos en dos o más posiciones en el mástil, realiza la construcción de un acorde. Los acordes en su construcción básica son determinados por reglas de armonía funcional y tradicional, donde el eje central del acorde es la tónica y lo acompañan dos tonos más que se definen como grados; una tercera, conocida como mediate, y una quinta conocida como dominante. Estos grados son definidos en la armonía funcional de la siguiente forma:

- Grado (I) = Tónica

- Grado (II) = Supertónica
- Grado (III) = Mediante o Modal
- Grado (IV) = Subdominante
- Grado (V) = Dominante
- Grado (VI) = Superdominante
- Grado (VII) = Sensible o subtónica

### ***Generación de Acordes***

Otro elemento importante para la reproducción de fragmentos melódicos son los acordes, en el campo de la armonía reciben el nombre de triada mayor consonante para los acordes conformados por tercera mayor y quinta perfecta; de triada menor consonante, conformada por tercera menor y una quinta perfecta, y una triada disminuida, conformada por una tercera menor y una quinta disminuida. La combinación de los anteriores grados en acordes de tres sonidos, compuestos por dos terceras superpuestas y constituyen la base del sistema tonal tradicional. Estos acordes son necesarios para la formación de escalas y están descritos de la siguiente forma: acorde perfecto mayor (3ª mayor + 3ª menor), acorde perfecto menor (3ª menor + 3ª mayor), acorde disminuido (3ª menor + 3ª menor), acorde aumentado (3ª mayor + 3ª mayor) y acorde mayor con 5ª disminuida (3ª mayor + 3ª disminuida). (Roca y Molina, 2006). La configuración básica de un acorde está conformada por la nota raíz o tónica fundamental, la tercera o mediante y la quinta o dominante, configuración que recibe el nombre de tríada.

Cuando se interpreta un acorde de tres sonidos sobre la tónica de una escala mayor, se está interpretando un acorde mayor, y de la misma forma si la interpretación del músico es en una escala menor, el acorde será menor. La diferenciación entre un acorde y otro se da en el tercer tono, que, como su propia denominación indica (mediante o modal), nos dice si el modo es mayor o menor.

### ***Generación de Escalas***

Otro elemento armónico determinante son las escalas, un conjunto de tonos que pueden ser simulados en vectores para flexibilizar su manipulación melódica y ejecutar con cierta aleatoriedad; dependiendo de la configuración de este vector, se pueden formar escalas mayores, menores, así como variaciones de las mismas. Suponiendo una misma escala de tiempos, se consideran doce valores representados en tonos y semitonos, Harte (2010) lo representa en el siguiente conjunto: {C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, B}, que consiste en los doce atributos de tono como se utilizan en la notación de música occidental. Una equivalencia de cada valor de este conjunto de tonos y semitonos se puede identificar como un conjunto de enteros {1,2,..., 12}, donde 1 se refiere al tono C, 2 al tono C#, y así sucesivamente. La forma como se define una escala mayor es una lista de siete tonos y semitonos (T-T-T-S-T-T-T), donde los semitonos hacen la diferencia entre una escala mayor o menor. Un vector binario es el que decide la lógica de tonos y semitonos, un ejemplo es el vector de unos y ceros “[1,1,1,0,1,1,1]” que representa la escala mayor donde uno representa un tono y cero representa un semitono. El vector que representa la escala menor quedaría con un cero en la tercera posición y en la sexta “[1,1,0,1,1,0,1]”.

### ***Extracción de características fuertes***

El sistema MIR que fue diseñado para este proyecto se encarga de extraer el tono principal de la muestra y luego compara el error que arroja el programa frente al tono en el que fue diseñado el fragmento musical. La idea básica del algoritmo es encontrar distancias claves al tono principal; en concreto, intervalos de quinta perfecta, relativa

mayor y menor, y mayor y menor paralela. El sistema MIR que fue diseñado para este proyecto se encarga de extraer el tono principal de la muestra y luego compara el error que arroja el programa frente al tono en el que fue diseñado el fragmento musical. La idea básica del algoritmo es encontrar distancias claves al tono principal; en concreto, intervalos de quinta perfecta, relativa mayor y menor, y mayor y menor paralela ver Figura 2.

RELACIÓN CON LA CLAVE CORRECTA	PUNTOS (c_i)
Igual	1.0
Quinta perfecta	0.5
Relativa mayor/menor	0.3
El mismo pero un modo diferente mayor/menor	0.2
Otra	0.0

Figura 2. Relación con la clave correcta.

Nota: Fuente. ([https://www.music-ir.org/mirex/wiki/2019:Audio\\_Key\\_Detection,2019](https://www.music-ir.org/mirex/wiki/2019:Audio_Key_Detection,2019))

### ***Técnicas de composición musical***

La reproducción de fragmentos melódicos no solo debe ser acotada por reglas de composición musical, las técnicas musicales también son aprovechadas para la estructuración de los mismos. La permutación de series musicales es una técnica de composición musical utilizada desde principios del siglo XX y llamada serialismo, que fue inspirada por el dodecafonismo, otra técnica de composición musical creada por Arnold Schönberg y que está basada en los 12 tonos de la escala cromática. Entre los más reconocidos compositores de la técnica serialista se encuentran Alban Berg y Anton von Webern (Romero, 2004). Esta técnica musical facilita la manipulación melódica a la hora de generar síntesis en un lenguaje de programación.

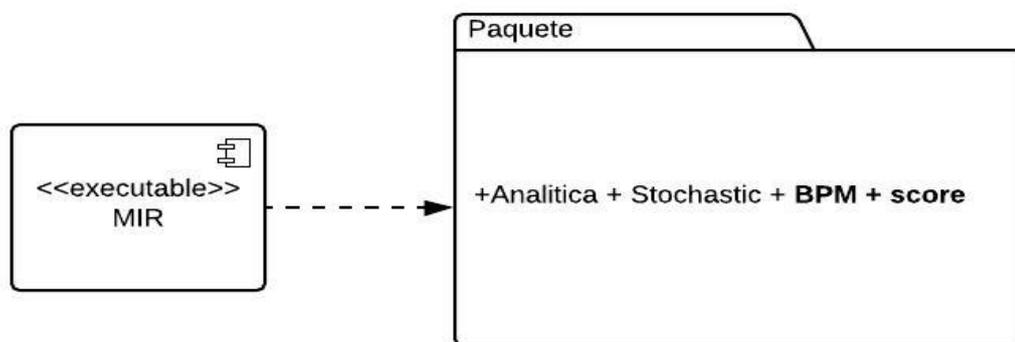
### ***Técnicas de síntesis***

Una matriz estocástica es formada a partir de las características fuertes extraídas a un fragmento de audio. Las matrices programadas en métodos como una estructura sintáctica son las cadenas de Markov, un caso específico de los procesos estocásticos; son una herramienta dentro del campo de la investigación de operaciones que permite analizar el comportamiento y gobierno de determinados tipos de procesos estocásticos. Según Kolman y Hill (2013), plantean que “Una cadena de Markov es aquella en que la probabilidad de que el sistema esté en un estado particular en un periodo de observación dado, depende solamente de su estado en el periodo de observación inmediatamente anterior” (p.119). Cada una de estas cadenas consta de n estados definidos en una matriz de transición T. Esta matriz será generada por un sistema de síntesis especialmente diseñado para este trabajo en el lenguaje de programación Chuck, sus creadores Kapur y otros (2015) lo definen como: “Chuck es un lenguaje de programación diseñado específicamente para la creación de música y síntesis de sonido en tiempo real” (p.3). En este tipo de matrices las probabilidades y cambios de estado son generadas por algoritmos que hacen parte de este sistema de síntesis. Las probabilidades de cambio se representan matemáticamente como el producto de las dimensiones que componen esta matriz, mientras los valores de la matriz serán generados aleatoriamente y no pueden ser negativos. En la presente propuesta se realiza un ajuste para garantizar que la suma de cada fila sea igual a 1. La aritmética aplicada por los algoritmos entre las matrices estocásticas y las escalas musicales produce vectores que contienen melodías ya afectadas por parámetros y reglas de composición. Esta generalización permite encontrar todos los

demás vectores de estado, pero para desarrollar este proceso se requieren una serie de subprocesos, que fueron contruidos como componentes de software. Este sistema es una herramienta lógica orientada a la síntesis de audio y compuesta por módulos que interactúan entre sí con el fin de generar fragmentos melódicos. Esta herramienta toma como materia prima los patrones o metadatos generados en el otro sistema de recuperación, también diseñado en el contexto de esta investigación, esta herramienta se encarga del reconocimiento de características fuertes a muestras digitales de audio.

### ***Estructura lógica de la herramienta para síntesis***

La herramienta orientada a la síntesis musical es un diseño compuesto por módulos que son clases o estructuras sintácticas complejas. Estas estructuras se ejecutan en una máquina virtual en diferentes hilos o programas sincronizados en ejecución para garantizar la eficiencia en tiempo real. Estos subprocesos o hilos se ejecutan en forma serial o paralela. Un modelo que describe este sistema y sus componentes es representado en la Figura 3.



*Figura 3.* Diagrama de componentes del sistema.

Nota: Fuente. Autoría propia

Un fragmento digital de audio de 30 segundos es analizado y como resultado arroja un tono principal correspondiente a una tonalidad de naturaleza mayor o menor, inmediatamente los métodos que ejecutan algoritmos dentro del sistema de síntesis generan escalas mayores, acordes, modos, matrices estocásticas, filtros y vectores.

### ***Clases y métodos***

Un paquete con cuatro complejas estructuras es desarrollado para la generación de matrices estocásticas de transición. Estas matrices son compuestas por números aleatorios y cumplen con las condiciones que requiere una matriz de esta naturaleza. Esta estructura sintáctica, correlacionada cardinal y comunicacionalmente, son la base para la agrupación de los principales métodos de cálculo y generación. En la Figura 5 se representan las clases, métodos y relaciones de las estructuras sintácticas que funcionan como directivas para todos los instrumentos sintetizados que pueden intervenir en la composición de fragmentos. Ver Figura 4.

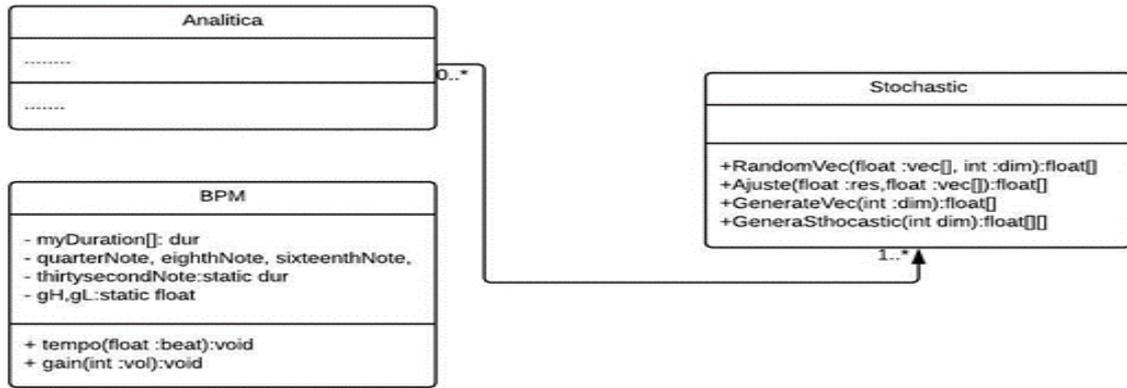


Figura 4. Diagrama de clases principales.

Nota: Fuente. Autoría propia

Un módulo de síntesis ejecuta un objeto orquestador que instancia objetos de las clases de generación y de una clase correspondiente a un instrumento melódico. Una vez se coloca en ejecución, comienza a lanzar métodos de generación hasta escribir un vector melódico y persistente, comportándose como una base de datos para todos los instrumentos musicales de reproducción y diferentes objetos en el sistema de síntesis. En el siguiente diagrama se describe la comunicación entre componentes de software al generar un fragmento melódico, ver Figura 5.

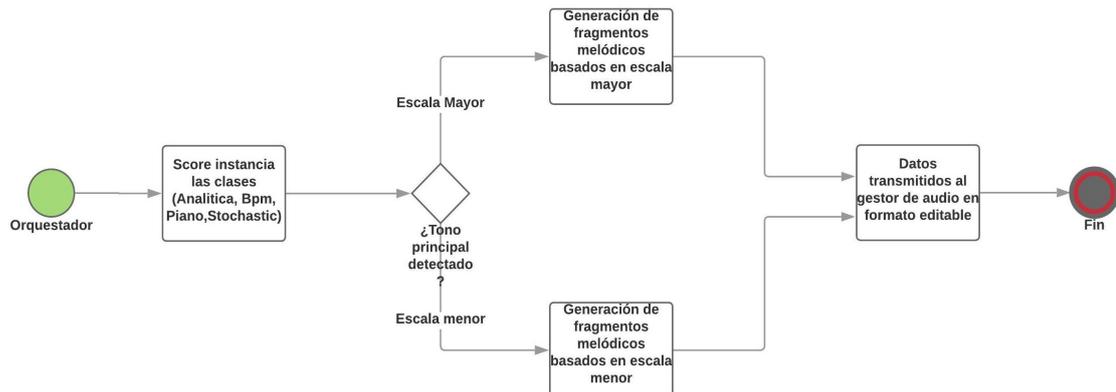


Figura 5. Diagrama de clases principales.

Nota: Fuente. Autoría propia

### Información contenida en los metadatos

Todas las herramientas anteriormente explicadas, que interactúan entre sí, trabajan con el fin de transmitir información a un gestor de audio digital en un formato estándar y editable. Como se puede observar en la figura 3 que ilustra la composición general de la estrategia, cada una de estas técnicas y herramientas aporta datos e información importante para generar fragmentos melódicos, que luego deben ser transmitidos al gestor de audio en formatos MIDI y de audio digital WAV.

Existe una comunicación entre el sistema de extracción de características fuertes y el sistema de síntesis; la comunicación entre estos dos sistemas se consigue por intermedio de metadatos, y a continuación se describe la composición del formato de archivo para los resultados generados por los diferentes módulos del sistema MIR, ver Figura 6.

Módulo	Archivos	Descripción
Análisis Tonal	Nombre_Key.txt	Tonos presentes en ventanas de
	Nombre_KeyEnergy.txt	Energía de los tonos en ventanas de tiempo
	Nombre_KeyMain.txt	Tono principal
Seguimiento del Beat	Nombre_Beats.txt	Instantes de tiempo de ocurrencia de los beats
	Nombre_Tempo.txt	beats/min
Reconocimiento de Acordes	Nombre_Acordes.txt	Acordes en ventanas de tiempo
	Nombre_Tiempos.txt	Instantes de tiempo de los acordes
Estimación	Nombre_F0.txt	Frecuencias fundamentales en ventanas de tiempo
Frecuencia Fundamental	Nombre_Onsets.txt	Instantes de tiempo de los onsets del audio

Figura 6. Definición del formato de archivo para los resultados generados por los diferentes módulos del sistema MIR

Nota: Fuente. Autoría propia

### Generación de escalas

Un conjunto de métodos es utilizado para la generación de escalas, acordes y modos. Estos algoritmos utilizan un vector de unos y ceros que representa la diferencia entre los intervalos de una escala, lo que quiere decir que uno (1) representa una diferencia de dos posiciones y un cero (0) una diferencia de una posición, ver Figura 7.

Octava	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B	
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
2	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
3	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	{0,1,0,1,1,0,1}
4	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	
5	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
6	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	
7	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	
8	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	
9	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	
10	120	121	122	123	124	125	126	127					

Figura 7. Posiciones MIDI vs NOTAS musicales.

Nota: Fuente. Autoría propia

La lógica del programa toma la decisión de sumar un tono o un semitono durante el ciclo de generación de la escala, a la vez que una constante K de forma aleatoria selecciona el modo de una escala musical específica. Un primer método a describir es la generación de las escalas mayores, teniendo en cuenta que se deben fijar reglas de composición musical para las escalas mayores. El método desarrollado en este trabajo arma una cadena numérica representada en un vector de elementos enteros, este vector es equivalente a una lista de valores MIDI posicionadas según la clasificación de la escala que se encuentre en generación. Describiendo la generación de una escala mayor, este

algoritmo toma decisiones según la posición del vector que se encuentre en inicialización. De igual forma, el método generación a la escala mayor es representado a continuación, ver Figura 8.

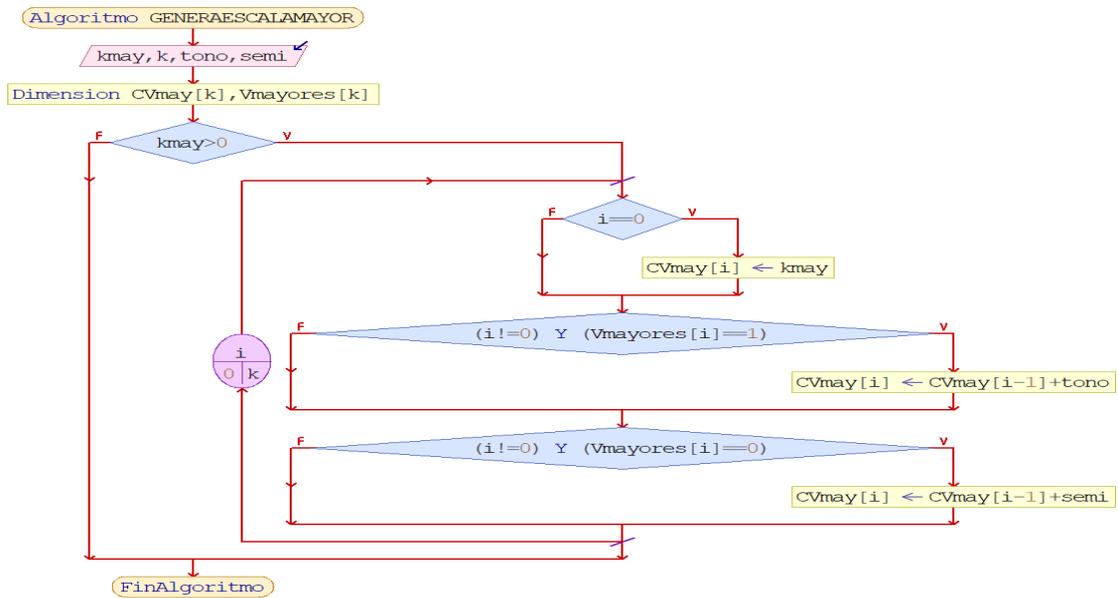


Figura 8. Algoritmo de generación de la escala mayor.

Nota: Fuente. Autoría propia

### Generación de acordes y modos

En el caso de acordes mayores y menores se generan triadas conformadas por los tres tonos básicos a los que se adiciona el VII y IX, a los que el algoritmo aleatoriamente reproduce con menor intensidad. Este algoritmo inicializa el valor del tono dependiendo el valor de cada posición de un vector. Por ejemplo, a la escala mayor le corresponden las posiciones 0, 3 y 4 del vector, que son equivalentes a los acordes mayores. Las posiciones 1, 2 y 5 son correspondientes a los acordes menores. Por último, la posición 6 del vector es correspondiente al acorde disminuido. En el caso de los acordes correspondientes a la escala menor natural, es importante denotar que el algoritmo de generación de estos acordes inicializa el valor del tono dependiendo el valor de cada posición de un vector. Las posiciones (0,3,4) del vector son equivalentes a los acordes menores; las posiciones (2,5,6) son equivalentes a los acordes mayores y, por último, la posición (1) del vector es correspondiente al acorde disminuido. Ver figura 9.

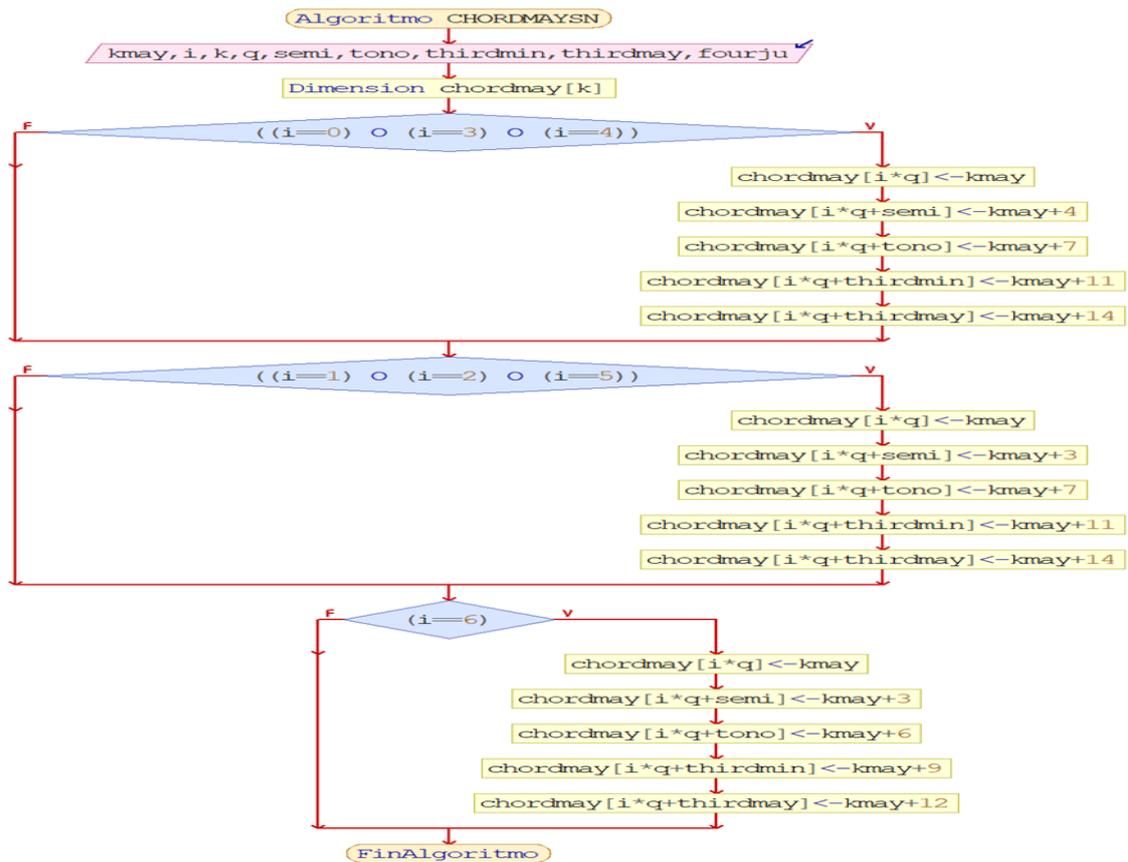


Figura 9. Algoritmo de generación de modos.

Nota: Fuente. Autoría propia

La generación de modos en escalas musicales es otra técnica musical que aporta a la recreación de una escala mayor o menor. A pesar de que las escalas mayores y menores resumen las características de las escalas modales, al recrear la escala o ejecutar su reproducción se acentúan diferencias entre un contexto modal y un contexto tonal Balderrabano (2019). Para este caso, este algoritmo generaliza los modos para las escalas mayores y menores: básicamente recibe como datos de entrada el modo y una constante numérica de intervalos, que corresponde a la constante de sumatoria para transportar la escala recibida a cada uno de los modos. Ver Figura 10.

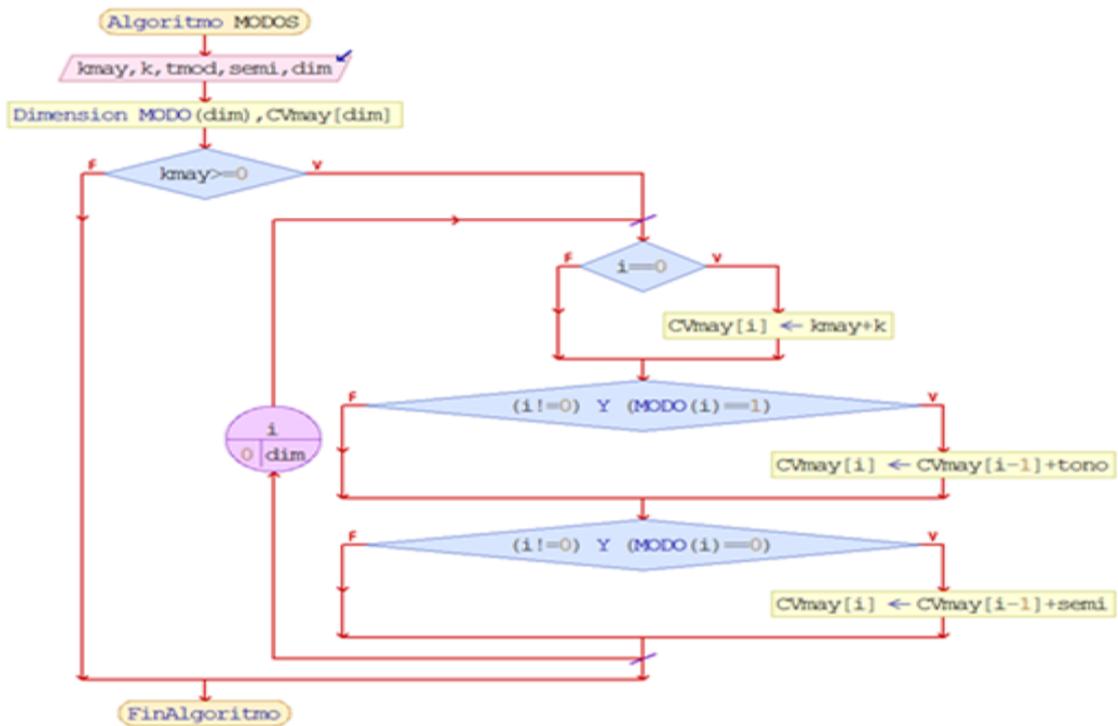


Figura 10. Algoritmo de generación de escalas modales.

Nota: Fuente. Autoría propia

### Generación de fragmentos melódicos

Los productos generados son fragmentos melódicos consistentes en acordes, petriodos, frases o semifrases, que se generan por cada intervalo de tiempo, y se dividen en intervalos que son múltiplos del tiempo inicial detectado para una muestra de audio digital. Para este caso y como están programados los algoritmos de este trabajo, el valor más pequeño para cada frase dependerá de la detección del tiempo a la muestra de audio que realice el sistema de extracción de características fuertes, y de la división que realiza la música al tiempo en figuras blancas, negras, corcheas y semicorcheas, cada figura es múltiplo del tiempo fundamental. La Figura 11 representa la secuencia de actividades, mensajes y procesos hasta llegar al proceso de producción. Una vez que la información es traducida por un software Middleware, que trabaja entre el lenguaje de programación y los canales del gestor de audio, la información es transmitida hasta llegar a los canales del editor en formato de datos MIDI. El productor edita los datos de cada canal haciendo uso de herramientas de edición y transformación del gestor de audio digital.

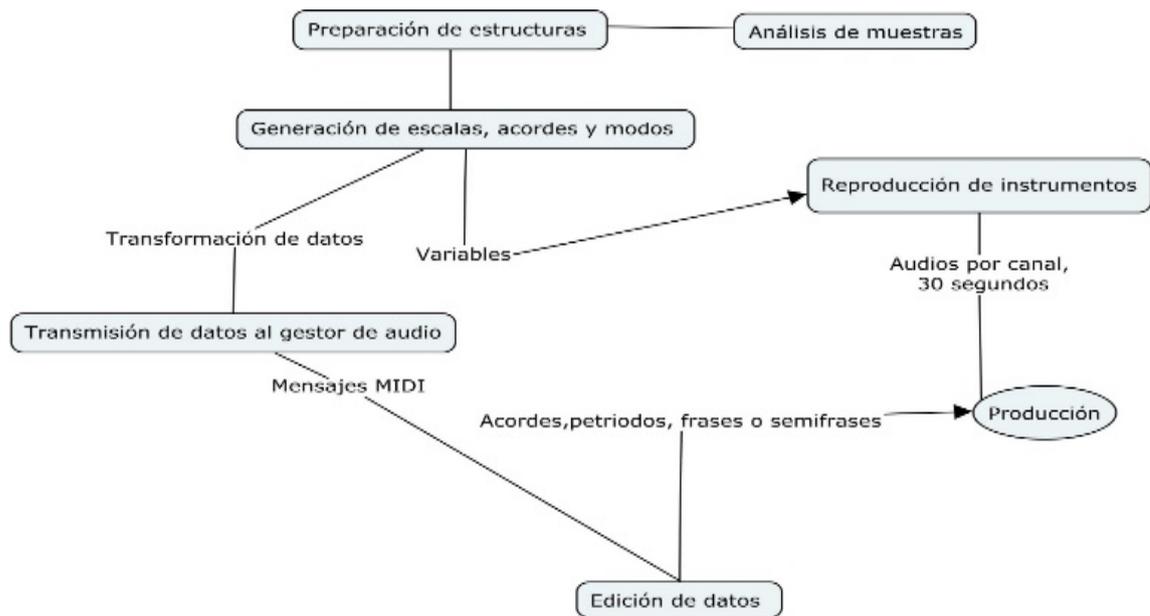


Figura 11. Iteración entre procesos, actividades y mensajes.

Nota: Fuente. Autoría propia

### ***Trasmisión de datos un gestor de audio***

Los datos transmitidos en los canales se convierten en la materia prima para que el productor cree, recree o experimente diferentes escenarios. Esta materia prima se convierte en otros artefactos intermedios, tales como efectos de sonido, arpegios, prolongaciones y todo lo que la creatividad y conocimiento le permita editar a la persona que esté al frente del gestor de audio digital. El accionamiento de dispositivos MIDI y dispositivos interfaz humano computador adiciona un poco más de sensibilidad al fragmento generado por el sistema computacional. Estos dispositivos disparan arpegios y efectos que leen la información generada por el sistema, pero, en este caso, las calidades de estas ejecuciones dependen del dispositivo agregado y la sensibilidad expresiva del ejecutante.

### ***Evaluación perceptiva de fragmentos melódicos y su simplificación***

La evaluación perceptiva de estos fragmentos melódicos requiere de una herramienta para recolectar la opinión de una muestra de expertos, para tal fin se diseña un formulario digital que recoge datos y percepciones aplicadas a una población de músicos, productores e ingenieros, quienes luego de escuchar las reproducciones generadas por estos fragmentos, consignan su percepción en un cuestionario que está compuesto por variables discretas de tipo politómicas.

Los instrumentos utilizados para analizar la información recolectada en los cuestionarios, son herramientas tecnológicas para el análisis de datos y están consolidados en el mercado actual. Por ejemplo, el paquete estadístico para ciencias sociales “SPSS”, diseñado por la casa de software IBM es actualmente una de las aplicaciones líderes en el mercado desde los años 80 SPSS (2020). Otra herramienta utilizada para análisis de resultados es el paquete “XLSTAT”, un aplicativo que se instala dentro de las funcionalidades de Excel y se ancla dentro de sus propios menús haciendo uso de las hojas de datos XLSTAT (2020).

Para analizar y simplificar los resultados consignados en el cuestionario, se utiliza una técnica estadística multivariada en este caso se utilizan la técnica análisis factorial, que es un método de simplificación en subconjuntos de variables, estos subconjuntos representan las calificaciones más relevantes hechas por los evaluadores, además identifican las variables que los expertos consideraron con mayor interés.

### ***Elementos del modelo de evaluación***

En el entorno musical la improvisación se conoce como el arte de producir o concebir una parte de una canción o pieza, que puede ser una melodía o un arreglo sin planear previamente, a partir de algunos recursos disponibles Erkkilä (2000). Uno de los modelos más populares para la evaluación musical fue el implementado por Swanwick (2002) denominado CAP (Composition, Audition and Performance), modelo que luego fue adaptado por Alberola [20] quien realiza su propia versión. En este nuevo modelo, Alberola consideró que los elementos imprescindibles para la evaluación de una interpretación musical son fluidez, sonido, postura, notas y ritmo.

### ***El método estadístico***

En este caso se aplica una técnica estadística llamada análisis factorial, un método de análisis multivariado que presenta ventajas sobre otros métodos estadísticos, pues no es necesario un inmenso conjunto de datos para ejecutar procesos de análisis de datos encontrando buenas medidas de confiabilidad, además con este método se busca explicar la variabilidad en función del número de factores que se evidencian después del procesamiento de datos. Esta técnica también agrupa variables pertenecientes a cada uno de los factores relevantes, y releva la importancia que los encuestados confirman de cada variable al responder el cuestionario.

## **Resultados**

Para el caso de este trabajo, y teniendo en cuenta que la interpretación es realizada por un modelo computacional, se elabora la siguiente propuesta consignada en la Tabla 3, donde se incluyen solo cuatro elementos: sonido, notas, ritmo y edición. La población de expertos que apoyaron la evaluación de esta estrategia computacional estuvo conformada por un grupo de 20 expertos: 10 músicos, 5 productores y 5 ingenieros, los cuales consignaron su opinión en una herramienta de recolección de datos y percepciones. Ver figura 12.

<b>EVALUACIÓN DE FRAGMENTOS MELÓDICOS V 0.0 - 2019</b>
Objetivo: La encuesta que usted diligenciará a continuación evalúa su percepción de un fragmento melódico generado por un modelo computacional, por lo cual es indispensable que sus respuestas sean justas y neutrales. Le solicitamos marcar con una X la calificación que mejor refleje su opinión frente a cada criterio a evaluar, siendo 1=Muy deficiente, 2=Deficiente, 3=Aceptable, 4=Bueno, 5=Excelente.
<b>1. Sonido</b>
a) La reproducción de los sonidos son claros, no confusos y consistentes.
b) Se oyen claramente las distintas alturas y combinaciones de instrumentos.
c) Se oyen claramente los distintos acordes y tonos.
d) La duración de la reproducción de este fragmento melódico es ideal para recrear nuevos escenarios.
<b>2. Notas</b>
a) Los acordes que acompañan a las melodías reproducidas por este modelo computacional son correspondientes y sonoros.
b) Los fragmentos melódicos reproducidos por el modelo computacional son coherentemente discursivos, lo que quiere decir que son coherentes y consistentes en el tiempo que dura su reproducción.
c) El fragmento melódico reproducido por el modelo computacional no es monótono, presenta variabilidad y dinamismo durante el tiempo que dura su reproducción.
<b>3. Ritmo</b>
a) Las notas musicales y acordes se reproducen con ritmo y a tiempo entre los diferentes instrumentos.
b) El fragmento melódico reproducido por el modelo computacional no es monótono en ritmo, presenta variabilidad y dinamismo durante el tiempo que dura su reproducción.
<b>4. Edición</b>
a) La información transmitida por el modelo computacional es fácilmente transformable y reutilizable.
b) Los sonidos reproducidos por este modelo computacional propician la creación de nuevos fragmentos de canciones o escenarios.
<b>Sugerencias u observaciones:</b>

Figura 12. Formulario de evaluación de fragmentos melódicos.

Nota: Fuente. Autoría propia

Un primer análisis realizado a las (N=20) calificaciones hechas por los expertos o productores evidencia que las consideraciones realizadas son de una estrecha diferenciación, ya que los valores de la desviación típica oscilan entre (SD=0.089 y SD=0.150), de igual forma, las medidas de la media oscilan entre (M=3.70 y M=4.03). De un total de (N=20) casos, ninguno fue excluido, ni tampoco fue necesario realizar la eliminación de algún caso, lo que quiere decir que la eliminación de algún caso no conllevaría a mejorar los porcentajes de correlación de la matriz de datos.

Partiendo de que la mayoría de las variables presentan interrelaciones significativas, se afirma que las relaciones existen porque las variables son manifestaciones comunes de factores "no observables" de forma directa. En este análisis se pretende llegar a un cálculo de esos factores, resumiendo datos, clarificando las

relaciones entre las variables y sin pérdida excesiva de información (Mahía, 2011). El proceso de análisis factorial proporciona una imagen de la estructura profunda de un conjunto de variables a procesar. Una vez se procesa este conjunto de variables, se optimiza a una estructura más simple, con menos dimensiones, de donde se obtiene la misma información generalizando el entendimiento de los datos obtenidos en toda la muestra. De esta manera se simplifica el modelo, eliminando redundancias expresadas en altas correlaciones entre variables, dando como resultado un conjunto de variables en factores estructurales. Asensio (2015) afirma que “el análisis factorial simplifica las múltiples y complejas relaciones que puedan existir entre un conjunto de variables observadas  $X_1, X_2, \dots, X_p$ .” (p. 165).

El resumen de casos procesados en la presente muestra arroja una buena medida de fiabilidad Alpha de Cronbach’s (coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida). En este caso, la medida es ( $\alpha= 0.886$ ), por tanto, se procesan la totalidad de los 20 casos para 11 variables. A continuación, se describen los resultados de la prueba de fiabilidad resumidos en tablas. González Alonso & Pazmiño Santacruz (2015) definen al Alpha de Cronbach’s como un indicador indispensable para evaluar el grado de correlación entre las variables de un instrumento. También es importante resaltar que los dos primeros factores explican más del 50% del total de la varianza. Esto permite afirmar que en los dos primeros componentes se confirma la mayor cantidad de calificaciones hechas por los expertos. Ver figura 13.

	Iniciales	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Saturaciones al cuadrado de la rotación				
		Total	Varianza	Acumulado	Total	Varianza	Acumulado		
Compo1	5,247	47,7	47,7	5,247	47,7	47,7	3,124	28,404	28,404
Compo2	1,171	10,645	58,345	1,171	10,645	58,345	1,96	17,817	46,221
Compo3	1,096	9,96	68,305	1,096	9,96	68,305	1,921	17,464	63,685
Compo4	1,008	9,163	77,468	1,008	9,163	77,468	1,516	13,783	77,468

Figura 13. Resumen de la varianza explicada.

Nota: Fuente. Autoría propia

La suma acumulada de los cuatro primeros componentes acumula un total de  $V=77.468\%$ , esto significa que la gran mayoría de varianza explicada es contenida en estos cuatro componentes. Al realizar un análisis factorial exploratorio con base en la teoría subyacente de que los factores son independientes, Choque (2014) afirma que: “VARIMAX es un método que busca redistribuir la varianza a lo largo de todos los componentes en la matriz de carga” (p.103).

La selección de los pesos de las variables que componen cada factor se realizará de forma manual, seleccionando la variable de mayor peso en cada factor. Una vez agrupadas las variables de mayor valor dentro de la matriz, se resaltan como el subconjunto que forma cada componente, como se ilustra en la Figura 14.

COMPONENTE	1	2	3	4
NOTAS2	0,91	0,199	0,086	0,056
EDICIÓN2	0,79	0,023	0,297	0,329
EDICIÓN1	0,75	0,412	0,307	0,13
SDURACIÓN	0,7	0,323	0,076	0,015
RITMO1	0,5	-0,03	0,414	0,25
NOTAS1	0,19	0,885	0,294	-0,08
SCLAROS	0,38	0,654	-0,06	0,401
SACORDES	0,17	0,6	0,274	0,547
NOTAS3	0,06	0,231	0,864	0,137
RITMO2	0,39	0,128	0,79	0,062
SCOMBINA	0,14	0,07	0,128	0,915

Figura 14. Componentes formados de la encuesta.

Nota: Fuente. Autoría propia

Aunque los resultados del análisis factorial arrojan la misma cantidad de factores que los propuestos inicialmente en la herramienta de evaluación, estos sufren una nueva organización y son compuestos por otras variables. Estos factores evidencian esa estructura subyacente que emerge después de un exhaustivo procesamiento de los datos. La nueva organización se plantea en la figura 15:

Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
X16=NOTAS2	X5=NOTAS1	X7=NOTAS3	X2=SCOMBINA
X11=EDICION2	X1=SCLAROS	X9=RITMO2	
X10=EDICION1	X3=SACORDES		
X4=SDURACION			
X8=RITMO1			

Figura 15. Factores resultantes.

Nota: Fuente. Autoría propia

### Discusión y conclusiones

Después de un total de seis rotaciones de la matriz de datos, el total de la varianza explicada en todos los factores inclina la balanza hacia el primer factor, donde se confirma el 28.404%. Este porcentaje reafirma de manera muy importante las posibilidades de edición y reutilización, dada la influencia de cada una de las variables en este primer factor de posibilidades y flexibilidad para crear nuevos escenarios. Esto permite afirmar que esta calificación es significativa y se acerca de forma cualitativa y cuantitativa a lo propuesto en los objetivos de esta estrategia metodológica. Los demás factores definen independientemente una varianza aproximada del 17% por cada uno, lo que permite concluir que las variables agrupadas en el primer factor fueron las más relevantes para las personas que diligenciaron el instrumento de evaluación. Un reacomodamiento de las variables en cada uno de los factores permite generar una visión más organizada de la estructura que compone cada factor. La evaluación de fragmentos melódicos se agrupa en factores, y a la vez cada factor agrupa diferentes variables. En el caso del Factor 1 que es el más relevante para la flexibilización del proceso de producción de música pop, las variables que lo conforman son (X4,X6,X8,X10,X11); el Factor 2 evalúa la dimensión de claridad y sonoridad en los distintos tonos y acordes, este factor quedó compuesto por las variables (X1,X3,X5); el Factor 3 evalúa la dinámica en la reproducción del fragmento y quedó compuesto por las variables (X7,X9), y el Factor 4 evalúa la mezcla entre los diferentes instrumentos y solo lo compone la variable X2. Ver figura 16.

Factor	X=Promedio Aritmético, confirma un	Categoría
1, Posibilidades y flexibilidad	V=28,404% de la varianza	
X4	3.7	Aceptable
X6	4	Buena
X8	3.7	Aceptable
X10	3.9	Aceptable
X11	3.8	Aceptable

Figura 16. Factores resultantes.

Nota: Fuente. Autoría propia

El diseño de esta estrategia metodológica permite la integración de diferentes métodos y tecnologías que, al unirlos, logran generar una información editable y reutilizable en un escenario diferente al que fue planteado en la composición inicial por el productor. También es importante resaltar que esta micro arquitectura diseñada en el sistema de síntesis, permite la ejecución con dispositivos de interacción humana computador; dispositivos que, al generar eventos dentro del sistema de síntesis, son una opción más expresiva a la monotonía que por naturaleza propia trata de imponer la aleatoriedad.

Al ser Chuk un lenguaje de programación relativamente joven y con una gran orientación a la síntesis de audio, no goza de una fuerte popularidad en muchas facultades de arte o ingeniería. Por tal motivo, no existe en el mundo una inmensa comunidad de desarrolladores que compartan un amplio conjunto de librerías con enfoque estadístico matemático. Esta escasez de librerías de libre acceso hace que el desarrollo de este tipo de proyectos a partir de este lenguaje sea más largo y cuidadoso.

Para el desarrollo de este trabajo no fue conveniente hacer uso de todas las características fuertes extraídas a muestras de audio. Al extraer muchas variantes de energía de una muestra, desde cualquier técnica de extracción, se logran acercamientos importantes a la muestra original. Esta situación no es favorable para los objetivos de este trabajo, por lo tanto, se debe tener prudencia con la cantidad de características extraídas.

### Referencias

- Alberola, R. P. (2001). La evaluación de las actividades musicales. Contextos educativos: *Revista de educación*, (4), 329-340.
- Asensio, F. M. (2015). Técnicas de investigación de mercados. RC Libros.
- Balderrabano, S. (2019). *Escalas, cadencias y timbres en la música tonal. Algunas reflexiones acerca del concepto "tonalidad"*.
- Choque, M. A., & Araya, D. P. (2014). Una modificación al método varimax para delimitar Regiones Urbanas Funcionales usando la vecindad espacial. Investigaciones regionales. *Journal of Regional Research*, (30), 103-126.
- Coca, A. E. (2009). Composición automática de fragmentos musicales con sistemas dinámicos caóticos y bifurcaciones. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/3518/#sthash.NFM81R8F.dpa>
- Erkkilä, J. (2000). A proposition for the didactics of music therapy improvisation. *Nordisk Tidsskrift for Musikterapi*, 9(1), 13-25. doi:10.1080/0809 8130009477982.

- Galbis, C. (2006). *Armonía funcional*. Buenos Aires, Argentina: Melos (Ricordi Americana).
- González Alonso, J., & Pazmiño Santacruz, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista publicando*, 2(1), 62-67.
- Harte, C. (2010). *Towards automatic extraction of harmony information from music signals*. University of London. Retrieved from <http://qmro.qmul.ac.uk/jspui/handle/123456789/534>
- Hiller, L. A., e Isaacson, L. M. (1979). *Experimental Music; Composition with an electroMnic computer*. Connecticut, Westport: Greenwood Publishing Group Inc.
- Hori, G. & Sagayama, S. (2016). Minimax Viterbi Algorithm for Hmm-Based Guitar Fingering Decision. In *Proc. 17th International Society for Music Information Retrieval Conference*. (pp. 448–453).
- Inoñán, M.J. (2010). Compositor automático de música aleatoria siguiendo una melodía patrón. Trabajo de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/521>
- Kapur, A., Cook, P., Salazar, S., & Wang, G. (2015). *Programming for musicians and digital artists* (p. 3). NY.
- Kolman, B. (2013). *Algebra Lineal. Fundamentos y aplicaciones/por Bernard Kolman y David R. Hill* (No. 512.5 K6 2013.).
- Mahía, R. (2011). Análisis factorial. Retrieved from [http://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/factorial.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/factorial.pdf) Consulta, 23-03-2017.
- Romero, M. D. (2004). Las matemáticas en el serialismo musical. *Sigma: revista de matemáticas= matematika aldizkaria*, (24), 93-98.
- Rumsey, F., y McCormick, T. (2004). *Sonido y grabación: introducción a las técnicas sonoras* (2ª edición). España: Instituto Oficial de Radio y Televisión.
- SPSS Software. (2020). Retrieved from <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>
- Swanwick, K. (2002). *Teaching music musically*. Routledge.
- Thorogood, M., Fan, J., & Pasquier, P. (2019). A framework for computer-assisted sound design systems supported by modelling affective and perceptual properties of soundscape. *Journal of New Music Research*, 1-17.
- Turchet, L. (2018). Smart Musical Instruments: vision, design principles, and future directions. *IEEE Access*, 7, 8944-8963.
- Turchet, L., & Barthet, M. (2019). An ubiquitous smart guitar system for collaborative musical practice. *Journal of New Music Research*, 48(4), 352-365.
- Turchet, L., Fischione, C., Essl, G., Keller, D., & Barthet, M. (2018). Internet of musical things: Vision and challenges. *IEEE Access*, 6, 61994-62017.
- XLSTAT | Statistical Software for Excel. (2020). Retrieved from <https://www.xlstat.com/>

**Fecha de recepción:** 01/01/2020

**Fecha de revisión:** 21/09/2020

**Fecha de aceptación:** 25/10/2020

# PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



## Cómo citar este artículo:

Ugarte-Salva, E. & Alvarez-Risco, A. (2020). Diseño socio-técnico de los servicios de tercer nivel de atención salud pública de la región Cusco, Perú. *Project, Design and Management*, 2(2), 43-58. doi: 10.35992/pdm.v2i2.544

## IMPLEMENTACIÓN TÉCNICO – SOCIAL DE SERVICIOS DE SALUD DE TERCER NIVEL DE ATENCIÓN DE LA REGIÓN CUSCO, PERÚ

**Efrain Ugarte-Salva**

Universidad Andina del Cusco (Perú)

[efrainugartesalva@hotmail.com](mailto:efrainugartesalva@hotmail.com) · <https://orcid.org/0000-0003-4248-9011>

**Aldo Alvarez-Risco**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Tecnológica: Lima (Perú)

[aralvare@ulima.edu.pe](mailto:aralvare@ulima.edu.pe) · <https://orcid.org/0000-0003-0786-6555>

**Resumen.** Objetivo. Determinar la propuesta de rediseño del sistema público de atención de salud del tercer nivel de la región Cusco para que sirva para la mejora de la capacidad resolutoria de los hospitales en el tratamiento de enfermedades crónico degenerativa. Metodología: Se utiliza un enfoque cualitativo y cuantitativo mediante el análisis de los datos obtenidos en la revisión documental. Es así que tan importante es el trabajo de campo como acoger guías procedimentales. Resultado: Se encontró que el rediseño del sistema público de atención de salud del tercer nivel de la región Cusco necesita cambios que permitan la mejora de la gestión; asimismo, implica la construcción del Hospital de Especialidades III-E, el Hospital Antonio Lorena permanece con la categoría III-1 y el actual Hospital Regional se convierte en el Hospital Regional de Emergencias en el contexto del modelo organizacional de salud regional basado en criterios socio – técnicos. Discusión: Se reducen notablemente las referencias a hospitales nacionales e Institutos de la capital, de manera que el sistema regional público de salud se convierte en un anillo de contención del diagnóstico y tratamiento de enfermedades prevalentes no transmisibles, fortaleciendo de esta manera la red nacional. Finalmente, como consecuencia del estudio se dispone de un marco teórico a partir del cual se explican de mejor manera los determinantes de salud.

**Palabras clave:** Tipología societal, transición en sanitaria, transición epidemiológica, transición demográfica, modelo organizacional, perfil epidemiológico.

## SOCIO - TECHNICAL DESIGN OF THIRD LEVEL SERVICES OF PUBLIC HEALTH CARE IN THE CUSCO REGION, PERU

**Abstract.** Objective. Determine the proposal to redesign the public health care system of the third level of the Cusco region so that it serves to improve the resolution capacity of hospitals in the treatment of chronic

degenerative diseases. Methodology: A qualitative and quantitative approach is used by analyzing the data obtained in the documentary review. Thus, field work is as important as hosting procedural guides. Result: It was found that the redesign of the public health care system of the third level of the Cusco region needs changes that allow the improvement of management; Likewise, it implies the construction of the III-E Specialty Hospital, the Antonio Lorena Hospital remains in category III-1 and the current Regional Hospital becomes the Regional Emergency Hospital in the context of the regional health organizational model based on socio-economic criteria. - technicians. Discussion: References to national hospitals and institutes in the capital are notably reduced, so that the regional public health system becomes a containment ring for the diagnosis and treatment of prevalent non-communicable diseases, thus strengthening the national network. Finally, as a consequence of the study, a theoretical framework is available from which the determinants of health are better explained.

**Keywords:** Society typology, health transition, epidemiological transition, demographic transition, organizational model, epidemiological profile.

### **Introducción**

Diversos aspectos actualmente explican el inusitado desarrollo de la humanidad, entre ellos los avances en tecnología digital y medios de comunicación que de manera conjunta han generado un proceso acelerado, en términos generales, de reordenamiento de la economía mundial y un alineamiento cultural en torno a la globalización. Este proceso acelerado se ha convertido en pauta para que muchos países logren un lugar dentro de la “aldea global” a través de mecanismos complejos de asimilación y acomodación.

Otro concepto que deviene de esta primera reflexión es la capacidad de los Estados para modular esta transición desde ambas perspectivas a través de mecanismos complejos mencionados y velocidad de estos. La modulación de la transición tiene que ver fundamentalmente con niveles de competitividad y productividad de la población, cuyos pilares, está demás decirlo, son la educación y la salud. Estados que hoy disfrutan de una estabilidad económica y bienestar de salud se debe precisamente a que han podido gestionar la transición respecto a las demandas del nuevo orden económico, social y político; mientras que aquellos Estados en los que prevalecen conflictos sociales, económicos y políticos tradicionales la modulación de la transición muestra dificultades en su gestión.

Se ha podido reconocer en diversos estudios la necesidad de asegurar la efectividad y seguridad de los tratamientos farmacológicos (Alvarez-Risco, Villasante-Herrera y Del Aguila-Arcenales, 2013; Alvarez-Risco, Roman-Calsine y Del Aguila-Arcenales, 2013; Alvare et al., 2013; Enciso et al., 2016; Alvarez-Risco, Quiroz-Delgado y Del-Aguila-Arcenales, 2016; Mejía-Acosta et al., 2016; Silva-Villanueva et al., 2017; Del-Aguila-Arcenales et al., 2018; Alvarez-Risco, Del-Aguila-Arcenales y Diaz-Risco (2018), Alvarez-Risco y Del-Aguila-Arcenales, 2019; Zhang et al., 2020).

Para efectos de focalización del tema de salud regional y la necesidad de su rediseño conviene la centralización del texto en la transición y su relación con la salud, sin que eso implique soslayar temas, sino, contextualizarlos significativamente. Entonces, el concepto de transición en salud implica entenderlo dentro de tres perspectivas que implican transformaciones, la primera, la trayectoria que siguen las enfermedades conforme a las distopías societales consecuencia de los determinantes; la segunda, la prevalencia de enfermedades en ciertos nichos poblacionales en periodos determinados; y la tercera, la capacidad de respuesta organizada en salud de parte del Estado para atender las trayectorias que siguen las enfermedades.

Asimismo, la capacidad de modulación por parte del Estado no se circunscribe únicamente al manejo de los factores exógenos sino sobre todo a la preservación de la

calidad de vida como condición previa de la habitabilidad, es decir, la calidad de vida derivada de los factores psicológicos antecedentes de la condición del habitar, de manera que un lugar habitable deviene en la estructura física, psicológica y social donde la población extiende su potencial humano.

Sin embargo, las evidencias sobre la degradación de la calidad de vida y la habitabilidad en algunos lugares del mundo son fehacientes; el estudio reconoce que la naturaleza entrópica del universo pone a la humanidad en la impronta del caos y el orden y al conocimiento como mecanismo de superación de tal impronta, de manera que, la educación y el nivel alcanzado por una sociedad va en proporción directa con la calidad y habitabilidad del lugar que ocupa, por consiguiente, los ciclos de caos y orden de la entropía se van alternando conforme el desarrollo de la humanidad y el conocimiento se convierte en mediador de la alternancia con la finalidad de no poner en riesgo ambas condiciones. Claro ejemplo es la reacción del sistema de salud surcoreano cuyo control fundamentado en la educación de su población ha permitido disminuir la propagación del virus COVID-19 y contrarrestar sus efectos; a diferencia del resto de naciones. Otro componente de la visión teórica del estudio consiste en desafiar los enfoques ortodoxos de la salud desde la teoría general de sistemas incluyendo la perspectiva sociológica para procurar un enfoque totalizante. En este sentido, de lo que se trata es poner en evidencia las causas que vienen acelerando o no la transición epidemiológica y los efectos que ocasionan sobre la población y sus sistemas sanitarios.

Entonces, hoy en día, ciertos determinantes económicos, sociales y biológicos van generando un efecto dominó sobre la transición epidemiológica, es decir, las causas de morbi mortalidad ya no son las enfermedades trasmisibles como las infecciones sino las no trasmisibles como las degenerativas; las reemergentes como los procesos virales con mayor agresividad; y mentales como el estrés y la depresión consecuencia de la presión laboral y el consumo, que exige mayor complejidad, mayor capacidad resolutive tanto en el diagnóstico como en el tratamiento en hospitales. Respecto a la afección sobre la transición demográfica se sabe que las enfermedades degenerativas muestran su prevalencia en población de la tercera edad, las reemergentes y mentales afectan de manera transversal a la población.

El sistema público de prestaciones de salud nacional y regional tiene dificultades para enfrentar este nuevo perfil epidemiológico y desafía su endeble capacidad resolutive y pone en crisis su sistema de referencia y contra referencia, y sobretodo genera en la población una percepción de desconfianza de la calidad de atención y servicio. En el escenario de perfiles epidemiológicos emergentes se torna indispensable revisar bibliografía sobre los paradigmas en salud y su vigencia, los modelos de atención de salud para ver su correspondencia, los sistemas de salud para evaluar su eficacia, y los modelos organizacionales en los que se sustenta todo sistema; y con estos insumos plantear la propuesta de rediseño del sistema público de atención de salud del tercer nivel de la región Cusco, para mejorar la capacidad resolutive de los hospitales en el tratamiento de enfermedades crónico degenerativas.

Para situaciones de salud y enfermedad y su contexto de ocurrencia se inicia con los estudios sobre transición epidemiológica de Omran et al. (2005) para construir una visión de la evolución de las enfermedades sobre teorías si bien es cierto cuestionables, pero rescates valiosísimos en algunos tópicos. De la misma manera, se refieren estudios sobre modelos organizacionales parte fundamental de los sistemas de salud; en este sentido se realiza un deslinde conceptual con soporte en estudios del instituto Tavistock y otros; sin embargo, mención especial merecen los intentos reconocidos por organizaciones supranacionales como la Organización Mundial y Panamericana de Salud en temas de reforma de la atención de salud en hospitales en países como Brasil, Chile y Argentina con

el apoyo de la Cooperación Técnica de algunos países de la Comunidad Europea en el marco del mejoramiento del funcionamiento, la gestión, la eficiencia y la calidad de la atención de la salud brindada por los hospitales. En este sentido, trabajo alguno que se circunscriba en el objetivo citado no podría prescindir de la literatura generada como consecuencia de este largo debate académico y político; de hecho, esta literatura debería estar incluida, en la medida de lo viable, en sendos documentos nacionales sectoriales de gestión de la atención médica de tercer nivel en los gobiernos.

Sin embargo, el seguimiento bibliográfico realizado sobre el tema en el Perú permite concluir en la ausencia de conceptos importantes sobre el mejoramiento de la atención de salud en hospitales de tercer nivel. Esta omisión se debe en gran medida a dos factores, primero a la gravedad de la situación del sistema de salud pública nacional ende regional y segundo, la crisis de gobernabilidad por la que viene atravesando el país a lo largo de estas dos últimas décadas; situación crítica que si es comentada en diversos foros pero que no se otea eventuales soluciones. Sin embargo, se ha comprobado el exquisito debate sobre el tema al interior de las universidades pero que no logra trascender a la esfera pública. Mientras tanto, la percepción negativa del sistema de salud pública por parte de la población continua en aumento. En el Perú, es común asistir a declaraciones políticas del gobierno como la universalización de la atención de salud como derecho fundamental de la persona, pero sin compañía del financiamiento; que lo único que se conseguirá es agravar la situación de la atención de salud hospitales en sus tres grandes componentes: recurso humano, equipo biomédico e infraestructura. Para efectos de tener una perspectiva adecuada respecto de las investigaciones previas realizadas sobre el mejoramiento de la gestión de la atención de salud en hospitales de tercer nivel se ha tenido acceso al documento elaborado por encargo bipartito entre la Organización Panamericana de la Salud y la Cooperación Técnica del gobierno francés a través de la Asociación de Cooperación para el Desarrollo de los Servicios de Salud en el que trabajaron profesionales de la salud expertos en desarrollo, gestión y evaluación de servicios sanitarios, gestión del recurso humano, manejo de sistemas de información y gestión hospitalaria. Este equipo de investigadores realizó un estudio a lo largo de dos años sobre la transformación de la gestión de hospitales en Latinoamérica y el Caribe a inicios de siglo, momento crucial para la sociedad global; cuyas conclusiones conviene poner en relieve debido a que algunas de ella sirvieron de motivación al presente estudio, ergo, continuidad a los conceptos en él planteados; y que en este momento cabe su oportunidad en citarlos.

### **Método**

El planteamiento metodológico considera aspectos preliminares como el posicionamiento del investigador respecto a la realidad a investigar, su abordaje cualitativo y cuantitativo y aprovechamiento en el desarrollo del artículo. El propósito de este enfoque es que el investigador asuma el desarrollo metodológico del artículo de manera dinámica y flexible, dado el enfoque relacional que exige, e intenta aclarar la variedad de herramientas disponibles. Es así que tan importante es el trabajo de campo como acoger guías procedimentales. El diseño metodológico planteado está condicionado a factores asociados a referentes empíricos y a conceptualizaciones de las preguntas de investigación. Respecto a los referentes empíricos se analiza para vincularla con la parte de la realidad a observada.

La opción de enfoque no pasa únicamente por el posicionamiento del investigador, sino por la naturaleza inherente a cada del objeto y su relación con los objetivos e intereses del investigador. De manera que estas dos opciones no son excluyentes a la hora de diseñar la metodología de investigación. Es así como la triangulación como enfoque se presenta como opción a esta polarización, es decir, que el investigador podrá recabar datos con

herramientas de ambos enfoques. Entonces la triangulación como enfoque opcional tiene la característica de ser complementaria; donde los enfoques cualitativo y cuantitativo se nutren uno al otro para producir conocimiento que ambos de manera aislada no podrían. El tema de salud es complejo de allí que las técnicas y herramientas de recolección de datos, análisis e interpretación de datos deberán ser diversos. Los escenarios de intervención no están preconcebidos, sino que son construidos por el investigador que es de donde se obtendrá la información que él transformará en dato y permitirá obtener las conclusiones en relación con las preguntas de investigación. El análisis e interpretación de datos es esencial; solo a través de esta instancia pueden identificarse categorías, variables e indicadores que permitirán cumplir con los objetivos del artículo. Dentro del enfoque cualitativo se pueden disponer de métodos de recolección de datos como contexto y profundidad para determinar el trasfondo de los pensamientos y experiencias de las personas; exploración y descubrimiento, así como la interpretación para una comprensión de porqué las cosas son así.

## **Resultados**

### ***Transición epidemiológica***

#### *Determinantes de salud en la región Cusco versus perfil epidemiológico*

Los hábitos y estilo de vida vienen propiciando la transición de enfermedades no transmisibles; respecto a las enfermedades crónicas la tabla 1 muestra que la región se encuentra en el promedio nacional de las enfermedades crónicas con 11.0% y 8.6%.

Tabla 1

*Perú: Tasas de mortalidad estandarizadas por grupos de causas por cada 10 000 habitantes – 2016*

<b>Región</b>	<b>Enfermedades transmisibles</b>	<b>Tumores</b>	<b>Enfermedades del aparato circulatorio</b>	<b>Causas externas</b>
AMAZONAS	13.8	11.3	23.2	14.3
ÁNCASH	15.0	10.1	11.2	8.9
APURÍMAC	18.9	9.6	10.1	15.3
AREQUIPA	11.8	11.0	7.8	6.7
AYACUCHO	18.4	12.2	8.7	13.4
CAJAMARCA	14.4	12.4	14.9	9.6
CALLAO	12.6	11.0	9.1	2.0
CUSCO	15.6	11.0	8.6	17.7
HUANCAVELICA	16.2	14.3	9.4	14.4
HUÁNUCO	13.8	16.4	10.0	12.2
ICA	14.0	9.2	9.6	4.1
JUNÍN	16.1	13.5	7.9	11.0
LA LIBERTAD	10.9	11.3	12.3	5.2
LAMABAYEQUE	9.8	12.2	9.4	5.0

LIMA	13.0	12.0	8.3	2.6
LORETO	25.2	12.0	9.8	4.7
MADRE DE DIOS	25.5	10.2	7.0	14.2
MOQUEGUA	10.3	12.3	6.5	8.7
PASCO	16.8	14.0	11.2	14.3
PIURA	13.3	11.2	13.9	4.3
PUNO	16.4	7.3	8.6	13.0
SAN MARTIN	17.5	11.7	12.5	11.1
TACNA	13.9	10.9	7.7	7.9
TUMBES	18.5	10.5	17.7	5.0
UCAYALI	22.0	11.8	14.1	7.2
<b>PROMEDIO NACIONAL</b>	<b>15.7</b>	<b>11.6</b>	<b>10.8</b>	<b>9.3</b>

Nota: Fuente: Ministerio de Salud (2018)

#### *Transición epidemiológica y mortalidad por grupos de causas*

La tabla 2 muestra que en tercer y cuarto lugar se hallan las enfermedades del aparato circulatorio y neoplásicas con 14.63% y 13.64% respectivamente.

Tabla 2

*Cusco: Mortalidad según grandes grupos de causas 2007 – 2016*

Nº	GRANDES GRUPOS DE CAUSAS, LISTA 10/100		%
1	LESIONES Y CAUSAS EXTERNAS	19 186	25.85
2	ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	12 267	16.53
3	ENFERMEDADES DEL APARATO CIRCULATORIO	10 860	14.63
4	ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS	10 122	13.64
5	ENFERMEDADES DEL SISTEMA DIGESTIVO	7 465	10.06
6	ENFERMEDADES METABÓLICAS Y NUTRICIONALES	3 383	4.56
7	DEMÁS ENFERMEDADES	3 058	4.12
8	ENFERMEDADES DEL SISTEMA RESPIRATORIO	2 745	3.7
9	AFECCIONES PERINATALES	2 705	3.64
10	ENFERMEDADES MENTALES Y DEL SNC	2 421	3.26

Nota: Fuente: Ministerio de Salud (2018)

#### *Transición epidemiológica, egresos hospitalarios y motivo de consulta*

Respecto a la transición epidemiológica hacia enfermedades crónico-degenerativas el reporte de egresos del ministerio a nivel nacional la tabla 3 muestra que las enfermedades vienen mostrando prevalencia en un 21.0%. que incluye enfermedades del tipo genito urinario, cardiovascular, neoplásicas, de la piel y neuropsiquiátricas.

Tabla 3

*Cusco: Diagnóstico de egresos hospitalarios en IPRESS de Diresa 2007 – 2015*

Nº	GRANDES GRUPOS, LISTA 12/110	%	CANTIDAD
1	COMPLICACIONES DEL EMBARAZO, PARTO Y PUERPERIO	23.63	54 961
2	RESTO DE ENFERMEDADES	15.24	35 442
3	ENFERMEDADES DIGESTIVAS	13.21	30 734
4	TRAUMATISMOS Y ENVENAMIENTOS	13.00	30 243
5	ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	12.65	29 418
6	ENFERMEDADES GENITOURINARIAS	7.25	16 860
7	ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES Y RESPIRATORIAS	5.27	12 263
8	ENFERMEDADES NEOPLÁSICAS	3.78	8 784
9	ENFERMEDADES DE LA PIEL Y DEL SISTEMA OSTEOMUSCULAR Y DEL TEJIDO CONJUNTIVO	2.88	6 691
10	ENFERMEDADES NEUROPSIQUIÁTRICAS Y DE LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS	1.85	4 296
11	ENFERMEDADES ENDOCRINAS, METABÓLICAS Y NUTRICIONALES	1.17	2 717
12	ENFERMEDADES DENTALES Y DE SUS ESTRUCTURAS DE SOSTÉN	0.07	170

*Nota:* Fuente: Ministerio de Salud (2018)

### ***Transición sanitaria***

#### *Acceso a los servicios de salud. búsqueda de prestación de salud*

El requerimiento de prestaciones de salud se vincula a una ordenada determinación de las personas. En primera instancia, se determina si se procura o las prestaciones la que está expuesta a la percepción de un síntoma de la enfermedad, se experimente un accidente o se exija prestación preventiva. En segunda instancia, se determina por optar un tipo de proveedor de prestación. Estas etapas se hallan asociadas al requerimiento de prestación lo que determina la cantidad de demandantes de prestaciones o la posibilidad de acceso a una prestación. Esta perspectiva de la prestación sanitaria permite hallar a quienes requieren del servicio y quiénes enfrentan barreras de accesibilidad a la prestación; situación que facilitará el diseño de la focalización de las prestaciones. De manera que, la accesibilidad a los establecimientos de salud será de relieve sólo si la persona decide reportarse enfermo y atenderse en uno u otro establecimiento. La decisión de atenderse está condicionada a la excedencia como consumidor o al diferencial de utilidades.

Por otro lado, es de prioridad tomar en cuenta los determinantes que actúan en la decisión para optar atenderse en un determinado establecimiento circunscrito a que se tiene el acceso a las prestaciones de salud y a la probabilidad de escoger un establecimiento determinado al que se tiene acceso. La tabla 4 demuestra que en el Perú 56.9% de la población manifestó presentar alguna enfermedad. Este porcentaje es mayor cuando el problema no es crónico (63.8%) en relación con las enfermedades crónicas (49.3%).

Tabla 4

*Perú: Población que busca atención de salud según tipo de enfermedad. 2015*

TIPO DE ENFERMEDAD REPORTADA		BUSCA ATENCIÓN		TOTAL
		SI	NO	
ENFERMEDAD CRÓNICA	N°	4 914 499	6 060 222	9 964 721
	%	49.3	50.7	100.0
ENFERMEDAD NO CRÓNICA	N°	3 920 972	3 930 964	10 851 936
	%	63.8	36.2	100.0
TOTAL	N°	11 835 471	8 981 186	20 816 657
	%	56.9	43.1	100.00

*Nota:* Fuente: Instituto Nacional de Estadística en Informática (2016)

Por otro lado, la evaluación de la relación entre la posesión o no de seguro de salud versus procura de prestación de salud la tabla 5 muestra que la situación de asegurado auspicia la procura de prestación de salud, y de manera general las personas con seguro de salud consultan su enfermedad en mayor porcentaje respecto a las que no cuentan con seguro en una relación de 58.8% contra 53.3%, la procura de prestación con seguro de EsSalud y otros en una relación de 65.4% y 66.2%.

Tabla 5

*Perú: Población que busca atención de salud según tenencia de seguro de salud – 2015*

AFILIACIÓN A UN SEGURO		BUSCA ATENCIÓN		TOTAL
		SI	NO	
AFILIADO A UN SEGURO DE SALUD	N°	7 988 533	5 605 708	13 594 241
	%	58.8	41.2	100.0
SIS	N°	3 884 528	3 446 885	7 331 413
	%	53	34.6	100.0
ESSALUD	N°	3 310 806	1 750 509	5 061 315
	%	65.4	34.9	100.0
OTROS SEGUROS	N°	775 102	395 917	1 172 019
	%	66.2	33.8	100.0
SIN SEGURO	N°	3 846 938	3 375 479	7 222 417
	%	53.3	46.7	100.0
TOTAL	N°	11 835 471	8 981 187	20 816 658
	%	56.9	43.1	100.0

Nota: Fuente: Instituto Nacional de Estadística en Informática. (2016)

### Razones de no consulta

Tabla 6

Perú: Razones de no consulta a un establecimiento de salud – 2011

AÑO	RAZONES DE NO CONSULTA %					
	FALTA DINERO	MALTRATO DEL PERSONAL/FALTA DE CONFIANZA / DEMORAN	REMEDIOS CASEROS O AUTORECET O	FALTA DE TIEMPO	NO FUE NECESARI O	OTRAS 1/
2004	23.7	8.3	42.5	9.0	34.3	8.0
2005	24.4	7.9	38.7	9.7	35.1	7.5
2006	21.8	7.9	27.4	10.1	35.0	6.6
2007	22.1	8.6	34.4	12.1	35.1	7.6
2008	18.6	10.3	33.4	14.1	36.2	8.6
2009	15.2	12.0	30.0	17.5	39.2	9.8
2010	13.6	13.1	29.8	19.1	38.5	12.2
2011	12.9	13.6	28.8	18.1	40.5	11.9

Nota: Fuente: Ministerio de Salud (2018)

La propensión de las causas por las que la población que reportó enfermedad no procuró atención en el periodo de analizado la tabla 6 muestra incremento sostenido en la causa “no fue necesario” y “falta de tiempo”; la primera subió de 9.0% a 18.1%, y la segunda, de 34.3% a 40.5%. De la misma manera, las causas vinculadas a la dimensión de la calidad de prestación experimentaron incremento de 8.3% a 13.6%. Sin embargo, la causa por falta de dinero ha experimentado disminución importante de 23.7% a 12.9%. Igual fenómeno ocurre con la justificación de uso de remedios caseros que bajó de 42.5% a 28.8%.

### Razones de no consulta según pobreza clasificada por gasto per cápita

No obstante que, a nivel general la causa principal de la no consulta es “no fue necesario” en 40.5% esta se reportó en menor porcentaje en los pobres extremos en 32.6% o en la población del quintil I con 31.3%. La falta de dinero es reportada como causa de no consulta fundamentalmente en los pobres extremos en 21.0% y en la población del quintil V en 9.4%. Como causa de no consulta el “uso de remedios caseros” se reporta en la población del quintil V en 4.8%. De manera contraria se encuentra en la causa “automedicación” que reportó mayor porcentaje en el quintil V 23.5% versus 13.9%. La inaccesibilidad al centro de salud como causa de no consulta es mayor en el quintil I con 10.1% y en los pobres extremos 13.8% que en los quintiles V con 0.8% y no pobres con 2.4% (ver tabla 7).

Tabla 7

Perú: Razones de no consulta a un establecimiento de salud según pobreza clasificada por gasto per cápita – 2011

POBREZA		RAZONES DE NO CONSULTA				
		FALTA DINERO	MALTRATO DEL PERSONAL/FALTA DE CONFIANZA / DEMORAN	REMEDIOS CASEROS O AUTORECETO	FALTA DE TIEMPO	NO FUE NECESARIO
POBRE EXTREMO	N°	158 015	93 653	266 856	81 215	244 910
	%	21.0	12.4	35.5	10.8	32.6
POBRE NO EXTREMO	N°	532 198	407 406	816 816	450 882	918 002
	%	19.8	15.1	30.3	16.7	34.1
NO POBRE	N°	901 968	1 178 814	2 459 520	1 697 973	3 826 234
	%	10.2	13.3	27.7	19.1	43.1
QUINTIL I (MÁS POBRE)	N°	492 815	399 771	902 235	364 579	808 585
	%	19.1	15.5	35	14.1	31.3
QUINTIL II	N°	468 845	410 086	754 461	481 314	912 313
	%	18.2	15.9	29.3	18.7	35.4
QUINTIL III	N°	337 009	369 899	658 258	511 383	1 070 086
	%	13.0	14.3	25.5	19.8	41.4
QUINTIL IV	N°	218 945	297 027	613 336	508 319	1 069 844
	%	9.1	12.3	25.4	21.1	44.4
QUINTIL V (MENOS POBRE)	N°	74 567	203 188	614 902	364 476	1 128 318
	%	3.4	9.4	28.3	16.8	51.9
<b>TOTAL</b>	N°	1 592 181	1 679 973	3 543 192	2 230 071	4 989 146
	%	12.9	13.6	28.8	18.1	40.5

Nota: Fuente: Ministerio de Salud (2018)

### Análisis de la desigualdad

La curva de Lorenz y el índice de Gini permiten determinar la existencia o no de desigualdad en la distribución de la población que reporta enfermedad, global y según tipo. De la misma manera mostrar la desigualdad en el acceso a la atención institucional. Para lograr ese propósito se trabaja con el índice de Gini, el índice de concentración y la regresión lineal múltiple. Para valorar la distribución del ingreso entre la población se utiliza el índice de Gini, el mismo que se fundamenta en la curva de Lorenz que la que valora la curva de frecuencia acumulada que contrasta la distribución empírica de una variable con su distribución uniforme de igualdad representada por una línea diagonal. Cuanto mayor es el área entre la curva de Lorenz y la diagonal mayor es la desigualdad.

De hecho, la curva puede estar por debajo o encima de la diagonal, según la variable usada. Precisamente, una de las maneras de medir el grado de desigualdad en el índice de Gini es el mismo que es una medida resumen de la desviación de la curva de Lorenz en relación con la diagonal de igualdad. Este índice es el doble de área entre la curva de Lorenz y la diagonal y toma valores entre cero que corresponde a la perfecta igualdad y uno que es total de la desigualdad. Para el estudio se analiza cómo se concentra la distribución de los problemas de salud según su naturaleza y cómo se distribuye el acceso a prestación en establecimiento de salud. Para el año 2011 en el Perú se encuentra que el índice de Gini para los que adolecen de alguna enfermedad es de 0.305.

Al realizar una prospección según tipo de problema de salud se determina una mayor desigualdad en la distribución de las personas que adolecen una enfermedad aguda según Gini corresponde a 0.89 que si tuviesen algún problema de salud de carácter crónico 0.638. En relación con la distribución del acceso a la prestación de salud en centros institucionales se halla un índice de 0.86 que demuestra un patrón de desigualdad. En la tabla 69 de evolución del índice de Gini se valora la propensión a la desigualdad medida con este índice en el periodo 2004 – 2011. Se observa una disminución en la desigualdad de la distribución de la declaración de algún síntoma de enfermedad. De manera que, para el año 2004 la desigualdad es de 0.64 y para el año 2011 disminuye a 0.305. Esta conducta se observa de la misma manera en la desigualdad de la distribución de las personas que padecen una enfermedad crónica de 0.823 el 2004 a 0.633 el 2011.

En relación con las personas que han reportado una enfermedad aguda la desigualdad medida con Gini se ha mantenido por arriba de 0.8 durante el periodo 2004 – 2011. La desigualdad en la distribución de acceso a prestación de salud en centros de salud de igual manera se ha mantenido por arriba de 0.8 desde el año 2004. De manera que, es esta primera aproximación, se muestra que los problemas de salud tienen una disposición desigual, enfáticamente, las de tipo agudo y en el acceso a prestación de salud institucional. De manera que, se requiere demostrar si la desigualdad es producida por factores económicos y para tal efecto se debe usar el índice de concentración.

#### *Evolución del gasto en el sector salud*

En relación con la evolución del gasto en salud en porcentaje en relación con el Producto Bruto Interno en el periodo 2000 – 2014 se concluye que existe una tendencia favorable en el sector la misma que pasó de 2.68% en el año 2000 a 3.32% en el 2014. Sin embargo, el presupuesto destinado aún es insuficiente si se toma en consideración los destinados en países de la región como Colombia y Chile y otros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo. Según la tabla 8, la evolución muestra que para el 2014 muestra un 3.32% del Producto Bruto Interno y el promedio de la región es de 7.2% y el promedio de los países de la Organización fue de 12.4%.

En el contexto de la transición sanitaria lo analizado en el párrafo anterior induce a pensar en la insuficiencia del presupuesto para financiar el modelo de atención de salud público ya cuestionado, de manera que su objetivo es básicamente financiar el Plan Esencial de Aseguramiento Universal (PEAS) y no mejorar el sector en conjunto, con las deficiencias que eso implica respecto a la efectividad del gasto, porque según la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) la población con cobertura es menor que la población informada por el programa; otra situación se debe a la fragmentación del servicio de salud; y a ello se suma la incertidumbre que generan los programas estratégicos al momento de planificar. En lo que respecta al presente estudio se debe precisar el énfasis que pone el Estado a la situación cuantitativa en desmedro de la calidad de atención.

Tabla 8

*Perú: Evolución del gasto en salud como porcentaje del PBI*

AÑO	PORCENTAJE		
	GASTO PRIVADO	GASTO PUBLICO	GASTO TOTAL
2000	2.08	2.68	4.76
2002	2.10	2.81	4.91
2003	1.92	2.70	4.62
2004	2.02	2.54	4.56
2005	1.99	2.65	4.65
2006	2.01	2.37	4.36
2007	2.16	2.41	4.58
2008	2.30	2.50	4.77
2009	2.39	3.00	5.39
2010	2.26	2.80	5.08
2011	2.29	2.60	4.91
2012	2.33	2.85	5.17
2013	2.19	3.05	5.23
2014	2.15	3.32	5.47

*Nota:* Fuente: Ministerio de Salud (2018)

En relación con la densidad del recurso humano por habitante la tabla 9 muestra que la relación de personal asistencial, es decir, médico, enfermera y obstetra, por cada diez mil habitantes ha ido creciendo de manera progresiva y proporcional en el periodo 2012 – 2018 con ligero repunte de crecimiento del personal de enfermería, en la perspectiva de ir superando la valla de la Organización Mundial de la Salud. Según el Banco Mundial sólo cinco de cuarenta y nueve países clasificados como aquellos con bajos ingresos logran estar por encima del umbral de 23 médicos, enfermeras y obstetras por diez mil habitantes, cantidad que la Organización Mundial de la Salud ha planteado como mínima necesaria para otorgar servicios esenciales en salud materna e infantil. De manera que aquellos países que no superan esta valla tienen dificultades de proporcionar servicios básicos de salud.

Respecto al gasto en salud per cápita el año 2016 el Banco Mundial publicó un resumen del gasto por país encontrándose datos como que Estados Unidos es el país que más invierte en salud per cápita en 9 869.74 dólares y en el extremo opuesto se halla República Centroafricana con 16.36 dólares americanos. En la región de Europa se mantiene el gasto oscilante entre los 9 835.96 y 2 389.89 dólares americanos; mientras que en la región latinoamericana oscila entre los 1 379.10 dólares americanos (Uruguay) y Nicaragua con 188.16, el Perú invierte 316.44 dólares americanos en salud per cápita, superados largamente por Chile que invierte 1 190.55.

Tabla 9

*Perú: Densidad de recursos humanos en salud por 10 000 habitantes*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MÉDICO	11.3	11.5	11.9	12.2	12.7	12.8	13.6
ENFEMERA	11.2	11.8	12.7	12.8	13.5	14.1	15.6
OBSTETRA	3.9	4.1	4.7	4.6	4.8	5.0	5.3
<b>TOTAL</b>	<b>26.4</b>	<b>27.4</b>	<b>29.3</b>	<b>29.6</b>	<b>31.0</b>	<b>31.9</b>	<b>34.5</b>

*Nota:* Fuente: Ministerio de Salud (2018)

El Banco Mundial estableció el número de médicos por habitante llegando a determinar según países del orbe la relación variada que muestra el interés de cada país por la salud. Así se tienen países como Afganistán con una relación de 0.3 por cada 10 000 habitantes y en extremo opuesto a Alemania con 4.0, el Perú se halla con 1.3 médicos por cada 10 000 habitantes. Respecto a la relación de médicos por habitantes en el Perú se tienen acuerdo al Censo del año 2005 la tasa es de 10 médicos por cada 10 000 habitantes, y que si se toma como referencia el promedio de la región latinoamericana de 21.6 el Perú está por debajo de la mitad de la tasa.

### Discusión y conclusiones

La región Cusco a través de la Dirección de Salud ha demostrado deficiencias en el manejo de los programas estratégicos básicos; su indicador de desnutrición y anemia se halla en aumento, lo que pone en alerta frente a situaciones más complejas como el manejo de enfermedades de diagnóstico y tratamiento complejo como las patologías degenerativas, y eventualmente situaciones de salud endémicas o pandémicas. De manera que, los eventos académicos, el acceso a foros en internet y la globalización misma de la información brindan enormes oportunidades de acceso a conocimiento que ayude a entender los problemas por los que otros países han transcurrido o lo vienen haciendo, y comprender en un marco mayor la ocurrencia de las enfermedades y emprender eventualmente soluciones.

Un inconveniente detectado en el protocolo de prestación de salud para enfermedades crónico-degenerativas en el Hospital Regional del Cusco develó que el problema no era superficial, apenas si era la punta del iceberg, tenía un origen estructural que de manera sistemática y sostenida se venía agudizando. El problema del sistema de salud pública regional y nacional se ha ido atomizando y con ello eventuales soluciones se han ido disipando y perdiendo su efectividad consecuencia de la creciente complejidad de las enfermedades y del anacronismo del sistema de salud.

El primer resultado consta de niveles como a continuación se describen. En primera instancia, la noción implícita de una estructura fundamentada en la teoría general de las estructuras en sus dos vertientes, desde la perspectiva de Bertalanffy o teoría objetiva, y la de Luhmann o teoría sociológica. La segunda, referida a los conceptos de la condición humana y su relación con la habitabilidad y entropía. En tercera instancia, la salud en el escenario de la habitabilidad; finalmente y medular del resultado; los conceptos propios de la salud tales como la transición en salud entendida desde sus tres transiciones subsecuentes: epidemiológica, sanitaria y demográfica; los modelos organizacionales en los sistemas de salud, y los paradigmas de salud.

De manera que, hoy se dispone de un marco teórico que explica con relativa nitidez el contexto del problema de salud y los retos como desafíos a los que se enfrenta el ministerio del sector. El estudio demuestra el condicionamiento que se da entre los determinantes de salud y la transición de enfermedades; demuestra cómo de manera inadecuada el Estado se organiza para manejar el perfil epidemiológico, y cómo es que ciertos nichos poblacionales son vulnerables a ciertas enfermedades. La visión global del problema de salud construida sobre los fundamentos mencionados permitirá que los directamente involucrados asuman sus funciones y competencias en el contexto del rediseño del sistema público de salud regional con la autonomía que se le reconoce por ley, y en coordinación con el sistema nacional.

El estudio determinó en base a datos estadísticos e informes respectivos que especial atención merece que los hospitales basen sus carteras de servicios en función de la demanda de prestaciones y no simplemente por criterios de funcionalidad. Al respecto el estudio precisa dos aspectos fundamentales para proponer el rediseño del sistema público de salud. El primero, El sistema de referencia y contra referencia nacional se encuentra en crisis y que la obtención de cupos en hospitales nacionales o institutos de la capital para referir pacientes con diagnóstico reservado son prolongados de manera que la prestación de salud no es oportuna. El segundo, que la prevalencia de enfermedades no transmisibles con diagnóstico y tratamiento complejo no cuenta con la capacidad resolutive adecuada, es decir, que se cuestiona la calidad de la infraestructura hospitalaria, la calidad del equipamiento biomédico, y finalmente, no se dispone del recurso humano debidamente capacitado. Y de manera evidente, el estudio centra su interés en investigar la transición epidemiológica, demográfica, así como tipologías societales y demostrar que la prevalencia de enfermedades no trasmisibles y reemergentes son las que vienen afectando a la población, de manera que, el sistema de atención pública debe rediseñarse para estar al alcance de la población. En tal sentido, el rediseño del sistema público de atención de salud del tercer nivel de la región Cusco implica la construcción del Hospital de Especialidades III-E, el Hospital Antonio Lorena permanece con la categoría III-1 y el actual Hospital Regional se convierte en el Hospital Regional de Emergencias, de este modo se reducen notablemente las referencias a hospitales nacionales e Institutos de la capital, de manera que el sistema regional público de salud se convierte en un anillo de contención del diagnóstico y tratamiento de enfermedades prevalentes no transmisibles, fortaleciendo de esta manera la red nacional.

Respecto a los objetivos específicos estos se han cumplido con la evidencia necesaria de acuerdo con el siguiente detalle:

El estudio halló que la desorganización en la prestación del servicio del sistema regional público de salud se debe al modelo organizacional hospitalario que genera una percepción negativa del servicio como consecuencia de la mala prestación y en la demora de esta como lo indica el modelo de regresión lineal para el predictor de población que no busca atención por demora en la atención y el modelo de regresión lineal para el predictor de la población por falta de confianza. otro aspecto desorganizativo del sistema es la proporción de médico por habitante la misma que se encuentra por debajo del estándar internacional como lo ha demostrado la organización panamericana de salud. la brecha presupuestal se ha ido incrementando cada año al punto que pone en riesgo la operatividad del sistema de salud; al respecto se ha demostrado a través de la revisión del cuadro de asignación del personal que los encargados de los requerimientos presupuestales no tienen la calificación profesional necesaria, el manual de procedimientos no es explícito y en general no existe involucramiento de los trabajadores con las funciones laborales.

El estudio demostró como causas de no consulta en establecimiento de salud por enfermedad crónica se debe a los niveles de pobreza de la población clasificada por gasto per cápita, la ubicación del centro de salud según ámbito urbano o rural, alfabetización

funcional, tenencia de seguro de salud, violencia familiar, índice de desarrollo humano, los procesos de migración y urbanización, y acceso a los servicios básicos. Sin embargo, un aspecto determinante que se abordó en el estudio se refiere al estilo de vida y hábitos de consumo que vienen como consecuencia de la globalización difundida a través de los medios de comunicación.

En relación al quinto y último objetivo específico determinar de las deficiencias del sistema de aseguramiento del estado afectan la accesibilidad al tratamiento de salud en hospitales de la región cusco, el estudio ha verificado que la prestación subsidiada de salud de la población alcanza niveles expectantes de cobertura, es decir, que el sistema conjunto de seguros tiende a cubrir al cien por ciento de la población, y que el paquete de atención de salud del seguro integral de salud ya no es básico sino cubre también enfermedades crónico degenerativas.

## **Conclusiones**

### *Falta de estudios previos de investigación en la región*

El estudio se encontró con una limitación referida a que no existen trabajos de investigación referida de manera específica a la transición en salud en la región del Cusco, es decir, que se analice de manera conjunta las tres transiciones; y de manera específica la transición sanitaria que dificultó cumplir con el objetivo de identificar las causas que motiven la “no consulta” por enfermedad crónica; por otro lado, los análisis situacionales de salud regional no enfocan de manera sistemática las deficiencias del modelo organizacional del cual son parte, y que motiva que la población no acuda a los hospitales.

### *Falta de datos disponibles y/o confiables*

La ley regula la elaboración de los análisis situacionales de salud en hospitales (ASISHO) cada cuatro años; de manera que la información que en ella de muestre permita identificar las tendencias en los indicadores sanitarios y plantear estrategias de prestación alternativas; dicha información debería permitir identificar la fase de transición epidemiológica en la que la región se halla; los hospitales de la región no tienen este documento, por consiguiente, la falta de datos específicos se constituye en una limitación.

### *Recomendaciones o prospectiva*

Se recomienda persistir en trabajos de investigación referidos a la transición sanitaria con la finalidad de ahondar en datos sobre la situación deficiente en la que se halla el modelo organizacional hospitalario regional que impide que las personas tengan una percepción positiva de las prestaciones de salud del sistema público que afecta a la población con enfermedad crónico-degenerativa. De manera enfática se recomienda realizar trabajos de investigación para fortalecer alternativamente el primer nivel de atención. De manera preliminar el estudio ha demostrado la necesidad de invertir en hospitales de mayor complejidad en la región para atender enfermedades transmisibles cada vez más complejas; pero también es necesario controlar las enfermedades en la fase de prevención y diagnóstico temprano.

## **Referencias**

Alvarez-Risco, A., Roman-Calsine, L. & Del Aguila-Arcentales, S. (2013). Effect of a pharmaceutical care program in heart failure patients in cardiology department of the

- Southeast National Hospital EsSalud Cusco (Peru). *International Journal of Clinical Pharmacy*, 35(5), 944-944).
- Alvarez-Risco, A., Villasante-Herrera, C. & Del Aguila-Arcentales, S. (2013). Pharmacotherapeutic follow-up of patients admitted to the surgery department of the Antonio Lorena Hospital in Cusco (Peru) using a Dader Methodology adaptation. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 35(5), 939-939.
- Alvarez-Risco, A. & Del-Aguila-Arcentales, S. (2019). *Pharmaceutical Care in Latin America*. (pp. 183-190). Springer, Cham.
- Álvarez-Risco, A., Arellano, E. Z., Valerio, E. M., Acosta, N. M. & Tarazona, Z. S. (2013). Campaña de atención farmacéutica como estrategia de implementación de los servicios farmacéuticos: Experiencia Perú. *Pharmaceutical Care España*, 15(1), 35.
- Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Diaz-Risco, S. (2018). Dispensing process as a cornerstone of improving pharmacovigilance. *Industrial Pharmacy*, 57, 17-21.
- Alvarez-Risco, A., Quiroz-Delgado, D. & Del-Aguila-Arcentales, S. (2016). Pharmaceutical care in hypertension patients in a peruvian hospital. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 7(3), 183-188.
- Del-Aguila-Arcentales, S., Cáceres-Manrique, L., Álvarez-Risco, A., Diaz-Risco, S. (2018). Consumo de antimicrobianos con consideraciones especiales de uso en los establecimientos de salud del Perú. *Rev. OFIL-ILAPHAR*, 28(2), 174-176.
- Enciso-Zarate, A., Guzmán-Oviedo, J., Sánchez-Cardona, F., Martínez-Rohenes, D., Rodríguez-Palomino, J. C., Alvarez-Risco, A., & Diaz-Risco, S. (2016). Evaluación de la contaminación con agentes citotóxicos en hospitales en Colombia. *Pharmaceutical Care España*, 18(6), 241-250.
- Instituto Nacional de Estadística en Informática. (2016). *Encuesta Nacional de Hogares. Instituto nacional de Informática e Informática*.
- Mejía-Acosta, N., Alvarez-Risco, A., Solís-Tarazona, Z., Matos-Valerio, E., Zegarra-Arellano, E., & Del-Aguila-Arcentales, S. (2016). Reacciones Adversas a Medicamentos reportadas como resultado de la implementación de Atención Farmacéutica en la Farmacia Institucional DIGEMID-Ministerio de Salud de Perú. *Pharmaceutical Care España*, 18(2), 67-74.
- Ministerio de Salud (2018). Boletín epidemiológico del Perú. Vol. 27 – SE 31.
- Omran, A. et al. (2005). The Epidemiologic Transition: Theory of the Epidemiology of Population Change. *Milbank Quarterly*, 83(4), 73-75.
- Silva-Villanueva, M., Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S. & Sanchez-Parra, G. (2017). Impacto de la Atención Farmacéutica en la adherencia de los pacientes con VIH en el Hospital San Pablo de Coquimbo, Chile. *Pharmaceutical Care España*, 19(1), 3-15.
- Zhang, S. X., Sun, S., Jahanshahi, A. A., Alvarez-Risco, A., Ibarra, V. G., Li, J. & Patty-Tito, R. M. (2020). Developing and testing a measure of COVID-19 Organizational Support of Healthcare Workers—Results from Peru, Ecuador, and Bolivia. *Psychiatry Research*, 113174.

**Fecha de envío:** 27/09/2020

**Fecha de revisión:** 05/10/2019

**Fecha de aceptación:** 15/11/2020

# PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



## Cómo citar este artículo:

Vilchez-Gutierrez, J.B. & Alvarez-Risco, A. (2020). Factores de éxito de MIPYMES del sector salud, ciudad de Huancayo – Perú, 2020. *Project, Design and Management*, 2(2), 59-78. doi:10.35992/pdm.v2i2.522

## FACTORES DE ÉXITO DE MIPYMES DEL SECTOR SALUD, CIUDAD DE HUANCAYO – PERÚ, 2020

**Joel Benedicto Vilchez Gutiérrez**

Universidad Internacional Iberoamericana (Perú)

[joel.vilchezg@hotmail.com](mailto:joel.vilchezg@hotmail.com)

**Aldo Álvarez-Risco**

Universidad de Lima (Perú)

[aralvare@ulima.edu.pe](mailto:aralvare@ulima.edu.pe) · <https://orcid.org/0000-0003-0786-6555>

**Resumen.** Introducción: El concepto sobre éxito empresarial es amplio y no existe consenso sobre su medición. La tendencia más extendida es utilizar indicadores de tipo financiero como la rentabilidad, productividad y crecimiento de ventas. En Huancayo, Perú, a inicios de 2020, existen 381 Mipyme's (micro, pequeñas y medianas empresas) del sector salud. El objetivo de la investigación fue determinar los factores para el éxito de las Mipyme's del Sector Salud de la ciudad de Huancayo, usando un modelo econométrico. Metodología: Las hipótesis a demostrar fue que la fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC's, la formación gerencial, la innovación, la aplicación de un programa de calidad, la dedicación al negocio y la publicidad en redes sociales tienen un efecto significativo en el éxito de estas empresas. La investigación fue explicativa no experimental, desarrollándose un modelo econométrico mediante el método de regresión lineal múltiple. La variable dependiente fue numérica, las variables independientes cualitativas dicotómicas (dummies). Para el estudio se consideró al universo (censo). Resultados: El modelo econométrico obtuvo un  $R^2 = 0.463$  (cerca a un valor estadísticamente bueno) y un F significativo, cumplió además con los supuestos de regresión lineal, siendo así validado. Discusión: Para este modelo, la fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC's, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio y la publicidad en redes sociales, resultaron significativas para el modelo. Sin embargo, la aplicación de un programa de calidad no resultó estadísticamente significativa, por tanto, fue descartada del modelo.

**Palabras clave:** factores, éxito empresarial, Mipymes, sector salud.

## SUCCESS FACTORS OF MSMES IN THE HEALTH SECTOR, CITY OF HUANCAYO - PERU, 2020

**Abstract.** Introduction: The concept of business success is broad and there is no consensus on its measurement. The most widespread trend is to use financial indicators such as profitability, productivity and sales growth. In the city of Huancayo, Peru, at the beginning of 2020, there are 381 MSMEs (micro,

small and medium-sized companies) in the health sector. The objective of the investigation was to determine the factors for the success of the MSMEs in the Health Sector of the city of Huancayo, using an econometric model. Methodology: The hypotheses to demonstrate were that the source of financing, strategic planning and the use of ICTs, management training, innovation, the application of a quality program, dedication to business and advertising on social networks have an effect significant in the success of these companies. The investigation was non-experimental explanatory, developing an econometric model using the multiple linear regression method. The dependent variable was numerical, the dichotomous qualitative independent variables (dummies). The universe was considered for the study (census). Results: The econometric model obtained an  $R^2 = 0.463$  (it is close to a statistically good value) and a significant F, it also fulfilled the linear regression assumptions, thus being validated. Discussion: For this model, the source of financing, strategic planning and the use of ICTs, managerial training, innovation, dedication to business and advertising on social networks were significant for the model. However, the application of a quality program was not statistically significant, therefore, it was discarded from the model.

**Keywords:** factors, business success, MSMEs, health sector.

## Introducción

El éxito o rendimiento de la empresa es un concepto amplio y heterogéneo y no existe un claro consenso en la literatura en cuanto a su forma de medición (Estrada, García, y Sánchez, 2009). La tendencia más extendida es utilizar indicadores de tipo financiero como la rentabilidad, productividad y crecimiento de ventas. Los estudios que puedan identificar el comportamiento de los determinantes del éxito de las Mipymes podrán servir de orientación para lograr una adecuada consolidación de estos negocios, el éxito empresarial y el favorecimiento en la economía de sus propietarios. El sector salud, en la actualidad, es uno de los rubros que más se está desarrollando en la empresa privada de servicios. Huancayo se ha convertido en una atractiva plaza para este tipo de empresas. Al identificar los factores de éxito para las micro, pequeñas y medianas empresas del sector salud de la ciudad de Huancayo, se brindaría aproximaciones teóricas para el progreso de éstas, que puedan tener mejor rentabilidad, mayor probabilidad de supervivencia y evitar su fracaso. El objetivo de la tesis fue determinar los factores para el éxito de las Mipymes del Sector Salud de la ciudad de Huancayo, por medio de un modelo econométrico. Para esto se tomaron en consideración como factores a la fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC's por la empresa, la formación gerencial, la innovación, la aplicación de un programa de calidad de atención, la dedicación al negocio del empresario y la publicidad en redes sociales. (Rocca, 2017).

### *Mipymes*

El término Mipymes involucra a tres diferentes tipos de empresa: micro, pequeña y mediana y, constituyen aproximadamente el 99,6% de negocios formales que existen en el Perú; aunque se engloban dentro de una misma categoría, cada una posee sus propias características, las cuales las diferencian de otros modelos de negocio (Certus, 2019).

### *Microempresas*

Uno de los principales criterios que se utilizan para diferenciar los tipos de empresas es el promedio de ventas anuales. Las microempresas no deben superar los 150 UIT por este concepto (UIT = Unidad Impositiva Tributaria, según el Código Tributario de Perú, es un valor de referencia que puede ser utilizado en las normas tributarias, entre otros); asimismo, se caracterizan por poseer entre 1 a 10 trabajadores en planilla. Muchos negocios familiares adoptan este modelo de empresa, ya que, en principio, no requiere una inversión de capital muy grande (Certus, 2019). Por esta razón, se constituyen como

buenas oportunidades de desarrollo y cobran cada vez mayor importancia dentro de la economía. Una UIT equivale a S/. 4,300 (\$ 1,228.50) en el 2020.

### *Pequeñas empresas*

Una empresa pequeña en el Perú percibe entre 150 y 1,700 UIT en lo que respecta a ventas anuales. La cantidad de trabajadores puede variar de 1 a 100. Algunos negocios que suelen incluirse en este rubro son restaurantes medianos, peluquerías, veterinarias y ferreterías. Actualmente, en el Perú existen más de 50,000 pequeñas empresas, las cuales son, sin duda, una importante fuente de generación de empleos (Certus, 2019).

### *Mediana empresa*

Finalmente, la mediana empresa se diferencia por tener ventas anuales mayores a 1,700 UIT y menores a 2,300 UIT. Dado que operan con un mayor número de trabajadores, se puede decir que se trata de un modelo de empresa mucho más complejo, en el que se requiere un nivel de organización más sofisticado (Certus, 2019).

### ***Éxito empresarial***

Rocca (2017, p. 58), en un estudio realizado en Perú, cita que:

El éxito o rendimiento de la empresa es un concepto amplio y heterogéneo y no existe un claro consenso en la literatura en cuanto a su forma de medición (Estrada, García, y Sánchez, 2009). La tendencia más extendida es utilizar indicadores de tipo financiero como la rentabilidad, productividad y crecimiento de ventas; sin embargo, estas medidas tienen la dificultad de que las empresas están poco dispuestas a compartir este tipo de información. Para algunos autores el rendimiento medido de forma cualitativa puede mostrar de manera más objetiva la rentabilidad de la empresa (Zahra, Neubaum, y Naldi, 2007; Okamuro, 2007).

### ***Estudios previos***

En el trabajo de investigación realizado por Rocca (2017), se reportaron los siguientes hallazgos:

Existen factores que constituyen implicaciones importantes para diferentes entes vinculados al entorno empresarial. En esta investigación sobre factores de éxito de las Mipymes, se midió esta variable como nivel de rendimiento utilizando una escala de Likert de 5 puntos (1= total desacuerdo y 5= total acuerdo) para definir sobre si la empresa en comparación con sus competidores: a) está creciendo más; b) es más rentable; y c) es más productiva. Para verificar la fiabilidad de esta escala se determinó el alfa de Cronbach, que obtuvo un valor de 0,779. Los resultados mostraron que las Mipymes que tengan implantados sistemas de control de gestión más desarrollados y que apliquen prácticas de gestión de sus recursos humanos más eficientes, mayor será la probabilidad de tener éxito en el mercado. Los resultados son especialmente útiles para los gerentes de las Mipymes y los organismos de fomento de la Mipymes para que puedan diseñar y promover estrategias y políticas que favorezcan el crecimiento y competitividad de la Mipymes.

En el estudio realizado por Vilchez (2016), se llegaron a los siguientes resultados y conclusiones:

Que el desarrollo económico a más de ser un fenómeno de crecimiento económico, incluye aspectos como distribución de renta, salud, alimentación, vivienda y otros. Según diversos autores, la microempresa genera desarrollo económico. Si ésta es exitosa, la familia del microempresario alcanza mayor desarrollo. La hipótesis a

demostrar fue que el financiamiento a través de entidades financieras y la formalización de la microempresa, así como la formación gerencial, el espíritu emprendedor, el espíritu empresarial y la dedicación al negocio del microempresario, favorecen al desarrollo económico de las familias de los microempresarios en Huancayo. La investigación fue de tipo explicativa no experimental, desarrollándose dos modelos econométricos mediante el método de regresión lineal múltiple. La muestra fue de 379 microempresarios. El modelo econométrico, acerca de los determinantes del desarrollo económico, obtuvo un  $R^2 = 0.57$  (estadísticamente bueno) y un F significativo, cumplió además con los supuestos de regresión lineal, siendo así validado. Para este modelo, la formación gerencial, la formalización, el espíritu emprendedor, el espíritu empresarial y la dedicación al negocio fueron estadísticamente significativas; sin embargo, la fuente de financiamiento no resultó tener la importancia que a priori se planteó.

Rivera (2016), cita que:

El mundo actual está caracterizado por la globalización de los mercados, la internacionalización de las economías, el desarrollo tecnológico acelerado, los cambios vertiginosos y la flexibilización de las relaciones laborales. Los resultados de la investigación puntualizaron las variables más importantes de las series de datos recogidos para realizar el análisis del perfil del emprendedor ambateño y los factores determinantes de su supervivencia. Se identificaron cinco características enmarcadas en competencias: psicológicas individuales, psicológicas colectivas, cognitivas, axiológicas y factores de entorno, como variables de caracterización de los empresarios ambateños.

## Método

### *Diseño*

Para el presente estudio, se formuló un modelo econométrico, a través del método de regresión lineal múltiple; el cual permite investigar la relación entre varias variables independientes con una dependiente. Se realizó una investigación mixta, descriptiva y explicativa. El diseño de la investigación fue no experimental. El modelo econométrico planteado fue el siguiente:

$$Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \mu$$

Donde:

$Y$  = Éxito de la MIPYME

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$  = coeficientes de regresión

$x_1$  = fuente de financiamiento de la Mipyme

$x_2$  = planificación estratégica de la Mipyme

$x_3$  = uso de TIC's por la Mipyme

$x_4$  = formación gerencial del empresario

$x_5$  = innovación del empresario

$x_6$  = implementación de un programa de calidad de atención del personal de la Mipyme

$x_7$  = dedicación al negocio del empresario

$x_8$  = publicidad de servicios a través de redes sociales

$\alpha$  = constante

$\mu$  = error aleatorio

### ***Variables***

La variable dependiente ( $Y$ ) fue de tipo cuantitativo y las variables independientes ( $x_j$ ) fueron de tipo cualitativa nominal dicotómica (dummies) asignándose el valor de 1 cuando el factor se encuentre presente y 0 cuando estuviera ausente.

El Éxito de la Mypime, que fue una variable cuantitativa de intervalo, se midió a través de la apreciación del empresario respecto al rendimiento de la Mypime, considerando tres aspectos (dimensiones): crecimiento, rentabilidad y productividad. Para la calificación de cada dimensión, se usó la Escala de Likert de 5 puntos (1= pésimo desarrollo, 2 = mal desarrollo, 3= regular desarrollo, 4= buen desarrollo y 5= excelente desarrollo) para cada dimensión. El éxito de la empresa se midió con el puntaje total sumatoria de la puntuación de cada dimensión.

Las variables independientes fueron:

#### *Fuente de financiamiento de la Mipyme*

Las fuentes de financiación de la empresa son las vías que utiliza la empresa para obtener los recursos financieros necesarios que sufraguen su actividad. Las fuentes de financiación serán las vías que utilice la empresa para conseguir fondos. (Andrade, 2017)

#### *Planificación estratégica de la Mipyme*

La planeación estratégica es el proceso de gestión que permite a las organizaciones definir y establecer los objetivos que se pretende lograr, así como las actividades que se llevarán a cabo para alcanzarlos. (Pérez, 2016).

#### *Uso de Tic's*

Las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) hacen referencia al grupo de avances tecnológicos que se han desarrollado para gestionar la información y compartirla entre de un lugar a otro (Pacheco, 2017)

#### *Formación gerencial del empresario*

Herramientas necesarias para el diseño y aplicación de ellas en un proceso organizado, planificado y sustentado en los enfoques, un sistema eficaz y objetivo de evaluación del desempeño (Sierra, 2016).

### *Innovación*

Es el grado en que un sistema social de manera anticipada utiliza una idea entre un grupo de sistemas sociales similares. Se considera así a la innovación como la condición de ser de una organización, la primera en producir un nuevo producto. (Garzón e Ibarra, 2014).

### *Implementación de Programa de Calidad en Atención Mipyme*

Desempeño adecuado (de acuerdo con las normas) en las intervenciones consideradas seguras, que están al alcance de las sociedades en cuestión y que tiene la capacidad de producir un impacto en la mortalidad, morbilidad, discapacidad y malnutrición. (Forrellat, 2014).

### *Dedicación al negocio del empresario*

Se hace referencia a la proporción de tiempo diario que el negocio se encuentra activo, puede ser a tiempo parcial o a tiempo completo, mañana y tarde.

### *Publicidad de servicios a través de redes sociales*

La publicidad online sigue siendo una de las áreas del marketing con mayor crecimiento junto al video marketing y la gestión de contenidos para webs. Esto se debe a que los usuarios, cada vez más, sustituyen los medios de entretenimiento e información tradicionales, para optar por encontrar lo que necesitan en Internet. (Chunga, 2019)

### **Hipótesis**

La hipótesis general fue: *La fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC's por la empresa, la formación gerencial, la innovación, la aplicación de un programa de calidad de atención, la dedicación al negocio del empresario y la publicidad en redes sociales tienen un efecto significativo en el éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo.*

### **Participantes**

Se seleccionó establecimientos de salud (consultorios médicos, centros médicos, policlínicos, clínicas, servicios médicos de apoyo) del sector privado que se encontraban inscritos en el Registro Nacional de Instituciones Prestadoras de Salud (RENIPRESS) entidad de la Superintendencia Nacional de Salud, a enero del 2020. En la ciudad de Huancayo se encuentran registrados 381 establecimientos.

Se identificó los establecimientos que se encuentran en los tres distritos representativos de la ciudad: Huancayo Cercado, El Tambo y Chilca. Al no tenerse un universo muy amplio, se realizará un censo, es decir una investigación con el universo completo.

### **Instrumento**

Se realizó una encuesta estructurada a los propietarios de las empresas. La encuesta contó con una primera sección (descriptiva), mediante la cual se recopiló los datos generales de los empresarios y la información general (variables intervinientes) de las Mipymes bajo el siguiente detalle: información general acerca de los empresarios (edad, sexo, grado de instrucción, número de dependientes, estado civil) e información general sobre las empresas (antigüedad, clasificación, tamaño)

La segunda sección de la encuesta recogió la información sobre las variables independientes y la variable dependiente, las que se emplearon para la estimación del modelo. Esta segunda parte contenía las siguientes variables: Fuente de financiamiento

de la Mipyme, planificación estratégica de la Mipyme, uso de TIC's, formación gerencial del empresario, innovación, implementación de Programa de Calidad en Atención Mipyme, dedicación al negocio del empresario y publicidad de servicios a través de redes sociales

### **Análisis de datos**

Para las secciones de información general, relacionada a las variables intervinientes (evaluación descriptiva de las características de los empresarios y de las empresas), se usará análisis de las frecuencias de las variables, usando el paquete informático Excel.

- Edad del empresario : distribución de frecuencias
- Sexo del empresario : distribución de frecuencias
- Antigüedad de la empresa : distribución de frecuencias
- Estado civil : distribución de frecuencias
- Número de dependiente : distribución de frecuencias
- Ingreso anual de la empresa : distribución de frecuencias
- Tipo de centro asistencial : distribución de frecuencias
- Categoría del centro asistencial : distribución de frecuencias

En tanto que, para el análisis de la relación entre las variables explicativas (independientes) y la explicada (dependiente), con el cual se estimó el modelo econométrico (de tipo uniecuacional, lineal, estático); se realizó un análisis mediante regresión múltiple usando el paquete informático SPSS versión 24.

Para la evaluación del modelo se usó el coeficiente de correlación de Pearson, estimando la relación entre las variables independientes y la dependiente, el coeficiente de determinación, y la bondad de ajuste de la ecuación de regresión.

Para la contrastación de la Hipótesis General, se empleó el contraste de regresión ANOVA, para estimar si las variables independientes aportan información en forma conjunta a la explicación de la variable dependiente. Para la contrastación de las Hipótesis Específicas, se empleó las pruebas de significación, pruebas t y sus niveles críticos.

Para la comprobación del modelo econométrico se demostró que cumpliera con los siguientes supuestos:

- Linealidad, ejecutar análisis de regresión parcial para cada una de las variables independientes. Se evaluó la gráfica de cada regresión parcial
- Independencia, información sobre el grado de independencia existente entre las variables independientes. Se usó el estadístico de Durbin-Watson
- Homocedasticidad, La hipótesis de homocedasticidad establece que la variabilidad de los residuos es independiente de las variables explicativas. Se examinó el gráfico de valores pronosticados versus residuos al cuadrado
- Normalidad, el grado en el que los residuos tipificados se aproximan a una distribución normal. Se usó la Prueba de Kolmogorov-Smirnov y pruebas gráficas.
- No colinealidad, informan sobre cuántas dimensiones o factores diferentes subyacen en el conjunto de variables independientes utilizadas. Se usó la revisión de los autovalores del diagnóstico de colinealidad

## Resultados

### **Resultados Generales**

Las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo en el 2020, son dirigidas en su mayoría por personas adultas jóvenes y de mediana edad, de entre 31 y 50 años (63.25%); de sexo masculino (64.83%); de estado civil casado (46.19%) y tienen una familia constituida por tres a cuatro integrantes (55.91%); las empresas tienen en su mayoría una antigüedad de 6 y 10 años en funcionamiento, representando el 53,28%. La mayoría de ellas corresponde a establecimientos de salud tipo consultorio externo; y la gran mayoría de ellas generan ingresos de hasta 150 UIT (S/.0 – S/. 630,000) alcanzando el 86.61%; rango de ingresos que corresponde a la clasificación de microempresas.

El 74.80%, de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020, accedió a financiamiento a través de una variedad de instrumentos financieros (bancos y las cajas municipales de ahorro y crédito). Por tanto, los créditos bancarios constituyen la forma de financiamiento más importante en este sector. El 68.77%, han formulado algún tipo de Plan de Negocio o Plan Estratégico. Los empresarios, en mayor proporción, han tomado iniciativa de implementar acciones de administración estratégica en sus empresas. El 36.48%, están usando algún tipo de Tecnología de Información y Comunicación en los establecimientos de salud.

El 32.02%, los propietarios de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020; manifestaron que cuentan con algún tipo de formación gerencial, ya sea capacitación en planeamiento, marketing u otros temas de gestión de negocios. La mayoría de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020 (67.19%), manifestaron que desarrollan un servicio con nuevo enfoque o características diferentes a su competencia. La mayoría de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020 (64.57%), manifestaron que desarrollan planes o programas de calidad.

Algo más de la mitad de los propietarios de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020 (58.79%), expresaron que se dedican a tiempo completo a su negocio. En particular, en el caso de los médicos, suelen trabajar en dos o tres instituciones simultáneamente (una de ellas, generalmente en institución pública).

Solo la tercera parte (33.86%) de las Mipymes del sector salud en la ciudad de Huancayo en el 2020 emplean redes sociales como Facebook, WhatsApp, Twitter para la publicidad de sus empresas.

Respecto a la dimensión del crecimiento de la empresa, ninguno de los propietarios de Mipymes del Sector Salud de la ciudad de Huancayo, opinaron que la empresa haya tenido un pésimo crecimiento. El 0.52% (2 casos) opinaron que el crecimiento experimentado fue malo.

En tanto, el 22.83% (87 casos) de los encuestados manifestaron que el crecimiento fue regular; mientras el 61.15% (233 casos) opinaron que el crecimiento de la empresa fue bueno; y el 15.49% (59 casos) lo calificaron como muy bueno. En relación a la dimensión de la rentabilidad de la empresa, ninguno opinó que la empresa haya tenido una pésima rentabilidad. El 6.04% (23 casos) opinaron que la rentabilidad experimentada fue mala.

De otro lado, el 26.25% (100 casos) de los encuestados manifestaron que la rentabilidad fue regular; mientras el 54.86% (209 casos) opinaron que la rentabilidad de la empresa fue buena; y el 12.86% (49 casos) la calificaron como muy buena. Referente a la dimensión de productividad de la empresa, ninguno opinó que la empresa haya tenido

una pésima productividad. El 3.94% (15 casos) opinaron que la productividad experimentada fue mala.

También se halló, que, el 24.67% (94 casos) de los encuestados manifestaron que la productividad fue regular; mientras el 50.13% (191 casos) opinaron que la productividad de la empresa fue buena; y el 21.26% (81 casos) la calificaron como muy buena.

Al sumar las puntuaciones de cada uno de los tres componentes anteriores se obtuvo el siguiente resultado. El 0,52% (2 casos) obtuvo una valoración final de 6 puntos, el 3,41% (13 casos) de 7 puntos, el 2,10% (8 casos) de 8 puntos, el 6,82% (26 casos) de 9 puntos, el 16,01% (61 casos) de 10 puntos, el 12,60% (48 casos) de 11 puntos, el 27,30% (104 casos) de 12 puntos, el 18,90% (72 casos) de 13 puntos, el 7,35% (28 casos) de 14 puntos; y el 4,99% (19 casos) alcanzaron el puntaje máximo de la escala de calificación, 15 puntos. Ver figura 1.

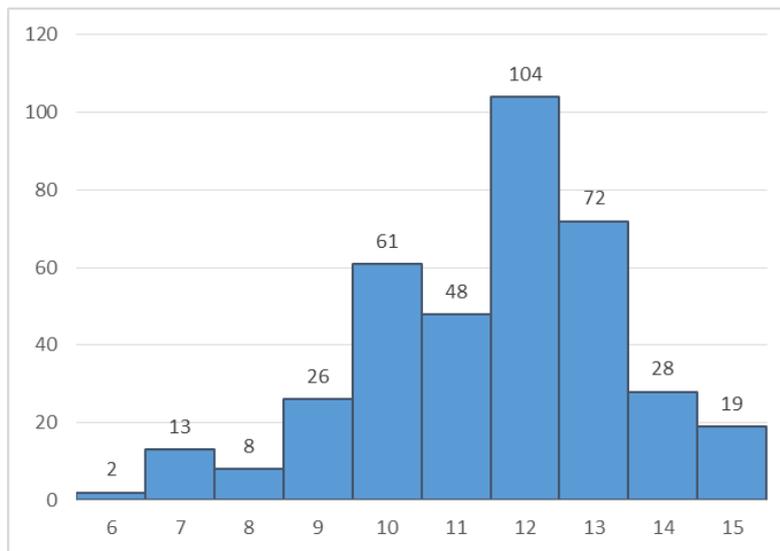


Figura 1. Valoración del éxito de las empresas, Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020.

### **Formulación de modelo econométrico**

#### *Desarrollo del Modelo*

Mediante el aplicativo SPSS V 24, se procesó el análisis de la regresión múltiple, tomando al éxito de las Mipyme's como variable dependiente y como independientes a la fuente de financiamiento, planeamiento estratégico, uso de TIC's, formación empresarial, innovación, plan de calidad, dedicación al negocio y publicidad por medio de redes sociales. Mediante este análisis se obtuvo los siguientes resultados.

Se procedió luego al análisis de la significancia de cada una de las variables independientes. Se aplicó el siguiente Contraste de hipótesis para cada variable independiente ( $x_j$ ):

$$H_0: \beta_j = 0; H_1: \beta_j \neq 0; \text{ nivel crítico (sig.)} = 0.05$$

Si sig.  $\beta_j < 0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula (Ver tabla 1.)

Tabla 1  
*Coefficientes de regresión del Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
(Constante)	9,051	,189		47,925	,000
Finan	,422	,170	,098	2,484	,013
PE	,405	,173	,101	2,339	,020
TICs	,377	,170	,097	2,212	,028
Form	,850	,178	,212	4,774	,000
Innov	1,526	,164	,384	9,304	,000
Calid	,024	,160	,006	,149	,882
Dedic	,563	,151	,148	3,722	,000
Reds	,363	,166	,092	2,192	,029

Nota: a. Variable dependiente: Ext\_Emp

En la tabla 1 se observa que las variables fuente de financiamiento, planeamiento estratégico, uso de TIC's, formación empresarial, innovación, plan de calidad, dedicación al negocio y publicidad por medio de redes sociales, obtuvieron una significancia menor a 0.05. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Se concluye entonces, que estas variables son significativas para el modelo.

En cambio, para la variable Programa de Calidad, el valor de significancia fue de 0.882. Este valor, al ser mayor de 0.05, haría aceptar la hipótesis nula. Por tanto, esta variable no es significativa para el modelo como a priori se esperaba.

En el modelo, deberíamos de considerar eliminar la variable Programa de Calidad y realizar un nuevo análisis de regresión múltiple con las otras siete variables independientes que sí resultaron significativas.

Se excluye ahora al variable plan de calidad. Mediante este análisis se obtuvo los siguientes resultados, ver tabla 2.

Tabla 2

*Coefficientes de regresión del Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020 (versión corregida)*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Error estándar	Beta			
1 (Constante)	9,057	,183			49,387	,000
Finan	,422	,170	,098		2,488	,013
PE	,411	,169	,102		2,439	,015
TICs	,378	,170	,097		2,222	,027
Form	,849	,178	,212		4,778	,000
Innov	1,532	,158	,385		9,693	,000
Dedic	,563	,151	,148		3,731	,000
Reds	,364	,165	,092		2,201	,028

*Nota:* a. Variable dependiente: Ext\_Emp

Usando los valores hallados, la ecuación de la recta de regresión estimada es la siguiente:

$$Y = 9.057 + 0.422 x_1 + 0.411 x_2 + 0.378 x_3 + 0.849 x_4 + 1.532 x_5 + 0.563 x_6 + 0.364 x_7$$

A partir de esta ecuación se deduce lo siguiente:

- En caso que la Mipyme del Sector Salud de la ciudad de Huancayo recurriera a un préstamo otorgado por una institución financiera; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.422 unidades.
- Si contara con un Plan Estratégico o Plan de Negocios; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.411 unidades.
- Si contara con un sistema de Tecnologías de Información y Comunicación para sus actividades; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.378 unidades.
- Si el empresario contara con algún grado o curso de formación gerencial; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.849 unidades.
- Si la Mipyme ofertara servicios nuevos o enfoque diferente a los de la competencia (innovación); el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 1.532 unidades.
- En caso que el propietario de la Mipyme se dedique a tiempo completo a su negocio; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.563 unidades.
- En caso se utilice las redes sociales como Facebook o Whatsapp para su publicidad; el puntaje de la calificación del éxito de la empresa se incrementaría en 0.364 unidades.

De la evaluación de los coeficientes estandarizados, que establecen la importancia relativa de cada una de las variables, se pudo deducir que, los tres determinantes más importantes para modelo son: innovación (coeficiente estandarizado 0.385), la formación gerencial del empresario (coeficiente estandarizado 0.212) y la dedicación al negocio (coeficiente estandarizado 0.148).

#### *Bondad de ajuste*

El coeficiente de determinación, también llamado R cuadrado, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar. En el presente modelo, se

obtuvo un  $R^2$  de 0.473. Por tanto, se establece que la calificación del Éxito de las Mipymes del Sector Salud de la ciudad de Huancayo en el 2020, puede ser explicada en un 47.30% por las variables independientes o explicativas consideradas en el modelo. Ver tabla 3.

Tabla 3

*Coefficiente de determinación del Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,688	,473	,463	1,370

Nota: a. Predictores: (Constante), Reds, Finan, Dedic, Innov, TICs, PE, Form

### *Contraste de regresión*

Mediante SPSS V24, se obtuvo los siguientes resultados para el contraste del modelo de regresión. Ver tabla 4.

Tabla 4

*Contraste de regresión (ANOVA), Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	628,757	7	89,822	47,890	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	699,595	373	1,876		
	Total	1328,352	380			

Nota: a. Variable dependiente: Ext\_Emp

b. Predictores: (Constante), Reds, Finan, Dedic, Innov, TICs, PE, Form

Se procedió a verificar que las variables independientes aportan información en forma conjunta a la explicación de la variable dependiente. Para esto se utiliza el siguiente planteamiento para el contraste de hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$$

$$H_1: \text{algún } \beta_j \neq 0; \text{ nivel crítico (sig.)} = 0.05$$

Si sig. F < 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula

Como se observa en la tabla 4, el sig. del F obtenido es de 0.000. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula, se acepta la hipótesis alternativa. Se concluye que todas las variables independientes (fuente de financiamiento, planeamiento estratégico, uso de TIC's, formación empresarial, innovación, dedicación al negocio y publicidad por medio de redes sociales) influyen de forma conjunta y lineal sobre la calificación Éxito de las Mipymes del Sector Salud de la ciudad de Huancayo en el 2020.

## Comprobación de modelo

### Supuesto de Linealidad

Los diagramas de regresión parcial permiten formarse una idea rápida sobre la forma que adopta una relación. Permiten examinar la relación existente entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes por separado, tras eliminar de ellas el efecto del resto de las variables independientes (Pardo y Ruiz, 2015). Ver figura 2.

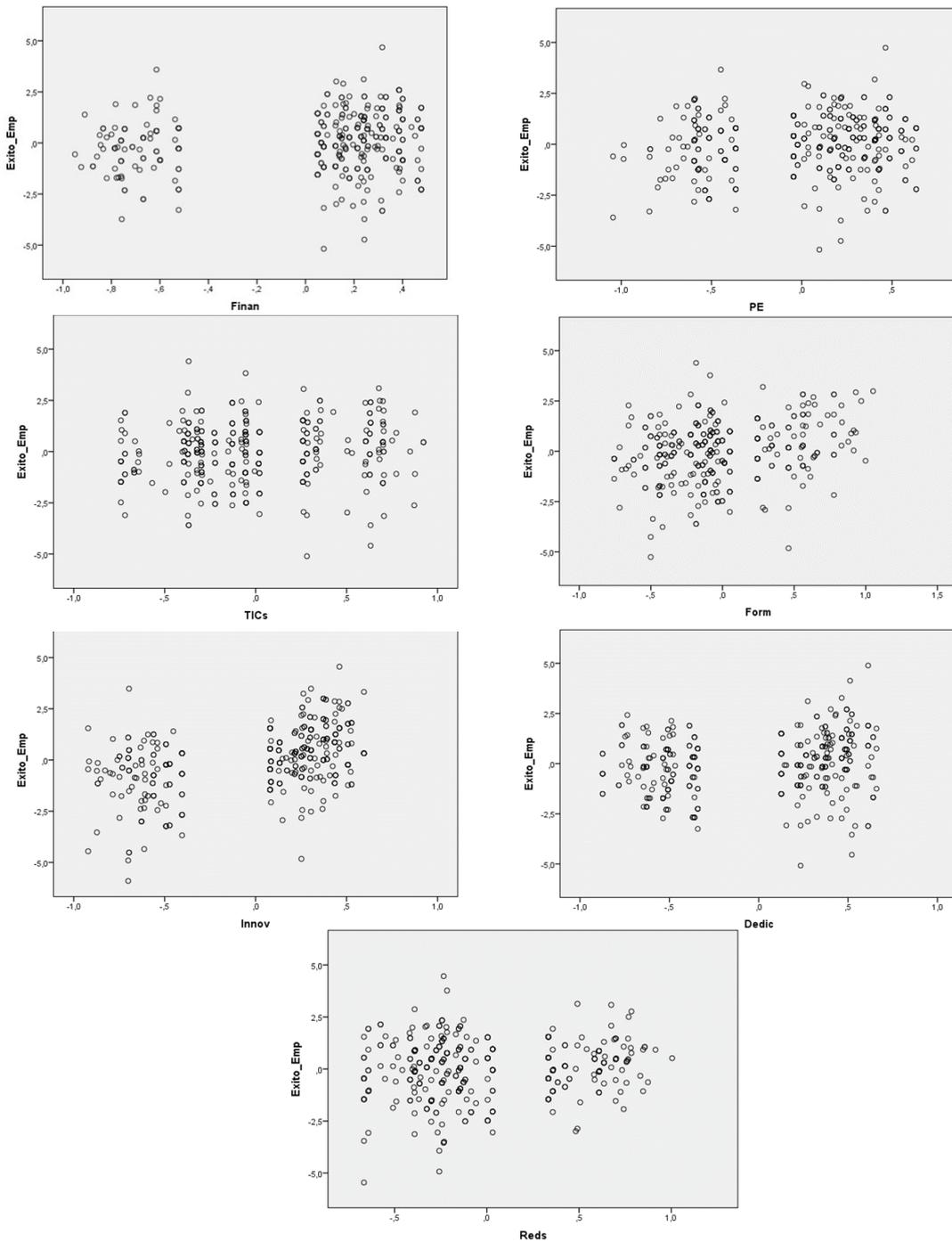


Figura 2. Regresión parcial, Exito de las empresas y variables independientes. Modelo Econométrico del Éxito de Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020.

Fuente: Encuesta. Procesado mediante SPSS V.24

Según Velarde (2010), teniendo en cuenta la representación gráfica cuando X adopta dos únicos valores, se observa como dos series alineadas verticales de puntos que representan la variabilidad de Y para cada uno de los valores de X, puede decirse que la recta constituye una buena representación para unir ambas series, representando el cambio sufrido en la Y estimada en función del cambio (de 0 a 1 – de una categoría a otra-) en X. Al observar los gráficos de regresión parcial de fuente de financiamiento, capacitación gerencial, formalización y dedicación al negocio se observa precisamente el comportamiento de dos series alineadas en forma vertical. En cambio, para el caso de espíritu emprendedor y espíritu empresarial se observa una tendencia lineal de pendiente positiva. Por tanto, se cumple el supuesto de linealidad.

*Supuesto de independencia*

El estadístico de Durbin-Watson proporciona información sobre el grado de independencia existente entre ellos. El estadístico DW oscila entre 0 y 4, y toma el valor 2 cuando los residuos son independientes. Podemos asumir independencia cuando toma valores entre 1.5 y 2.5 (Pardo y Ruiz, 2015). Se obtuvo un valor de 1.676 para el estadístico de Durbin Watson, se puede establecer que el Modelo Econométrico propuesto cumple con el supuesto de independencia. Ver tabla 5.

Tabla 5.

*Estadístico de Durbin Watson, Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,688 <sup>a</sup>	,473	,463	1,370	1,676

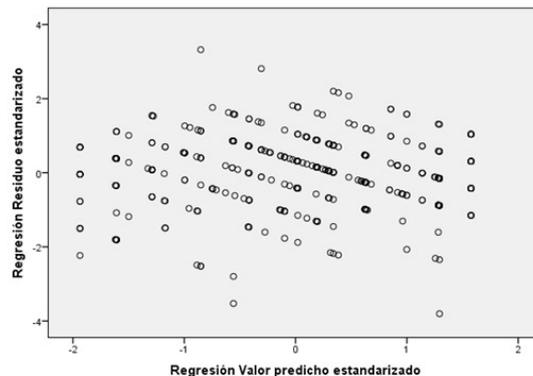
Nota: a. Predictores: (Constante), Reds, Finan, Dedic, Innov, TICs, PE, Form

b. Variable dependiente: Exito\_Emp

Fuente: Encuesta. Procesado mediante SPSS V.24.

*Supuesto de Homocedasticidad*

El procedimiento Regresión lineal en SPSS dispone de una serie de gráficos que permiten, obtener información sobre el grado de cumplimiento de los supuestos de homocedasticidad. La hipótesis de homocedasticidad establece que la variabilidad de los residuos es independiente de las variables explicativas (Pardo y Ruiz, 2015). En la figura 3, generado mediante el SPSS, se observa que no se encuentra asociación entre la variación de los residuos y los valores de los pronósticos. Por tanto, se cumple con el supuesto de homocedasticidad.



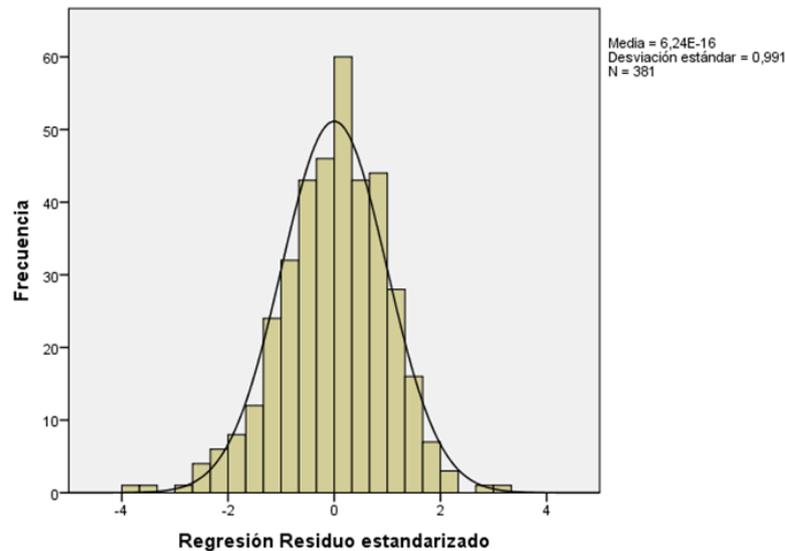
*Figura 3.* Diagrama de dispersión de pronósticos tipificados por residuos tipificados. Modelo Econométrico del Éxito de Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020.  
*Supuesto de Normalidad*

Para este análisis se usó la prueba de Kolmogorov Smirnov para los residuos estandarizados de variable dependiente; el cual se plantea las siguientes hipótesis:

$H_0$ : los residuos del grupo  $i$  son normales

$H_1$ : los residuos del grupo  $i$  no son normales

Si el valor- $p > 0,05$  no podemos rechazar la hipótesis nula y por lo tanto asumimos que se cumple el supuesto de Normalidad. El sig. obtenido fue de 0.003 (menor a 0.05); por tanto, se rechaza la hipótesis nula y no se cumpliría el supuesto de normalidad para el modelo. En esta situación, donde la prueba simple Kolmogorov Smirnov es contradictoria, es aconsejable realizar la prueba gráfica, donde podremos observar “gráficamente” si los datos de nuestra variable se distribuyen con normalidad o no (Romero-Saldaña, 2016). Usando el SPSS se generó un histograma de los residuos tipificados con una curva normal superpuesta (ver figura 4). En dicho gráfico se una acumulación de caso en la parte central de la curva y una ligera asimetría hacia la cola izquierda. La distribución de los residuos, por tanto, el modelo se ajusta a la curva de probabilidad normal.



*Figura 4.* Histograma de residuos estandarizado. Modelo Econométrico del Éxito de Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020.

Fuente: Encuesta. Procesado mediante SPSS V.24.

#### *Supuesto de No Colinealidad*

Se realizó el diagnóstico para determinar la no colinealidad entre las variables independientes del modelo. En esta valoración, se evalúan los autovalores, los cuales informan sobre cuántas dimensiones o factores diferentes subyacen en el conjunto de

variables independientes utilizadas. La presencia de varios autovalores próximos a cero indica que las variables independientes están muy relacionadas entre sí (colinealidad). En condiciones de no colinealidad, estos índices no deben superar el valor 15. Valores mayores a 30 indican presencia de colinealidad (Pardo y Ruiz, 2015).

Se observa que, todos los autovalores son diferentes a cero y que además los índices de condición son menores a 15. Siendo así, el modelo econométrico cumple con el supuesto de no colinealidad. Ver tabla 6.

Tabla 6  
*Diagnóstico de colinealidad. Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020*

Dimensión	Autovalor	Índice de condición	Proporciones de varianza							
			(Constante)	Finan	PE	TICs	Form	Innov	Dedic	Reds
1	5,550	1,000	,00	,01	,01	,01	,01	,01	,01	,01
2	,669	2,881	,02	,02	,00	,14	,29	,04	,02	,08
3	,515	3,283	,00	,01	,01	,25	,00	,01	,00	,70
4	,368	3,883	,00	,00	,06	,28	,46	,00	,24	,15
5	,327	4,119	,01	,08	,02	,17	,22	,01	,61	,02
6	,256	4,660	,00	,07	,12	,07	,00	,80	,06	,01
7	,208	5,170	,00	,44	,65	,06	,01	,02	,00	,03
8	,108	7,164	,96	,37	,12	,01	,01	,11	,07	,01

Nota: a. Variable dependiente: Exito\_Emp

Se concluye que el modelo econométrico propuesto cumple con los cinco supuestos de regresión lineal. Por tanto, se considera como válido.

### **Prueba de Hipótesis**

Siendo el modelo econométrico para esta hipótesis:

$$Y = 9.057 + 0.422 x_1 + 0.411 x_2 + 0.378 x_3 + 0.849 x_4 + 1.532 x_5 + 0.563 x_6 + 0.364 x_7$$

Nota: Se excluye la variable programa de calidad en este contraste, pues no resultó significativa.

Para una regresión lineal se toma en cuenta que Contraste de hipótesis

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$$

$$H_1: \text{algún } \beta_j \neq 0;$$

Nivel crítico (sig.) = 0.05

Si sig. F < 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula.

Entonces para el modelo:

$$H_0: Y \neq 9.057 + 0.422 x_1 + 0.411 x_2 + 0.378 x_3 + 0.849 x_4 + 1.532 x_5 + 0.563 x_6 + 0.364 x_7$$

$$H_1: Y = 9.057 + 0.422 x_1 + 0.411 x_2 + 0.378 x_3 + 0.849 x_4 + 1.532 x_5 + 0.563 x_6 + 0.364 x_7$$

Como el sig. del F obtenido es de 0.000, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Además, el R<sup>2</sup> hallado fue de 0.463, valor que indicaría una aceptable explicación de la variable dependiente por las independientes consideradas.

Por lo tanto, se comprueba la validez hipótesis general planteada para la presente tesis (habiéndose corregido el modelo econométrico original luego de la exclusión de la variable “programa de calidad”).

La versión corregida de la hipótesis general sería: *“La fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC’s por la empresa, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio del empresario y la publicidad en redes sociales tienen un efecto significativo en el éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo.”*

### Discusión

El modelo econométrico de Modelo Econométrico del Éxito de las Mipymes del Sector Salud, Huancayo, 2020; cumplió los supuestos de linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad, por tanto, se considera como válido. Sin embargo, el modelo fue corregido, pues en la primera ocasión que se hizo el análisis mediante el aplicativo SPSS, la variable independiente de “Plan o programa de calidad”, fue desestimada al no resultar significativa estadísticamente. Solo se mantuvo las otras siete variables planteadas: la fuente de financiamiento, la planificación estratégica, el uso de TIC’s por la empresa, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio del empresario y la publicidad en redes sociales.

En cuanto a la prueba para bondad de ajuste para el este modelo, se alcanzó un  $R^2$  ajustado de 0.463, lo que significa que los siete factores considerados en el modelo econométrico (la fuente de financiamiento, la planificación estratégica, el uso de TIC’s por la empresa, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio del empresario y la publicidad en redes sociales) explican el 46,3% del éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo, Perú. Por tanto, este modelo se puede considerar como regular, pues de acuerdo a la teoría, un  $R^2$  que se encuentre entre 0.5 y 0.85 se cataloga como bueno. Todavía existe un 53,7% del fenómeno que no se explican a estas variables. Por tanto, este modelo planteado habría que ser considerado como exploratorio y en futuras investigaciones ampliar un mayor número de variables explicativas a considerar.

En este modelo econométrico, se consideró como variable dependiente al éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo, que a su vez estaba compuesta por tres dimensiones: crecimiento, rentabilidad y productividad. Para cada una de ellas se valoró la respuesta a través de la Escala de Likert de 5 puntos (1= total desacuerdo y 5= total acuerdo), que, adaptada para el presente trabajo de investigación, se estableció con el siguiente formato: 1 = Pésimo, 2 = Malo, 3 = Regular, 4 = Bueno y 5 = Muy Bueno. La suma de la calificación de cada uno de las dimensiones hacía el puntaje de la calificación del éxito de la Mipyme. La calificación fue otorgada por los propios empresarios. Este instrumento se basó en uno similar usado por Vélchez (2017) y Rocca (2017), que también usaron un sistema de calificación como el desarrollado en el presente trabajo de investigación; aunque, en estos dos casos citados, el instrumento fue usado a empresas en general y no a un sector tan específico como el de salud.

### Conclusiones

- Se comprobó la hipótesis general planteada, la cual establece que, la fuente de financiamiento, planificación estratégica y el uso de TIC’s, formación gerencial, la

innovación, aplicación de un programa de calidad, dedicación al negocio y publicidad en redes sociales; intervienen en el éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo.

- De estas variables, la fuente de financiamiento, planificación estratégica, uso de TIC's, formación gerencial, innovación, dedicación al negocio y publicidad en redes sociales, resultaron ser estadísticamente significativas, por tanto, mejor relacionadas al éxito de las Mipymes del sector salud en Huancayo.
- En cambio, la aplicación de un programa de calidad, al no ser estadísticamente significativa, no estaría relacionada al éxito de la empresa como a priori se esperaba.
- Por tanto, el modelo econométrico se tuvo que corregir, excluyendo la variable independiente no significativa. Es así que, la Hipótesis corregida fue la siguiente: la fuente de financiamiento, la planificación estratégica y el uso de TIC's, la formación gerencial, la innovación, la dedicación al negocio y la publicidad en redes sociales; tienen efecto significativo para el éxito de las Mipymes del sector salud de la ciudad de Huancayo.
- El modelo econométrico, cumplió con los supuestos de regresión lineal múltiple. Este modelo, por tanto, puede considerarse como válido.

### Referencias

- Andrade, A. (2017). *Fuentes Financieras*. Universidad Tecnológica de Panamá
- Altamirano, J. (2017). *Influencia de las fuentes de financiamiento en el desarrollo de las Mypes de la feria Balta – Chiclayo 2017*. Perú: Universidad Señor de Sipán.
- Barahona, J. (2016). *Fuentes de financiamiento bancario y su influencia en las Pymes, sector industrial de Guayaquil*. Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Bernal, J. y Leo, E. (2017). Factores críticos para el desarrollo exitoso de los centros odontológicos. Caso: Tacna (Perú). *3C TIC: Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 6(4), 42-53.
- Certus Instituto Empresarial (2019). ¿Qué significa Mipymes?. Retrieved from <https://www.certus.edu.pe/blog/que-significa-Mipymes/>
- Chunga, M. (2019). 6 tipos de publicidad en internet que todo negocio debe utilizar. Retrieved from <https://blog.impulse.pe/6-tipos-de-publicidad-en-internet-que-todo-negocio-debe-utilizar>
- Estrada, D. (2016). *Innovación y competitividad en las microempresas (pymes)*. Caso de estudio parroquia de Conocoto. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Forrellat, M. (2014). Calidad en los servicios de salud: un reto ineludible. *Revista Cubana Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 30(2), 179-183
- Garrido, E. (2017). *Factores de competitividad de las pymes andaluzas*. España: Universidad de Huelva.

- Garzón, M. e Ibarra, A. (2014). Innovación empresarial, difusión, definiciones y tipología. *Revista Dimensión Empresarial*, 11(1), 45-60.
- González, J. (2015). Innovación y tecnología, factores claves de competitividad empresarial. Una mirada desde lo local. *Revista Le Bret*, 7, 103-124.
- Juan, A. (2016). El Social Media Marketing en Salud: el presente y el futuro de la comunicación online en redes sociales. Retrieved from <http://www.pmfarma.es/articulos/2001-el-social-media-marketing-en-salud-el-presente-y-el-futuro-de-la-comunicacion-online-en-redes-sociales.html>
- Pacheco, L. (2017). *Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) y la gestión Hospitalaria en el Hospital Nacional Hipólito Unanue, El Agustino, 2016*. Tesis de Maestría en Gestión Pública. Universidad César Vallejo, Perú.
- Pardo, A.; Ruiz, A. (2015). *Análisis de datos con SPSS 13 Base*. Editorial Mc Graw-Hill.
- Pérez, O. (2016). 6 Consejos para la planeación estratégica de tu empresa. Retrieved from <https://blog.peoplenext.com.mx/6-consejos-para-la-planeacion-estrategica-de-tu-empresa#:~:text=La%20planeación%20estratégica%20es%20el,un%20rumbo%20a%20la%20empresa.>
- Rivera, P. (2016). *El emprendimiento y la creación de empresas. Etapas y factores clave de éxito*. España: Universidad Rey Juan Carlos.
- Rocca, E. (2017). *Los factores del éxito competitivo y la problemática del acceso a la financiación: un estudio empírico de las Mipymes en el Perú*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Rodríguez, G. (2016). Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) como factor determinante del éxito competitivo en micro, pequeña y mediana empresa (MIPYME). doi: [10.13140/rg.2.1.2386.3924](https://doi.org/10.13140/rg.2.1.2386.3924)
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.
- Sánchez, J. (2017). *Direccionamiento Estratégico en las pymes*. Colombia: Universidad Militar de Nueva Granada.
- Sesmero, E. (2005). ¿Importan realmente las TIC para el éxito empresarial? Retrieved from <https://www.gestiopolis.com/importan-realmente-tic-exito-empresarial/>
- Sierra, A. (2016). *Formación de competencias gerenciales que permitan la creación de nuevas empresas*. Tesis de Especialista en Alta Gerencia. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- Soler, D. (2014). Emprender a tiempo parcial. Retrieved from <https://www.davidsoler.es/emprender-a-tiempo-parcial/>
- Valdez, L. (2017). *La Gestión del Conocimiento y las TIC, su efecto en la innovación y en el rendimiento de la Pyme: Un estudio empírico*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.

Velarde, A (2010). Regresión con variables cualitativas. Retrieved from <https://personal.us.es/avelarde/analisisdos/Regresiondicotomica.pdf>

Vilchez, J. (2017). *Impacto de los Microcréditos en el Desarrollo Socioeconómico de familias propietarias de microempresas, Huancayo, Junín, 2016*. Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

**Fecha de recepción:** 18/08/2020

**Fecha de revisión:** 27/09/2020

**Fecha de aceptación:** 4/12/2020

# PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



## Cómo citar este artículo:

González Mejías, F. J. (2020). Aspectos relevantes de los proyectos de desarrollo en organizaciones indígenas del Cauca. *Project, Design and Management*, 2(2), 79-94. doi:10.35992/pdm.v2i2.407

## ASPECTOS RELEVANTES DE LOS PROYECTOS DE DESARROLLO EN ORGANIZACIONES INDÍGENAS DEL CAUCA

**Francisco Javier Gonzalez Mejia**  
Universidad del Cauca (Colombia)  
[fjgonzalez@unicauca.edu.co](mailto:fjgonzalez@unicauca.edu.co)

**Resumen.** El presente artículo es producto de una investigación que tuvo como propósito la identificación de los aspectos más relevantes de los proyectos de desarrollo en el contexto indígena caucano, principalmente desde la visión de las organizaciones sociales indígenas y sus expertos. Se partió de la pregunta ¿Cuál es la situación y exigencias en la formulación de proyectos en las actuales condiciones de desarrollo de la población indígena caucana? La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto no experimental de tipo transversal correlacional, para la parte cuantitativa se aplicó una encuesta dirigida a formuladores de proyecto y para la parte cualitativa se aplicó una entrevista semiestructurada dirigida a expertos, los datos fueron analizados a través del software SPSS y Atlas ti respectivamente. Como resultados están la existencia de buenos conocimientos a nivel conceptual por parte de los formuladores, pero no es suficiente para tener el nivel de experticia requerido para formular y evaluar proyectos de inversión pública en el contexto indígena caucano, sin embargo, esta situación no ha sido un impedimento para el desarrollo de proyectos, puesto que se ha buscado a expertos que llenen ese vacío conceptual y de experticia. Preocupa el uso de metodologías propias del Departamento Nacional de Planeación (DNP) en Colombia, por ejemplo, se encontró un problema con el uso de la Metodología General Ajustada (MGA), siendo una condición para la aprobación de proyectos públicos en Colombia.

**Palabras clave:** Planeación, planeación del desarrollo, proyectos de inversión pública, teoría de proyectos.

## RELEVANT ASPECTS OF THE DEVELOPMENT PROJECTS IN INDIGENOUS ORGANIZATIONS OF CAUCA

**Abstract.** This article is the product of an investigation that aimed to identify the most relevant aspects of development projects in the indigenous context, mainly from the perspective of indigenous social organizations and their experts. It was based on the question: What is the situation and requirements in the formulation of projects in the current conditions of development of the indigenous population of Cauca?

The research was carried out under a mixed non-experimental correlational cross-sectional approach, for the quantitative part a survey was conducted aimed at project formulators and for the qualitative part a semi-structured interview directed to experts was applied, the data was analyzed through the SPSS software and Atlas ti. respectively. As results, it was found that there is good knowledge at the conceptual level by the formulators, but that it is not enough to have the level of expertise required to formulate and evaluate public investment projects in the indigenous indigenous context, however, this situation has not It has been an impediment to the development of projects, since experts were sought to fill that conceptual and expertise gap. The use of methodologies of the National Planning Department (DNP) in Colombia is concerned, for example, a problem was found with the use of the General Adjusted Methodology (MGA), being a condition for the approval of public projects in Colombia.

**Keywords:** Planning, development planning, public investment projects y project theory.

### Introducción

En Colombia la planeación en el contexto público es definida por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), entidad que precisa las metodologías y lineamientos técnicos para la construcción de planes, programas y proyectos para todo el territorio colombiano (Normograma Departamento Nacional de Planeación, 2017), de esa manera para acceder a recursos públicos es necesario conocer todas las herramientas puestas a disposición por este organismo. Las organizaciones sociales indígenas tienen que adaptarse a las metodologías del DNP para acceder a los recursos del Estado, por lo tanto, deben articular las problemáticas propias de su contexto con estas herramientas y así propender por el desarrollo de sus comunidades.

El departamento del Cauca de acuerdo con el Censo Nacional de 2018 está conformado por 1.404.205 habitantes, de los cuales 351.419 habitantes pertenecen a comunidades indígenas organizadas en 105 resguardos, perteneciendo el 70% al pueblo Nasa, el 9,4% al pueblo Yanacona, el 6,4% al pueblo Misak y el 5,8% al pueblo Coconuco, el 8,4% restante hacen parte los pueblos de Totoró, Eperara Siapodara y otros pueblos. El índice de GINI en el 2018 para el Cauca fue de 0,52 y las personas en situación de pobreza fue de 50,5% y de pobreza extrema del 22,9%. al comparar estos indicadores con los centros poblados más representativos del país se encuentra un índice GINI de 0,446, personas en situación de pobreza del 36% y en extrema pobreza del 15,4% (DANE, 2019); por tanto, se evidencia una brecha entre los indicadores del departamento con la media de la población de centros poblados considerable. La proporción de personas con Necesidades Básicas Insatisfechas fue del 18,27 % y en condición de miseria del 3,15%. (DANE, 2018). Geográficamente el Cauca está ubicado en el sur occidente de Colombia, tiene una extensión de 30.169 Km.<sup>2</sup> y se divide en 42 municipios (Gobernación del Cauca, 2012).

Desde mediados del siglo XX el estado colombiano ha venido implementando en sus procesos métodos de planificación adaptados de las experiencias de otros países, a través de entidades como el DNP, estos procesos empezaron siendo centralizados y en las últimas décadas se ha buscado que sean participativos, de tal manera que la población haga parte de la construcción de sus propios planes y sea participe de su propio desarrollo. Para las organizaciones indígenas en el departamento del Cauca es de gran relevancia asumir esta responsabilidad de visionar y construir su propio desarrollo, por esta razón surge la pregunta ¿cuál es la situación y exigencias en la formulación y evaluación de

proyectos en las actuales condiciones de desarrollo de la población indígena caucana? Para dar respuesta a la pregunta se partió de la hipótesis que existe un grado de conocimiento técnico – conceptual suficiente por parte de los formuladores de proyectos, pero el conocimiento del entorno y la experticia todavía no es suficiente para lograr resultados óptimos en los proyectos, además sobre cómo la identificación de relaciones entre la visión de las organizaciones indígenas y la visión del Estado son fundamentales para la obtención de resultados más eficientes de los proyectos de desarrollo.

Entre los distintos elementos teóricos que fundamentaron la investigación están los nuevos instrumentos para el desarrollo mundial que se proponen luego de la crisis financiera del 2008, donde se identifican fallas a nivel de formulación de políticas económicas y que han repercutido negativamente sobre el empleo, precios y calidad de vida, por tanto las nuevas metodologías deben estar alineadas bajo el concepto de sostenibilidad y el balance de la riqueza material, buscando la protección del medio ambiente, la equidad y la justicia social. Por lo anterior se han generado nuevos paradigmas de desarrollo quedando contenidos algunos de sus propósitos en los objetivos del milenio y hoy en día en los objetivos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2010).

Los nuevos paradigmas influirán en los métodos de planificación, pero esta situación será relevante si los Estados asumen con responsabilidad los distintos procesos como parte de las funciones de las entidades estatales pertinentes y en sus distintos niveles jerárquicos. Al respecto (Escudero, 2014) considera que la planificación como actividad y proceso debe influir de manera directa sobre el objeto de intervención a partir de unos condicionamientos que se clarificaran en el futuro.

En Colombia el Departamento Nacional de Planeación presenta unas guías donde se encuentran las metodologías y herramientas para hacer ejercicios de planeación y proyectos de inversión pública, entre ellas están elementos teóricos de proyectos los cuales están conformados por los componentes de identificación, preparación, evaluación y programación. Por ejemplo, la (Dirección de Inversiones y Finanzas Publicas, 2015) presenta el manual conceptual de la Metodología General Ajustada (MGA) donde se explica cada uno de los ítems que hacen parte de los módulos de identificación, preparación, evaluación y programación.

En cuanto al componente de identificación, tiene como principal propósito la identificación de problemas propio del contexto a intervenir, este ejercicio se realiza haciendo uso del enfoque de marco lógico, el cual permite el análisis del problema, la identificación de objetivos y las alternativas de solución entre otras. El componente de preparación a partir de la elección de la mejor alternativa de solución exige los estudios de necesidades, de riesgos, de ingresos y/o beneficios y evaluación económica; los resultados serán elementos decisivos en la ejecución y gerencia del proyecto. El componente de evaluación se centra en el análisis económico de la alternativa de solución y en el componente de programación de diseñan los distintos indicadores, supuestos y condiciones como herramientas de seguimiento al cumplimiento de los objetivos propuestos, (Departamento Nacional de Planeacion, 2016). Todos los resultados deben documentarse y son exigidos por el DNP en un software denominado Metodología General Ajustada (MGA), que es una plataforma en línea para subir el resumen del proyecto con sus respectivos anexos.

Para la (Dirección general de inversion pública --DGIP, 2015), la MGA se denomina así porque la metodología propone una secuencia ordenada a través de unos formularios, general porque se registra los aspectos más relevantes del proyecto y

ajustada porque se debe estar mejorando a medida que pasa el tiempo. Esta plataforma está regulada por la Resolución 0806 de 2005, donde se estipula que cualquier entidad del orden nacional, departamental, local y distrital debe exigirla para la presentación de proyectos.

La población indígena en Latinoamérica en las últimas décadas ha logrado la consecución de unos derechos, pero aún no es suficiente, por tanto, los retos a enfrentar siguen siendo de gran magnitud. La región ha tenido un desarrollo económico y social, pero no ha sido representativo a toda la población, además este crecimiento no ha sido sostenible ni ha logrado la expansión esperada; limitándose gran parte de estos beneficios a los indígenas, además porque estas comunidades han tendido resistencia a la visión de desarrollo general y han luchado por la diversidad, la autodeterminación y la desigualdad. Teniendo un papel fundamental de lucha y resistencia por parte de las organizaciones sociales indígenas latinoamericanas en los movimientos sociales y adquisición de derecho, tales como el reconocimiento de la diversidad, la libre determinación, la dignidad humana entre otros, los cuales están estipulados en la declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas en 2007 y el Convenio sobre los Pueblos Indígenas y Tribales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en 1989, así como las reformas constitucionales (Comisión Económica para América Latina (CEPAL), 2014).

En este mismo sentido, la Constitución Colombiana reconoce los territorios indígenas como entidades territoriales políticas y administrativas, además de cierta independencia y donde las autoridades indígenas tienen un gobierno autónomo. Así mismo y de acuerdo con (Bolaños y otros, 2012) en el departamento del Cauca la organización indígena de mayor transcendencia es la Corporación Regional Indígena del Cauca (CRIC), creada de un movimiento de lucha que fortaleció la defensa del territorio, recuperó los rasgos culturales y lucha por la autonomía.

El desarrollo de la investigación permitió llegar a resultados como: los formuladores poseen conocimientos conceptuales sobre elementos teóricos de proyectos pero no son suficientes al momento de hacer una aplicación práctica de ellos; el conocimiento del entorno es fundamental y se están aplicando metodologías participativas acordes a los lineamientos del Departamento Nacional de Planeación por parte de las organizaciones indígenas, sin embargo hay riesgos con ciertos formuladores de escritorio que sin conocer el entorno formulan proyectos; por último, se encontró que el grado de uso de la Metodología General Ajustada (MGA) no es el adecuado, pero si es una exigencia incondicional para la aprobación de proyectos de inversión pública en Colombia.

## **Metodología**

Los resultados de la investigación son producto de un enfoque mixto, donde se contemplaron elementos cualitativos y cuantitativos, el propósito fue la búsqueda de la mayor objetividad, entendiendo las relaciones causales en un entorno determinado. La combinación de estos dos elementos es importante, de acuerdo con (Ñaupás, Mejía, Novoa y Villagómez, 2014) la reducción de las investigaciones a un solo elemento no es conducente, puesto que limita la calidad total, y es importante que se complementen los procedimientos.

El diseño de la investigación fue no experimental de tipo transversal correlacional; no experimental porque no se manipularon las variables y transversal correlacional porque se buscó relaciones causales entre las variables en un momento determinado. Las variables que se trabajaron fue el grado de conocimiento técnico y del entorno por parte de los formuladores de proyectos y las dificultades presentadas en el proceso de formulación de proyectos de inversión pública. Su buscó identificar la incidencia del conocimiento técnico y del entorno en las dificultades al momento de realizar proyectos.

La investigación inicio con la identificación de las organizaciones indígenas que agrupan a los grupos étnicos indígenas en el departamento del Cauca, así como la identificación de los rasgos de su visión de desarrollo, de manera paralela se identificó los elementos teóricos que soportan las metodologías propuestas por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), para luego conocer cuál es el grado de conocimiento de las metodologías y del entorno por parte de los formuladores de proyectos en el contexto indígena y sus dificultades al momento de realizar este tipo de ejercicios.

El ejercicio cuantitativo se fundamentó en un muestreo aleatorio simple, (Hernandez, Fernández y Baptista, 2014) manifiesta que este tipo de muestreo permite la posibilidad que cualquier miembro de la población objeto de estudio tenga las mismas posibilidades de ser escogido en la muestra obtenida, a través de una selección aleatoria de las unidades de análisis. La población universo la conformaron 720 formuladores, con un margen de error del 4,3% y un nivel de confianza del 95%, en total se trabajó con una muestra de 302 personas.

Para la parte cualitativa se trabajó con un muestreo no probabilístico de tipo intencional, puesto que hay pocas organizaciones indígenas pero muy relevantes como el Consejo Regional Indígena del Cauca que agrupa un número significativo de indígenas del Cauca, también expertos que por funciones propias de su cargos conocen sobre los proyectos de inversión pública en el departamento; para (Hernandez y otros, 2014) la ventaja de este tipo de muestreo es que no requiere representatividad sino una cuidadosa y controlada selección de participantes con características relacionadas al planteamiento del problema. El carácter intencional de este tipo de muestreo se debe a que se eligieron sujetos esenciales para la investigación por su formación y experiencia en la formulación de proyectos en el entorno indígena.

Los instrumentos de investigación fueron la encuesta y la entrevista semiestructurada; el cuestionario de encuesta se creó a partir de 22 preguntas elaboradas en la escala de Likert y las preguntas del cuestionario de entrevista fueron diez, establecidas a partir de las variables, para ambos cuestionarios se hizo la respectiva prueba piloto y se presentó a juicio de expertos para validar los instrumentos.

El análisis de datos para las encuesta fue la herramienta informática SPSS versión 20,0 tomando como referente la estadística descriptiva y para los datos recolectados a partir de la entrevista se utilizó la herramienta informática Atlas ti V 5,0.

## **Resultados**

### ***Grado de conocimiento sobre la formulación y evaluación de proyectos en el contexto indígena caucano***

Producto de la encuesta realizada y en relación con el grado de conocimiento sobre la cadena básica de la planeación en Colombia por parte de los formuladores de proyectos

sobre conceptos como planeación, planes, programas y proyectos se encontró lo siguiente:

En la figura 1, sobre el nivel de conocimiento sobre planeación, se puede observar que los formuladores consideran su nivel de conocimientos bueno con una calificación de 4 en un 50,3%, excelente con calificación de 5 solo el 6%; regular con una calificación de 3 el 39,1% y deficiente con una calificación igual o menor a dos el 4,6%. Es importante evaluar este concepto porque en la jerarquía de planeación en Colombia el tener clara la planeación y sus distintas metodologías permitirá el buen diseño de planes, programas y proyectos.

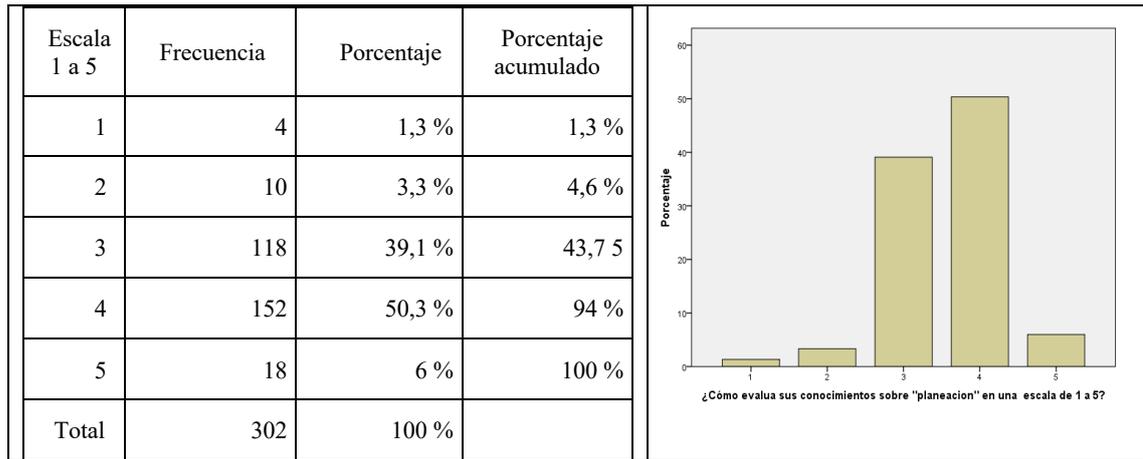


Figura 1. Nivel de conocimientos sobre "planeación".

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

En las figuras 2, 3 y 4 en cuanto al nivel de conocimientos sobre planes, programas y proyectos, se puede observar elementos en común, por ejemplo, con grado de conocimiento muy alto se encuentran hasta el 6% de los formuladores, con grado de conocimiento alto están entre el 40% y 51% de los encuestados; aquellos que algo conocen se ubicaron entre el 39% y 49%; por último, entre aquellos con conocimientos bajos y muy bajos se ubicaron igual o menor al 4%. Con base en estos datos se puede decir que, aunque toda la población de formuladores no está en una condición de expertos referente a sus conocimientos, si una buena parte de la población, más del 80% tienen conocimientos sobre esta temática. Lo anterior se podría ver como algo positivo, solo que se debe tener una mirada más integral, puesto que no solo es el conocimiento técnico, sino también del entorno; además, como se aplica el conocimiento y la experiencia adquirida.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Algo conozco	147	48,7 %	48,7 %
Alto	123	40,7 %	89,4 %
Bajo	12	4 %	93,4 %

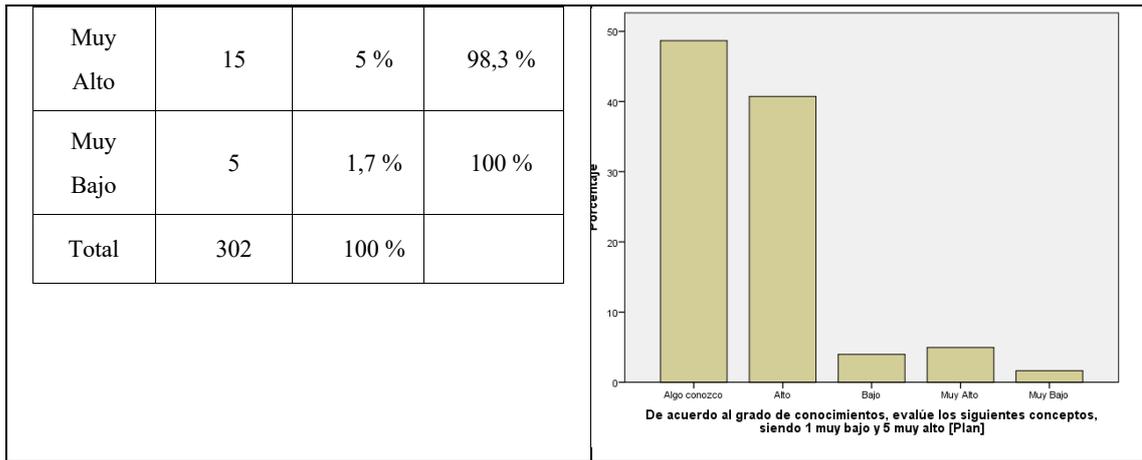


Figura 2. Grado de conocimientos sobre “Plan”

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

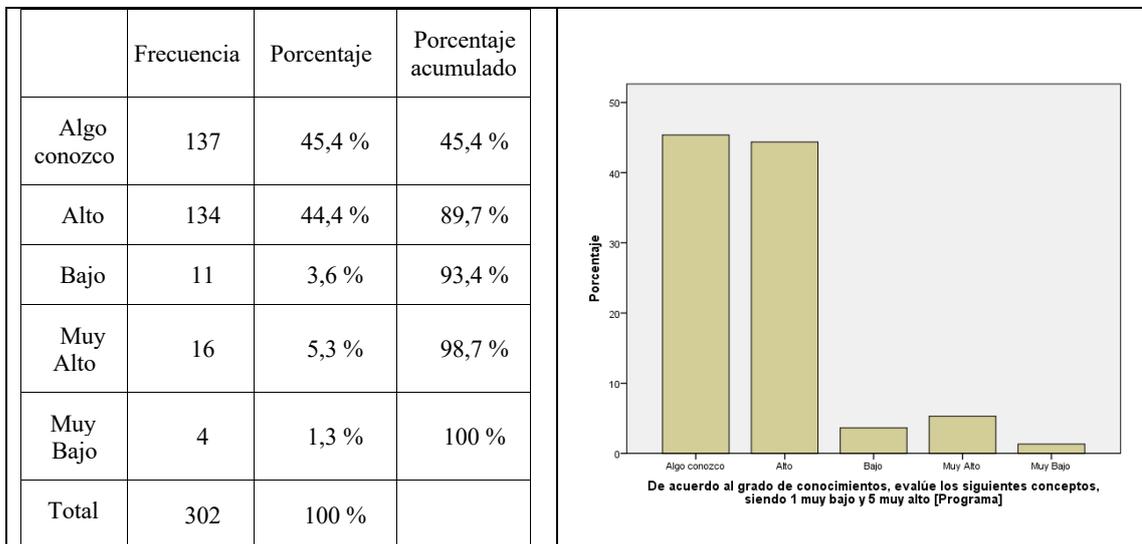
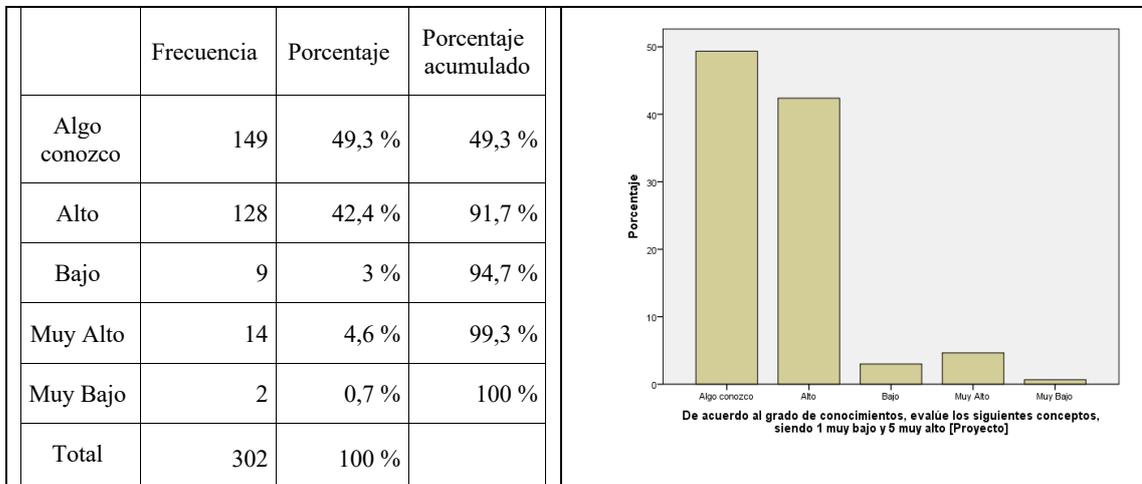


Figura 3. Grado de conocimientos sobre “Programa”

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019



*Figura 4. Grado de conocimientos sobre “Proyectos”*

*Nota:* Fuente. Autoría propia

Entre las categorías más relevantes producto del análisis de las entrevistas y que soportan o contrastan los estudios cualitativos están: “el grado de conocimiento se considera bueno y/o aceptable”, ratificando los resultados de la encuestas; esto debido a que cada vez se ha ido ganando experiencia en la formulación y evaluación de proyectos, además se está en un contexto donde hay universidades que están incidiendo a nivel de postgrado en la formación respecto a la formulación y gerencia de proyectos de carácter social en el sector público. Sin embargo, y como parte de los resultados de las entrevistas, se resalta que en la evaluación y aprobación de los proyectos termina incidiendo en algunas ocasiones más los aspectos políticos que los técnicos, entonces puede suceder que un proyecto mal formulado termine siendo aprobado porque políticamente hubo incidencia.

Otra categoría que surge de las entrevistas es el “grado de conocimiento del entorno no siempre es el adecuado”, esta categoría hace referencia al grado de comprensión del sitio a intervenir mediante un proyecto, teniendo en cuenta las distintas problemáticas desde perspectivas sociales, culturales, económicas entre otras. Si no se conoce el territorio se puede plantear alternativas de solución inadecuadas para resolver problemas; para lo cual los expertos manifestaron que suele suceder que algunos de los formuladores denominados por ellos “de escritorio” hacen el ejercicio de elaborar un proyecto sin conocer la población objeto de estudio y el territorio en el que habitan, inclusive toman de muestra otro proyecto y hacen cambios en la redacción, esto debe ser inadmisibles porque los resultados a obtener estarán totalmente desenfocados perdiendo así tiempo, esfuerzos y recursos.

Con lo mencionado anteriormente es fundamental contar con formuladores de proyectos integrales, los cuales tengan conocimiento teórico, pero también conocimiento del entorno a intervenir; o al menos que se planteen estrategias en lo posible participativas para que en conjunto con la comunidad puedan hacer el ejercicio de identificación de problemas y/o necesidades y al mismo tiempo analizar posibles alternativas de solución. También se debe contar con un formulador que haya tenido procesos de formación no solamente académicos sino también profesional, donde haya ganado experiencia en la puesta en práctica de su conocimiento y realmente con la conjunción de estos elementos adquiera la condición de experto; sin olvidar que en el mundo de los proyectos cada nuevo ejercicio debe ser considerado un nuevo reto, además que el conocimiento debe ser actualizado de manera constante y más en el sector público cuando se hacen ajustes a las metodologías de manera constante.

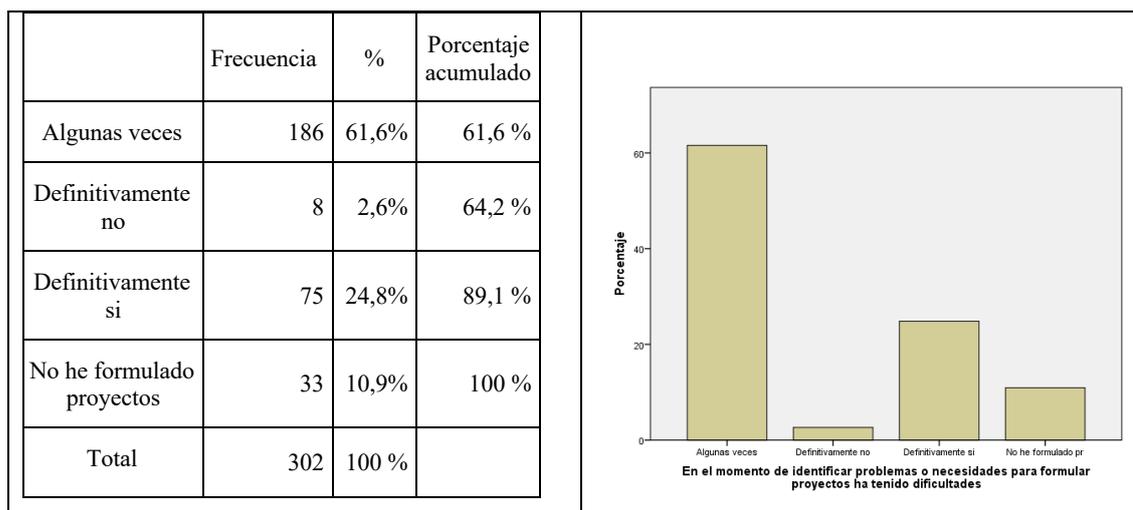


Figura 5. Dificultades en la identificación de problemas o necesidades

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

La figura 5, tiene un aspecto relevante a nivel de proyectos de inversión pública en el contexto indígena caucano; esto se debe a que tener clara una problemática es uno de los factores de éxito más importante a nivel de formulación, evaluación y gestión de los proyectos. Además, esta categoría se relaciona directamente con el grado de conocimiento del entorno. Es interesante y a la vez preocupante identificar que un 24,8% de los formuladores ha tenido dificultades en esta etapa y que el 61,6% de los mismos ha tenido dificultades algunas veces, se convierte en un porcentaje alto de formuladores con inconvenientes al momento de identificar problemas y/o necesidades y debe llamar la atención una pronta solución a la reducción de estos porcentajes para disminuir los riesgos de unos resultados ineficientes de los proyectos en el contexto indígena caucano.

Otra categoría que surge de las entrevistas es el “análisis del entorno de manera participativa”. En el contexto indígena principalmente en la Corporación Regional Indígena del Cauca (CRIC), presentar un proyecto implica reunirse varias veces con los distintos actores que tienen relación con el mismo, mediante un ejercicio que se denomina “las mingas de pensamiento” y donde se van construyendo los perfiles de los proyectos prevaleciendo el trabajo comunitario previo y concertando las decisiones. En este proceso interviene también la Universidad Indígena con la conformación de tres consejos (político, pedagógico y administrativo). De otro lado, se debe tener cuidado con aquellos formuladores denominados de “escritorio”, los cuales sin conocer el contexto plantean problemáticas y/o necesidades con el riesgo que sean desacertadas, además de solo concentrarse en la consecución de recursos que realmente no se requieren.

El Departamento Nacional Planeación (DNP) impulsa el desarrollo de trabajos participativos en ejercicios de planeación y las organizaciones indígenas no han sido ajena a estos llamados, con lo anterior se evidencian que han creado métodos participativos que conllevan a la discusión y diálogo para determinar problemas y/o necesidades de manera conjunta. Además, la participación comunitaria es una característica muy propia de las comunidades indígenas en el departamento del Cauca y en general en Colombia.

A nivel de estudios técnicos (figura 6), que un 19,5% de los formuladores manifiesten que no conocen los estudios técnicos y que el 28,5% siempre haya tenido dificultades al realizarlos es una situación muy preocupante; esto indica que gran porcentaje de los proyectos se construyen con estudios técnicos poco confiables o que

surge la necesidad de acudir a los expertos, que de acuerdo con la encuesta son pocos, estando representados solo con un 6,3%.

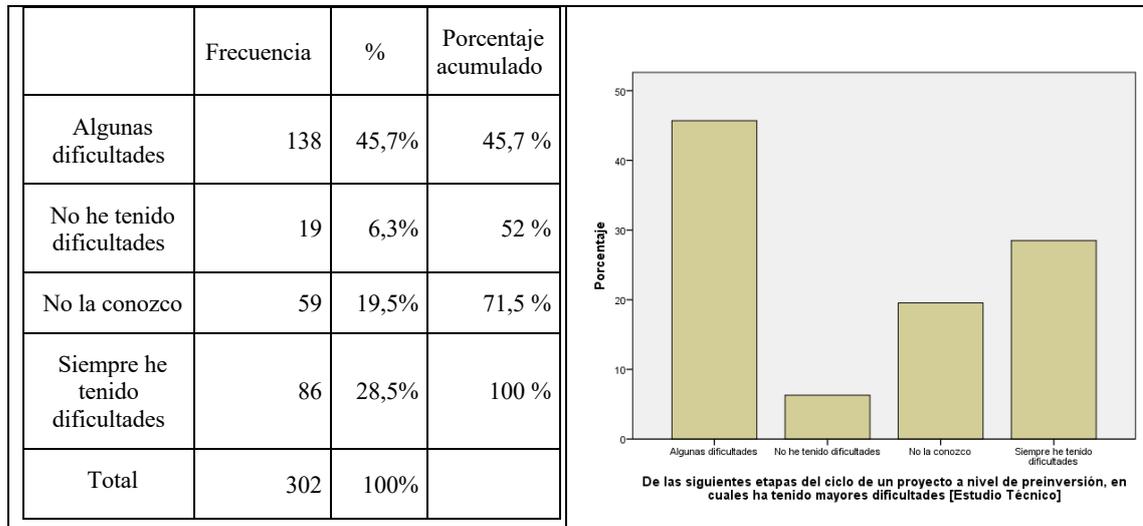


Figura 6. Dificultades a nivel de Estudios Técnicos

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

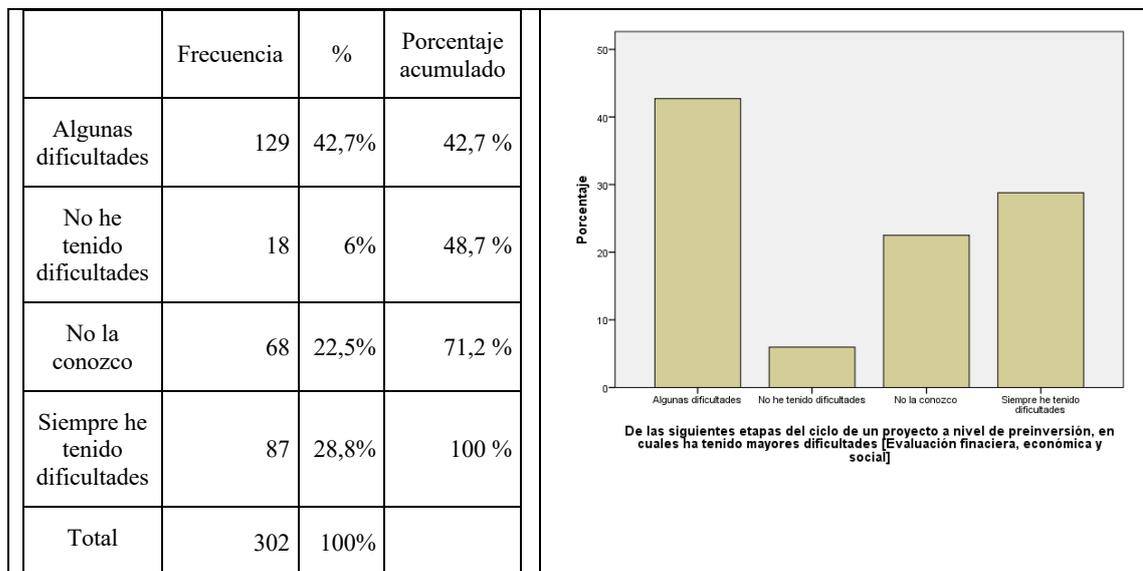


Figura 7. Dificultades a nivel de evaluaciones financieras, económicas y sociales

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

Las figuras 6 y 7 referentes a las dificultades a nivel de estudios técnicos y evaluaciones financieras, económicas y sociales, denotan situaciones igualmente preocupantes; por ejemplo, no es concebible que un porcentaje de formuladores que están entre el 19% y 23% manifiesten que no conocen este tipo de estudios; además, que un 28,5% de los mismos manifiesten que siempre han tenido dificultades, y que entre el 42%

y 46% han tenido algunas dificultades. Son cifras preocupantes para la formulación, evaluación y gestión de proyectos en el contexto indígena caucano.

En términos generales con los resultados anteriores se denota una contradicción entre los conocimientos a nivel de planes, programas y proyectos con los distintos estudios en la etapa de inversión de los proyectos de inversión pública. De un lado hay cifras que muestran que hay buenos niveles de conocimientos, pero al momento de hacer los estudios previos no son suficientes para poder disminuir el grado de dificultad que implican cada uno de ellos; convirtiendo esta situación en un riesgo considerable para los recursos que se invierten a nivel de proyectos de inversión pública y la obtención de resultados eficientes.

Las organizaciones indígenas en algún momento han carecido de personas con el conocimiento apropiados para la realización de estudios técnicos, financieros y económicos entre otros, pero de acuerdo a las entrevistas, esta situación no ha sido obstáculo para la formulación, evaluación y gestión de proyectos, puesto que se ha recurrido a expertos para solventar este tipo de situaciones, reconociendo por parte de los evaluadores precisamente la calidad de algunos de los proyectos presentados por el CRIC, pero si se debe reconocer que en este entorno hay personas que manifiestan ser expertos en elaboración de proyectos sin realmente serlo.

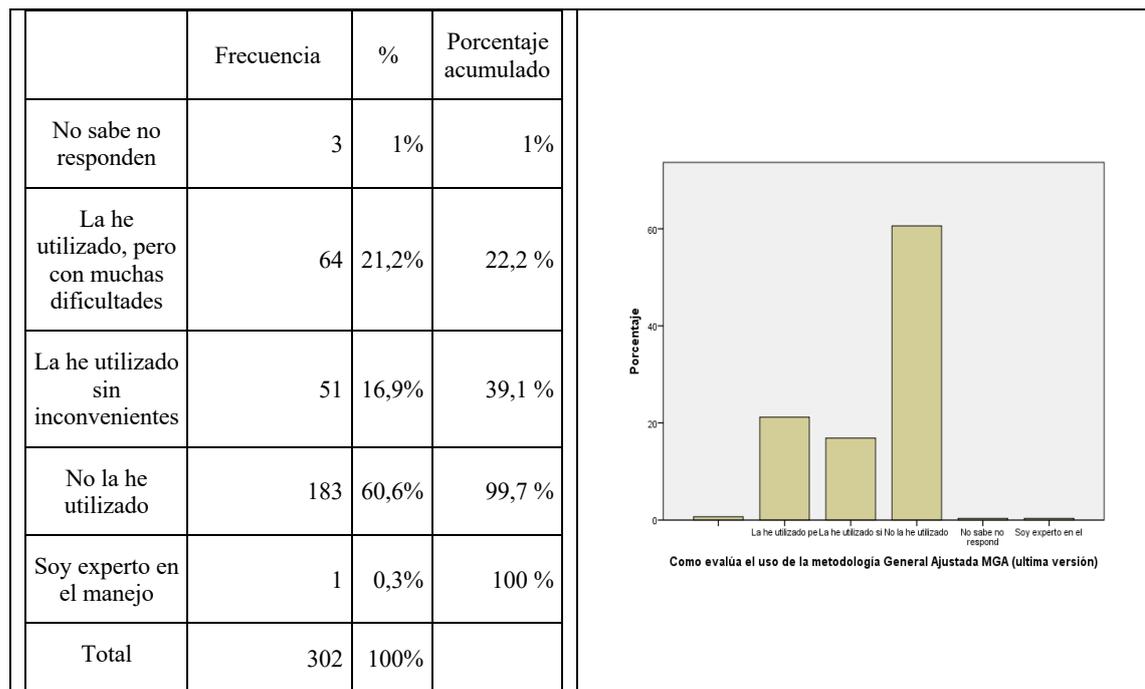


Figura 8. Uso de la metodología General Ajustada MGA (última versión)

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

La figura 8 referente al uso de la Metodología General Ajustada (MGA) indica que de los formuladores encuestados el 60,6% de ellos no han usado la plataforma web, el 21,2% la han usado con muchas dificultades y solo el 16,9% la han usado sin dificultad; estas cifras también son de cuidado, puesto que la MGA es de uso obligatorio para la presentación de cualquier proyecto de inversión pública en Colombia y obliga a resumir cada uno de los estudios previos de la fase de preinversión.

Aunque en el departamento del Cauca cada vez hay más personas con conocimientos en metodologías de proyectos del Departamento Nacional de Planeación (DNP), todavía hay un vacío de conocimiento que se evidencia en los resultados de la encuesta sobre el uso de la MGA, como lo manifiesta un funcionario de planeación de la gobernación del Cauca cuando dice que en la revisión varios de los apartes de la MGA tienen diversas incoherencias desde la fase de identificación hasta la fase de programación, por ejemplo proyectos basados en situaciones problemas que no son reales o incoherentes al contexto donde se elaborará el proyecto, objetivos y metas que son irreales, proyectos con un horizonte de evaluación demasiado corto, entre otros.

**Nivel de experticia de los formuladores**

Unos de los elementos de la investigación fue analizar la relación del conocimiento en proyectos con el nivel de experticia de los formuladores tanto para el sector social como el productivo, esta necesidad emergió debido a que el conocimiento técnico y del entorno ligado a una experiencia validada, dará mayores probabilidades de éxito en las etapas de formulación, evaluación y gerencia de los proyectos; se encontraron los siguientes resultados:

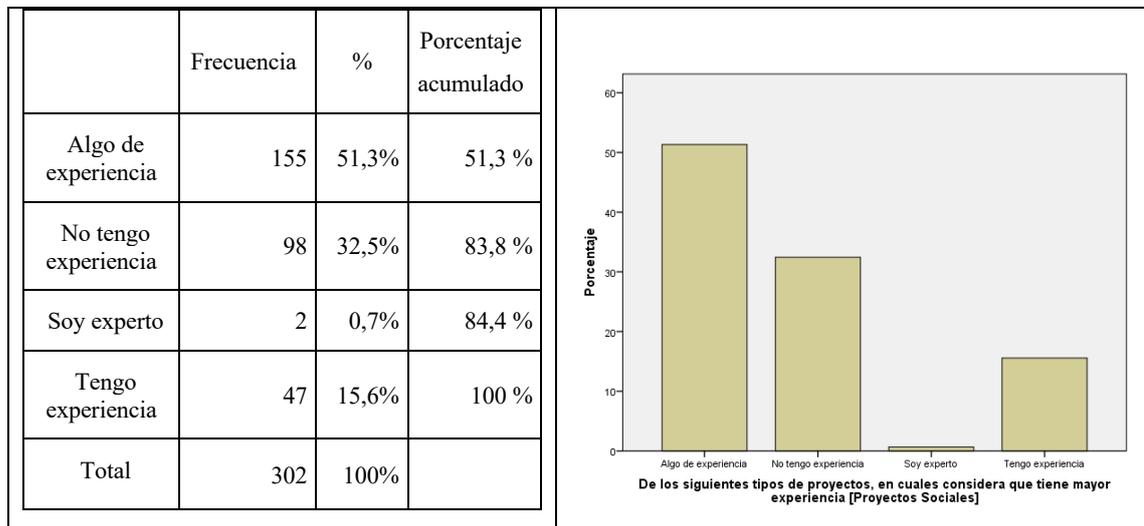


Figura 9. Experiencia a nivel de Proyectos Sociales

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

De acuerdo con la figura 9 los formuladores considerados expertos son mínimos representados apenas con el 0,7%, mientras que aquellos con experiencia representan el 15,6% y con algo de experiencia de experiencia el 51,3%. Además, se visualiza un porcentaje alto de formuladores que no tienen experiencia a nivel de proyectos sociales con un 32,5%.

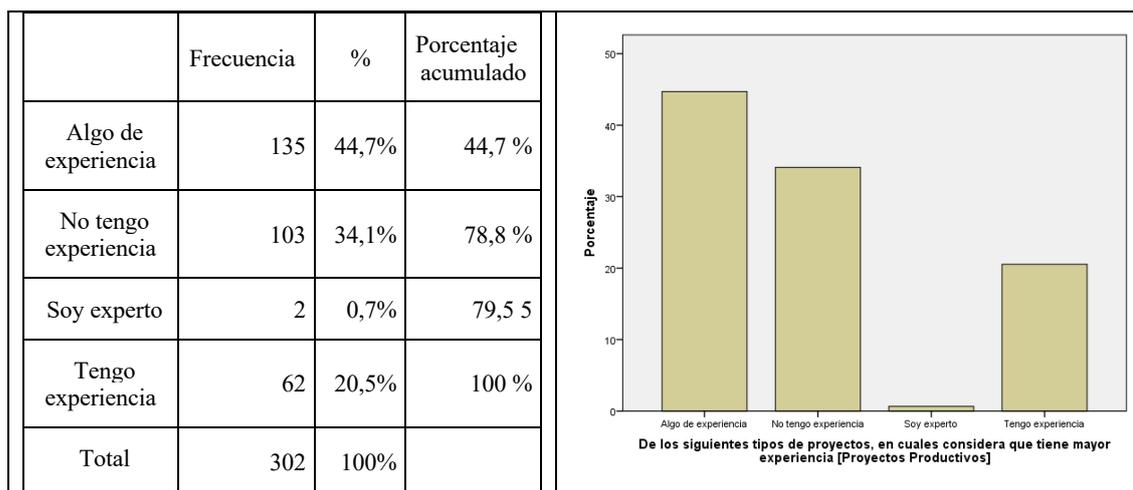


Figura 10. Experiencia a nivel de Proyectos Productivos

Nota: Fuente. Autoría propia, 2019

En cuanto a proyectos productivos las cifras son mayores, pero tampoco con la relevancia esperada, en la figura 10, se evidencia que los expertos siguen siendo muy pocos con un 0,7%, y aquellos con experiencia en este campo ya sube al 20,5% y con algo de experiencia el 44,7%. Aquellos formuladores sin experiencia en proyectos sociales están representados con un 34,1%.

Los resultados a nivel de experiencia validan el hecho que cuando no se conoce sobre elementos técnicos se suelen buscar expertos, quienes a su vez en el contexto indígena caucano no son muchos, viendo la necesidad de buscarlos en otros entornos. Además, hay un distanciamiento entre lo aprendido por parte de los formuladores desde lo académico conceptual y las prácticas de esos mismos conocimientos. Esto se debe a que es evidente que los formuladores de acuerdo con las encuestas manifiestan tener conocimientos en la formulación y evaluación proyectos, pero cuando se ven enfrentados a prácticas reales como los estudios previos son menores los porcentajes de aquellos expertos o con experiencias.

## Discusión y conclusiones

El grado de conocimiento sobre conceptos de planeación, planes, programas y proyectos por parte de los formuladores en el departamento del Cauca, y que hacen parte de la cadena jerárquica de la planeación en Colombia, se pudo establecer y de manera común que es suficiente en términos generales, esto se debe a que el 50% de esta población tienen conocimientos altos y el 49% algo conocen al respecto. Este resultado fue ratificado por los entrevistados que manifestaron que el conocimiento debe ser bueno y/o aceptable. Se considera que el entorno académico ayuda a esta situación debido a que los programas profesionales tienen asignaturas de proyectos, pero sobre todo porque las universidades en el contexto ofertan posgrados en formulación, evaluación y gerencia de proyectos desde la perspectiva pública.

En cuanto al grado de conocimiento del entorno no siempre es el adecuado, en la encuesta al preguntar sobre la dificultad para identificar problemas y/o necesidades un 24,5% siempre ha tenido dificultades y el 61,6% algunas veces, convirtiendo esta

situación en porcentajes altos. Conocer el entorno implica tener claridad y comprender las situaciones problema y las necesidades insatisfechas de la población o al menos estar muy próximo a su comprensión, algunas razones de esta situación se pueden estar presentando porque existen algunos formuladores denominados por los entrevistados “de escritorio” que realizan proyectos desde su oficina, pero no hacen un trabajo de campo que les permita conocer de primera mano las situaciones que viven las comunidades indígenas. Otra razón para el problema de conocimiento del entorno se presenta, porque hay proyectos que en algunas ocasiones se terminan viabilizando más por razones políticas que técnicas, por tanto, a pesar de estar mal formulado igualmente se acepta.

Se pudo establecer que el conocimiento conceptual y teórico no es suficiente al momento de aplicarlo; de acuerdo con las encuestas se encontró que gran porcentaje de los formuladores han tenido dificultades al momento de hacer estudios técnicos, financieros, económicos y sociales. Encontrándose una contradicción porque el grado de conocimiento sobre proyectos estableció que era bueno o aceptable. Se deduce que la teoría sin una adecuada práctica no es suficiente para tener mayores probabilidades de éxito en el mundo de los proyectos. Esta situación sirve como llamado para los programas de postgrado relacionados con proyectos ofertados por las universidades, revisen y fortalezcan sus planes curriculares, pedagogías y didácticas para entregar profesionales con capacidades prácticas y no solamente teóricas

En relación con puntos de encuentro en cuanto a la formulación, evaluación y gestión de proyectos esta: “el análisis del entorno de manera participativa”; por un lado la planeación participativa es una exigencia del Departamento Nacional de Planeación (DNP) y está contenida en la ley 152 de 1994, el decreto 2284 de 1994 y la sentencia C-524/03; por otro lado es interesante observar que los procesos de planeación en el contexto indígena caucano son participativos y los realizan en lo que denominan mingas de pensamiento, reuniones con los actores de los proyectos y creación de consejos entre otras prácticas. Es importante mencionar que la participación de la comunidad permite un mayor compromiso y grado de motivación en la consecución de los propósitos definidos.

La Metodología General Ajustada es una de las herramientas web exigida por el DNP para la presentación de proyectos de inversión pública en todo el territorio colombiano, en ella se resumen las generalidades del proyecto y permite hacerle seguimiento al mismo, en consonancia con otras plataformas. En el contexto caucano es común escuchar sobre la dificultad del uso de esta plataforma y en efecto los resultados de las encuestas lo corroboran, encontrando que un 60.6% de los formuladores no la ha usado y un 21,2% la ha usado con mucha dificultad. Esto indica que tanto la academia como las entidades territoriales deben ahondar esfuerzos en el manejo correcto de esta herramienta, de lo contrario esta situación seguirá siendo un cuello de botella en la aprobación de los proyectos.

Es importante fortalecer el concepto de formulador integral, el cual se caracteriza por aquel profesional que no solo tienen conocimientos teóricos, sino que ha adquirido competencias para poner en prácticas los distintos conocimientos aprendidos. También ser aquel que comprende y entiende el entorno donde se va a realizar el proyecto; de esta manera podrá tener una condición de experto y así tener mayores probabilidades de éxito con un buen manejo de recursos, tiempo y esfuerzos. Además, este tipo de formulador debe estar en capacidad de identificar problemáticas y/o necesidades y a partir de ellas proponer alternativas de solución coherentes para que luego sean discutidas. Por el contrario, las entidades territoriales deben evitar aquellos formuladores de escritorio que hacen el ejercicio de hacer proyectos sin un conocimiento confiable del entorno.

El formulador integral no solamente debe ser producto de los esfuerzos de las entidades territoriales y la academia, debe ser una actitud propia de la persona, la cual se debe empoderar y ser autodidacta; la responsabilidad que tiene es de gran magnitud, muchos de los logros del desarrollo de la población indígena será producto de unos proyectos bien formulados y acordes a las necesidades reales del entorno, además de cumplir los lineamientos del DNP.

## Referencias

- Bolaños, G., Bonilla, V. D., Caballero, J., Espinoza, M. A., Garcia, V. J., Hernández, J. Tattay, L. (2012). *Nuestra vida ha sido nuestra lucha*. Bogotá: Centro de memoria histórica.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). (2014). *Los pueblos indígenas en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Necesidades Básicas Insatisfechas*. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). *Población Indígena del Cauca*. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190814-CNPV-presentacion-Resultados-etnicos-Cauca.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Guía Metodológica para el seguimiento a la gestión del DNP*. Bogotá.
- Dirección de inversiones y finanzas públicas. (2017). *www.dnp.gov.co*. (D. N. Planeación, Ed.) Retrieved from [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblcas/MGA\\_WEB/Guia%20Cadena%20de%20valor\\_v%205.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblcas/MGA_WEB/Guia%20Cadena%20de%20valor_v%205.pdf)
- Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas. (2015). *Manual Conceptual de la Metodología General Ajustada*. Bogotá.
- Dirección general de inversión pública --DGIP. (diciembre de 2015). *Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública, a nivel de perfil*. Retrieved from [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/novedades/2015/guia\\_general.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/2015/guia_general.pdf)
- Escudero, C. S. (2014). *Métodos y aplicaciones de la planificación regional y local en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Gobernación del Cauca. (2012). *Plan de desarrollo del departamento del Cauca "Cauca todas las oportunidades" 2012 - 2015*. Popayán: Gobernación del Cauca.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Naciones Unidas. (2010). *Nuevos instrumentos para el desarrollo mundial*. Retrieved from [https://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess\\_archive/2010wess\\_oerview\\_sp.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess_archive/2010wess_oerview_sp.pdf)

Normograma Departamento Nacional de Planeación (2017). *Colaboración D.N.P.* (D. N. Planeación, Ed.) Retrieved from <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/DECRETO%20189%20DE%202017.pdf>

Ñaupás, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

**Fecha de recepción:** 24/01/2020

**Fecha de revisión:** 01/11/2020

**Fecha de aceptación:** 14/12/2020

# PROJECT, DESIGN AND MANAGEMENT

ISSN: 2683-1597



## Cómo citar este artículo:

Silva Cascante, A. V., Vazquez Mora, C.A. & Uría Cevallos G. R. (2020). Determinación del uso del mucilago de nopal en la construcción de la época colonial (caso Convento de San Diego). *Project, Design and Management*, 2(2), 95-118. doi:10.35992/pdm.v2i2.433

## DETERMINACIÓN DEL USO DEL MUCILAGO DE NOPAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ÉPOCA COLONIAL (CASO CONVENTO DE SAN DIEGO)

**Angel Vicente Silva Cascante**

Universidad Internacional Iberoamericana (Ecuador)

[angelsilvac@hotmail.com](mailto:angelsilvac@hotmail.com)

**Carlos Andrés Vásquez Mora**

Unidad de Laboratorio y Análisis – INPC (Ecuador)

[carlos.vasquez@patrimoniocultural.gob.ec](mailto:carlos.vasquez@patrimoniocultural.gob.ec)

**Guadalupe del Rosario Uría Cevallos**

Silva & Uría – Construcción y Restauración (Ecuador)

[guadalupeuriac@gmail.com](mailto:guadalupeuriac@gmail.com)

**Resumen.** Esta investigación pretende determinar la existencia o no de componentes orgánicos a partir del análisis en fragmentos de morteros del convento de San Diego localizado en el centro histórico de la ciudad de Quito - Ecuador; se realizó la investigación de nueve (9) muestras de morteros tomadas de la edificación que corresponde a la época colonial, las muestras son: de adobe, mortero de pisos y enlucidos, estos fragmentos corresponden a diferentes periodos de construcción que van desde: 1597 a 1700; la presente investigación determinó que en los morteros analizados hay la presencia del mucilago de nopal. Para realizar una valoración se obtuvieron patrones del mucilago, para esto se tomaron dos muestras de la baba de nopal: la primera muestra fue obtenida a temperatura ambiente, la misma que al tacto es ligera y pegajosa, y la segunda muestra fue extraída por medio de cocción a una temperatura de entre 90 a 100 C°, esta al tacto es mucho más densa y adherente. Así mismo, el uso de la cal fue añadido comparando la acción de la cal viva, respecto a la cal apagada (ahogada) lo que genera plasticidad adicional en el material. Con estos patrones se realizó la comparación del patrón obtenido de los morteros antiguos, como resultado se obtuvo que los patrones que coinciden entre sí son los espectros obtenido por cocción con el obtenido de los

morteros antiguos, lo que determina que se utilizó el mucilago de nopal en la construcción en la época colonial.

**Palabras claves:** morteros, análisis, mucilago, cal.

## **DETERMINING THE USE OF NOPAL MUCILAGE IN THE CONSTRUCTION IN COLONIAL TIMES (CASE OF CONVENT OF SAN DIEGO)**

**Abstract.** This research aims to determine the existence or not of organic components from the analysis in mortar fragments of the San Diego convent located in the historic center of the city of Quito – Ecuador. The investigation of the nine (9) samples of mortars were taken from the building that corresponds to the colonial era. The samples are: adobe, floor mortar, and plasters. These fragments correspond to different construction periods ranging from: 1597 to 1700. The present investigation determined that in the mortars analyzed there is the presence of the prickly pear mucilage. To perform an assessment mucilage patterns were obtained. For this two samples of the prickly pear cactus were taken. The first sample was obtained at room temperature, the same one that is light and sticky to the touch. The second one was extracted by means of cooking at a temperature between 90 to 100 ° C. This sample to the touch is much denser and more adherent. Likewise, the use of lime was added by comparing the action of quicklime with respect to the lime (drowned), which generates additional plasticity in the material. With these patterns the comparison of the model obtained from the old mortars was made; as a result, the patterns that coincide with each other are the spectra obtained by cooking with the one obtained from the old mortars. Therefore, this determines that the nopal mucilage was used in construction in the colonial era.

**Keywords:** mortars, analysis, mucilage, lime.

### **Introducción**

Partiendo de estudios realizados en México, donde mantienen una tradición del uso del nopal en la construcción que viene desde la época prehispánica, se asume que este fue utilizado en la fabricación de adobes y morteros de cal, debido a las grandes ventajas que proporcionaba este aglutinante natural, favoreciendo para que estos elementos no tengan un secado rápido evitando de esta manera el quebrantamiento del material y mejore sus propiedades mecánicas. (Hernández, Coronado, López, & Horta, 2008).

Se plantea en esta investigación el propósito de identificar de la utilización o no de un aglutinante orgánico, en este caso el mucilago de nopal (*Opuntia ficus*) en las construcciones patrimoniales existentes en el centro histórico de la ciudad de Quito – Ecuador, es importante comprobar si en los morteros antiguos se utilizó o no la baba de nopal.

El uso del mucílago de nopal en los morteros tradicionales es importante ya que en combinación con la cal aumenta sus propiedades adhesivas, mejora las características mecánicas y permite que los morteros se sequen más eficazmente, además, ayuda a retener la humedad que los morteros tradicionales necesitan para fraguar correctamente, y estos mejoran su impermeabilidad al agua, particularidades que permitirán optimizar su uso o aplicación en la restauración y protección de los edificios patrimoniales.

Para esta investigación se escogieron muestras del Convento de San Diego, se consideró esta edificación por ser una de las edificaciones menos intervenidas que conserva un alto porcentaje de originalidad en su sistema constructivo y materiales originales con los que fueron empleados en su construcción, además, existe una gran particularidad en esta edificación, ya que tiene cinco (5) periodos constructivos bien definidos que van desde el año de 1597 hasta el año de 1750, esto nos ayudara a identificar si en cada uno de los periodos constructivos del monumento se utilizó las mismas técnicas y materiales tradicionales para su construcción; para la investigación y análisis de los morteros se realizó la toma de las muestras, para lo que se tuvo que solicitar la autorización a las autoridades eclesiásticas encargadas del convento, las mismas que permitieron recoger tan solo dos (2) muestras por cada periodo constructivo que tiene la edificación.

Periodos de construcción:

Periodo 1: Claustro Principal (1597-1609).

Periodo 2: Claustro Patio de la Pila (1700).

Periodo 3: Claustro Patio de la Pila, Crujía Norte (1714).

Periodo 4: Claustro del Refectorio (1731-1734).

Periodo 5: Claustro Noviciado (1750).

La edificación de San Diego a pesar de sus años conserva su majestuosidad, presenta una gran solidez en sus muros y columnas de piedra del siglo XVII. Los diferentes claustros que conforman la edificación tienen patios interiores que se conectan entre sí por medio de galerías donde se pueden apreciar las grandes arquerías en planta baja y pórticos en los niveles superiores, los corredores en las galerías superiores se iluminan por medio de elementos arquitectónicos conocido como linternas. Los muros en planta baja están conformados casi en su totalidad de adobe cubiertos por enlucidos de barro y en la planta alta su estructura está construida en madera que en ciertos casos están amarrados con cabestro y de bahareque que se conforma de carrizo y que van cubiertos por una torta de barro, sus cielos rasos son de carrizo amarrados con chilpe, zuro y barro. (Kennedy Troya & Ortiz Crespo, 2010)



*Figura 1.* Fachada principal del convento de “San Diego” Quito - Ecuador.

*Nota:* Fuente Propia, 2019

El Nopal, son plantas arbustivas, rastreras o erectas, adquieren una altura promedio de 3 a 5 m de altura, en su crecimiento se ramifica densamente, posee un sistema rico en finas raíces que son bastante absorbentes, generalmente crece en zonas áridas de escasa pluviometría, la longitud de las raíces depende de las condiciones hídricas del terreno donde se la cultive, son muchos los sectores industriales que se benefician de la explotación del nopal, entre ellos está el sector de la construcción que lo utilizan como ligante y en la preparación de pinturas que tienen como base a la cal. (Sáenz, 2006)

En Ecuador se lo puede encontrar a lo largo de la región Interandina, en la actualidad por desconocimiento o pérdida del saber ancestral sobre el manejo de materiales y técnicas constructivas tradicionales, su utilización es tan solo comestible del fruto que produce la penca.

La composición química que citan ciertos autores es la siguiente:

Tabla 1  
*Composición química de la tuna*

<b>Composición química de la baba</b>	<b>Composición química del mucílago</b>
Agua 91%, proteínas 1,5%, lípidos 0,2%, hidratos de carbono 4,5%, cenizas 1,3% ricas en calcio (90%), vitamina C, carotenoides y fibra	Polisacáridos: galactosa, arabinosa, ramnosa, xilosa y ácido galacturónico.

*Nota:* Fuente: Rodríguez-Felix & Cantwell (1988)



*Figura 2.* Planta de nopal

*Nota:* Fuente propia, 2019

### ***Métodos para la obtención de patrones***

Para realizar la investigación de las muestras de los morteros obtenidas de la edificación, primero se efectuó en el laboratorio el análisis de los ejemplares de la baba de nopal y de la cal apagada.

Para realizar el estudio de las bondades del nopal, fue necesario extraer el mucilago de la penca por medio de la utilización de dos métodos, siendo estos el de cocción y a temperatura ambiente, se eligieron estas dos técnicas porque entre las dos presentan diferencias de resultado entre sí, lo que nos permite establecer diferentes propiedades del mucilago entre cada uno de los procedimientos, los métodos establecidos son:

- Método por medio del cocido
- Método en remojo o reposo

No existe una estandarización de proporción para la extracción del mucilago entre agua/nopal a temperatura ambiente y por cocción de los nopales, sin embargo se para esta investigación se considerara la proporción 2:1 (agua: nopal); esta emulsión es una sustancia espesa que se consigue de la paleta de tuna conservando sus propiedades, con este propósito, se procedió a realizar la selección y recolección de los nopales, de los cuales se cortaron únicamente ciertos tallos, dejando su tronco principal para que en este broten nuevos retoños.



*Figura 3.* Recolección de la planta de nopal.

*Nota:* Fuente Propia, 2019

Para la utilización del nopal, primero se realizó la limpieza de cada una de las pencas, procediendo a quitar las espinas para evitar que estas se adhieran a la piel, posteriormente se tuvo que cortar en pequeños trozos en forma de cuadrados de más o menos 2 cm de longitud, esto con objeto de facilitar y obtener una mayor cantidad del mucilago de la penca del nopal. (Abraján Villaseñor, 2008)

### ***Extracción de la baba de nopal***

Primer método: a temperatura ambiente, el nopal cortado se colocó en un recipiente plástico y luego se lo cubrió con agua limpia en una proporción de 1:2, es decir 1 kg de nopal y 2 litros de agua, a continuación, se tapó el recipiente y diariamente esta mezcla fue removida de forma circular con una vara de madera, en este caso la emulsión del mucilago se la obtuvo a los 2 días. A continuación, se procedió a filtrar por gravedad el líquido que contiene la baba de nopal utilizando un colador plástico de malla de trama fina para separar los residuos fibrosos; por medio de este método los nopales pueden ser utilizados por una segunda ocasión para obtener más mucilago, en este caso se repite el proceso y se va triturando la penca con un madero para conseguir más cantidad de emulsión de nopal, por medio de este método el mucilago que se obtiene es de una

viscosidad ligera y de una contextura no muy densa, pero mantiene su característica adhesiva.



Figura 4. Corte de las pencas de nopal y obtención del nopal a temperatura

Nota: Fuente Propia. 2019

Segundo método: se repitió el proceso de limpiado y cortado, se mantuvo las proporciones tanto de nopal como el agua, luego se procedió a realizar un procedimiento de cocción a una temperatura entre 90-100°C por 120 minutos, para extraer la mayor cantidad de mucilago posible durante el periodo de cocción se fue aplastando el nopal para que suelte en lo posible toda la baba que tiene la penca, luego se lo dejo reposar para que los sólidos se sedimenten y se enfrié el líquido, obteniendo así el mucilago, para separar los fragmentos sólidos de fibra que contiene el fluido se filtró por gravedad; con este proceso se pudo observar que se obtuvo una emulsión que contiene el mucilago con una consistencia más espesa y pegajosa. (León, 2010).



Figura 5. Obtención del nopal por medio del proceso de cocción.

Nota: Fuente Propia, 2019

Una vez que se adquirió las muestras del mucilago, tanto a temperatura ambiente como a cocción, se colocaron en envases plásticos y en el laboratorio (INPC), donde fueron analizados para obtener sus patrones por medio de la utilización del método de *Espectroscopia Infrarroja*

Para determinar la composición química de los componentes que conforman las distintas muestras de los morteros, así como las sustancias de referencia que mantienen para una posible aplicación en los mismos, esto se pretende esclarecer a través del uso de la técnica de laboratorio de la espectroscopia infrarroja, y de la misma manera obtener la mayor cantidad de información analítica posible de sus ingredientes. Para realizar los análisis y proceder a obtener los patrones se utilizaron distintas muestras de morteros, estas corresponden a distintas épocas de construcción del convento de San Diego.

**Descripción y ubicación de las muestras**

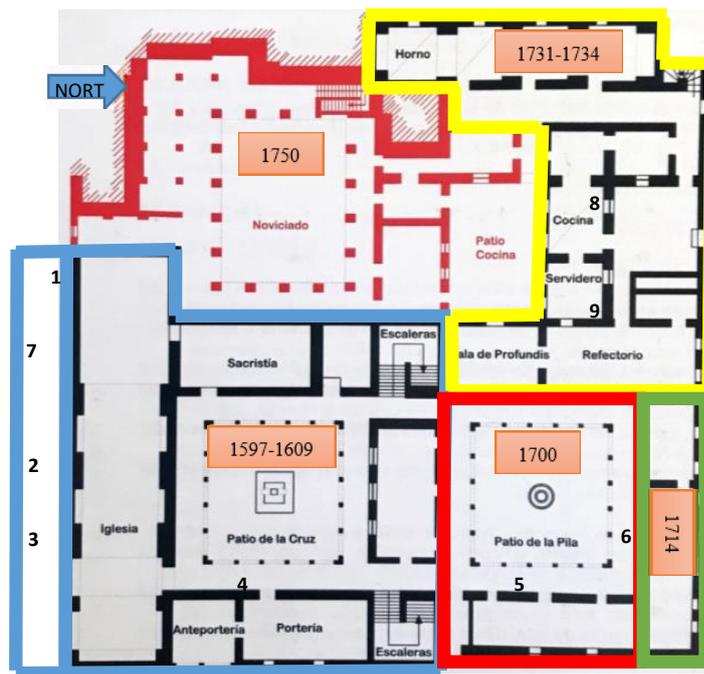


Figura 6. Delimitación de los periodos de construcción del Convento de San Diego con los puntos de muestra  
 Nota: Fuente Propia, 2019.

Cuadro de ubicación de los puntos que indican la procedencia de las muestras en la edificación de los morteros analizados:

Tabla 1  
 Ubicación de Muestras

Número	Código INPC	Muestra/Ubicación	Observaciones
1	19-07-5	Arco Cementerio Mortero Restauración 2007	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
2	19-07-6	Mortero Muralla del Cementerio	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
3	19-07-7	Mezcla Mampuesto del Cerramiento (adobe)	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
4	19-07-8	Mortero pario de la Cruz, corredor este	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
5	19-07-9	Mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (este)	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura

6	19-07-10	Mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (norte)	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
7	19-07-11	Mortero de reparación moderna cerramiento	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
8	19-07-12	Mortero para asentar piso pastelero 2da Planta	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura
9	19-07-13	Mortero Mamposterías sala de acceso al teatro 2da Planta	Se sometió a un tratamiento de acetato de etilo previo lectura

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

## Resultados

### *Análisis organoléptico de materiales*

Para realizar el análisis organoléptico de los materiales tanto de aditivos (mucilago de nopal) y del conglomerante (cal), se proporcionaron las muestras:

- Mucilago de nopal, obtenido a temperatura ambiente y por cocción.
- Cal, muestra de cal viva y cal hidratada (apagada)

Nopal. - para conocer el estado físico de la muestra, se trabajaron con dos tipos de muestras de Mucilago: se obtuvo la baba de nopal a temperatura ambiente (proceso de descomposición) y la otra muestra sometida a una cocción a una temperatura promedio de 80°C.

Físicamente estas muestras presentan diferencias. En el caso del mucilago “cocinado” a 80°C se pudo apreciar que es más viscoso, y su capacidad de adherencia de manera sensorial es mejor en comparación al mucilago macerado, que es más ligero en su aspecto. El mucilago presenta una característica principal que es la viscosidad, para nuestro caso, la misma que se proyecta su uso en la aplicación como aditivo para el uso en la construcción y pinturas (Vargas-Rodríguez, et al., 2016)



Figura 7. Mucilago cocido a 80°C, y su efectividad como adhesivo.

Nota: Fuente Propia, 2019

La cal.- conglomerante que tiene cualidades naturales propias de adhesión y cohesión para unir agregados, y que advierte una reacción química que lo endurece, en este caso se proporcionó:

- Cal viva en polvo.

- **Cal apagada.**

La cal viva, se encuentra en la naturaleza como piedra caliza, esta se obtiene procesándola en hornos a altas temperaturas, en esta acción es cuando libera el CO<sub>2</sub> y se obtiene la llamada “cal viva”, la misma que es altamente reactiva al contacto con el agua, obteniéndose como resultado un material grumoso.

La cal apagada [Ca(OH)<sub>2</sub>], que se obtiene como resultado de haberle sumergido la cal viva en agua durante un periodo de tiempo, mientras más largo sea el ciclo de apagado, esta ira mejorando su pureza, también, se la conoce como “hidróxido de calcio”, como resultado de este proceso esta se presenta como pasta fina con una pureza de entre el 70 y 80%, cualidades que determinan para su uso de la construcción o en preparación de lienzos para pintura. (Villalobos Ruiz, 2014)

Barro, sus componentes principales son los feldspatos, se trata de una mezcla de aluminosilicatos de sodio, potasio, calcio principalmente con bajo contenido de cuarzo (<12%), consistente con la composición mineralógica de los suelos sedimentarios del valle interandino.

### ***Análisis de materiales por espectroscopia infrarroja***

El laboratorio utiliza el procedimiento específico de ensayo PEE-LAB-INPC-04 para Análisis por Espectroscopia Infrarroja FTIR-ATR<sup>1</sup>. Esta técnica utiliza radiación en el rango infrarrojo y mediante señales en forma de picos, los cuales nos permiten identificar ciertos grupos funcionales o interacciones moleculares, y de esta manera determinar las sustancias a investigar.

En algunos casos, debido al interés sobre determinados grupos funcionales, es necesario extraerlos de la matriz que los contiene, para ello se utiliza el principio de las series elutrópicas (series de solubilidad) que se aplican en cromatografía líquida.

### ***Análisis de sustancias patrón o de referencia***

Las sustancias de referencia obtenidas fueron de mucilago obtenido del nopal y cal. Estas sustancias, según se indica en las etiquetas, fueron sometidas a distintos tratamientos físicos y químicos, con el fin de mejorar ciertas propiedades mecánicas, de adhesividad y cohesión.

Las muestras en medio acuoso no pueden medirse con el equipo de FTIR-ART, debido a que el agua interfiere con las señales propias de las muestras. Para poder ejecutar las lecturas sin interferencias, se evapora el exceso de líquido de estas sustancias, e inmediatamente se colocan en el cristal de ATR para poder obtener un espectro adecuado.

Con fin de adaptar las muestras a los protocolos manejados en el laboratorio, se proporcionó un código para cada una de ellas. A continuación, se presenta esta información en la siguiente tabla.

---

<sup>1</sup> FTIR-ATR se refiere a la Espectroscopia Infrarroja con Transformadas de Fourier con un accesorio de Atenuación Total Reflejada.

Tabla 3  
Sustancias de Referencia

Código INPC	Muestra	Observaciones
19-07-1	Mucilago extraído del nopal en agua, calentado a 90-100°C	Se sometió a un tratamiento de evaporación para su lectura
19-07-2	Mucilago extraído del nopal en agua, mediante macerado por 7 días	Se sometió a un tratamiento de evaporación para su lectura
19-07-3	Cal apagada por 18 meses	Se sometió a un tratamiento de evaporación para su lectura
19-07-4	Cal viva	Sin tratamiento

Nota: Fuente Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

### Mucilago

Las mediciones realizadas se hicieron con el equipo de FTIR-ATR, cuyos resultados se presentan en Transmitancia vs número de onda. Las señales que se indican en la figura 9 son el producto de las interacciones moleculares (vibraciones espectrales), que el mucilago presenta frente a un haz infrarrojo. Estos datos nos indican que existen pequeñas variantes entre el mucilago obtenido a 80°C (cocido) y el mucilago a temperatura ambiente. Se puede observar que el mucilago cocido posee una señal más grande alrededor de 1000 cm<sup>-1</sup> respecto al mucilago sin cocer.

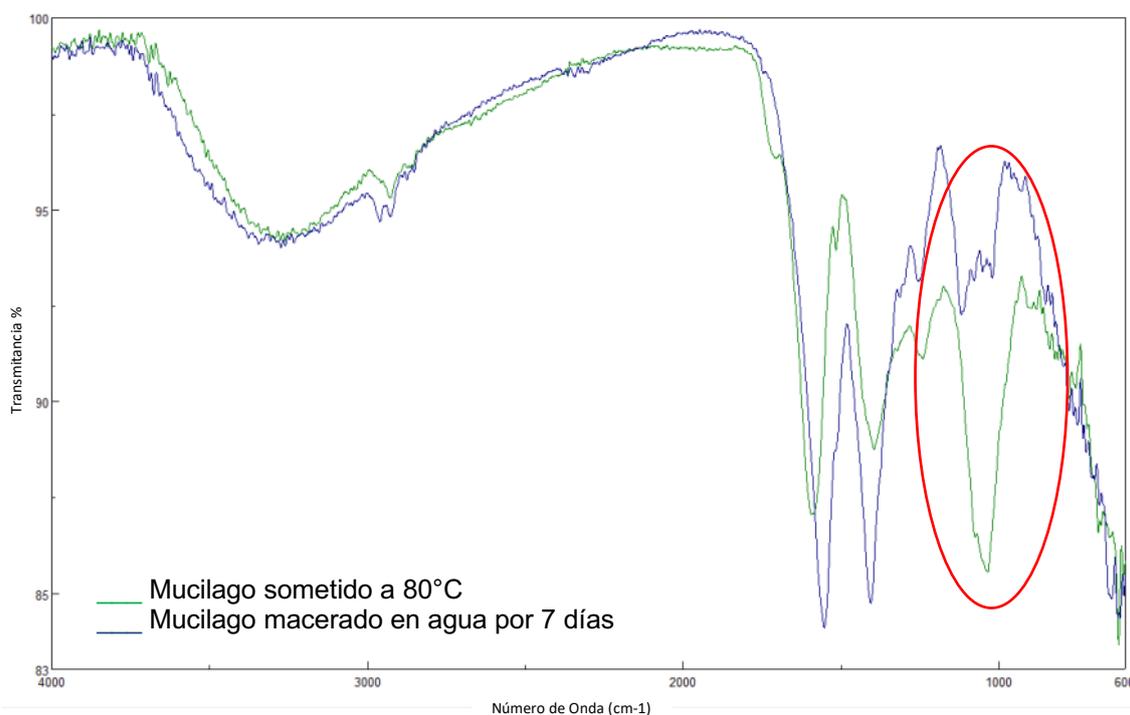


Figura 8. Espectros de los mucilagos obtenidos por FTIR-ATR.

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

Para poder interpretar el resultado anterior, se describen los picos encontrados en el espectro del mucilago cocido a 80°C.

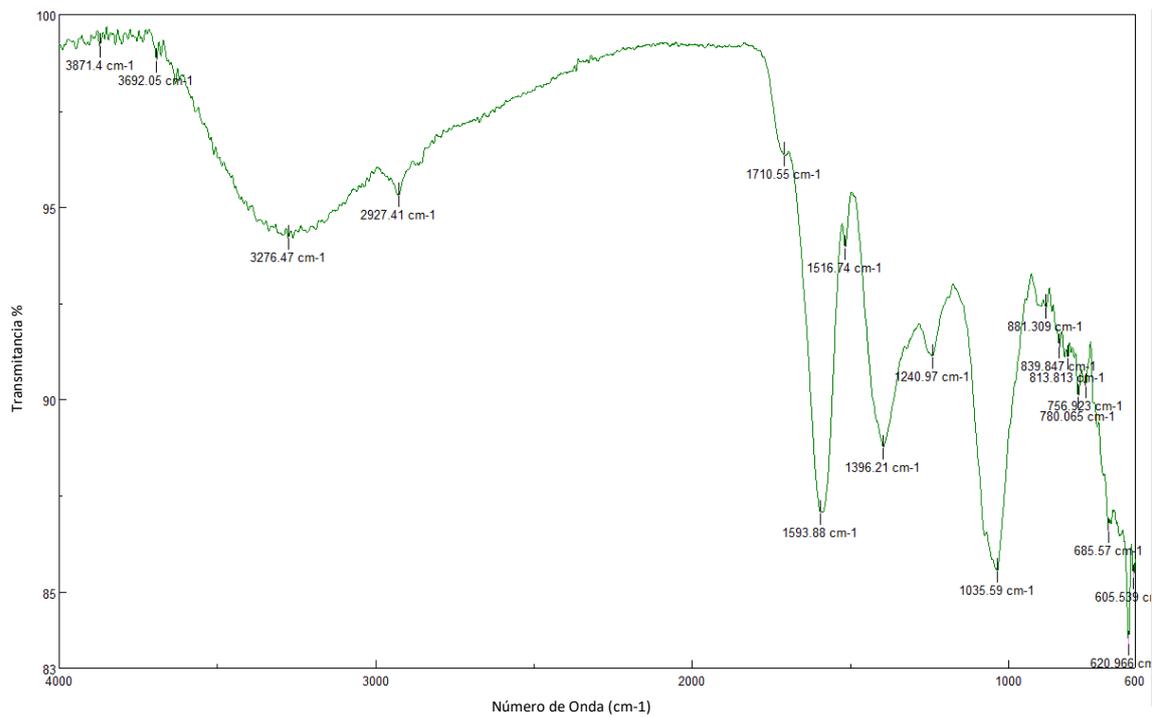


Figura 9. Espectro mucilago sometido a 80°C (cocido) obtenido por FTIR-ATR.  
Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

También, se somete al procedimiento anterior al mucilago a temperatura ambiente macerado durante 7 días.

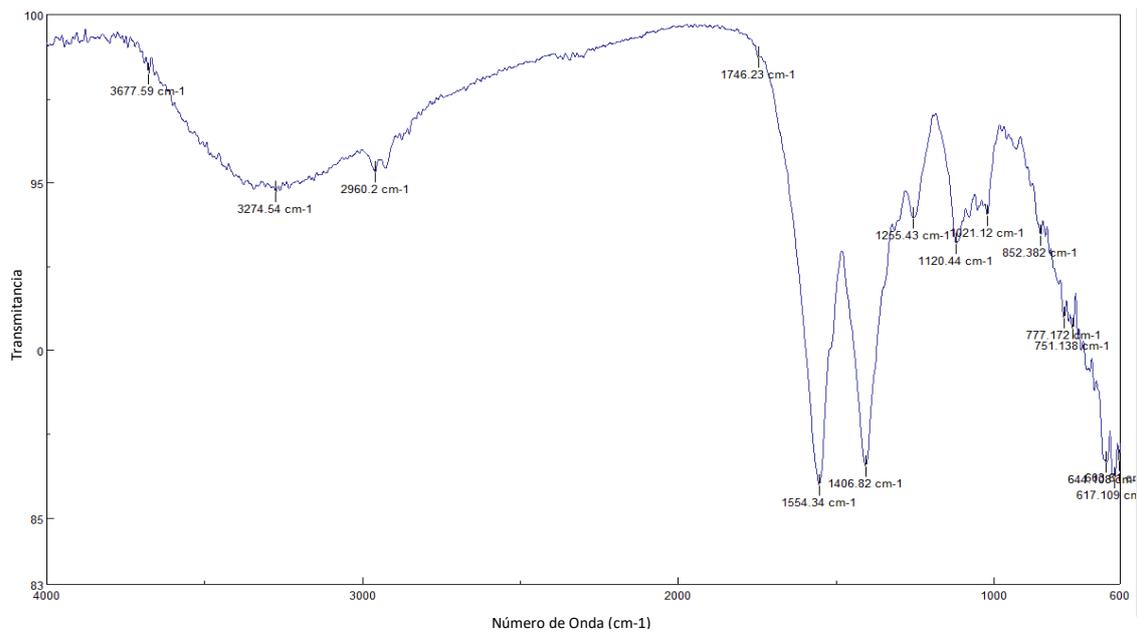


Figura 10. Espectros del mucilago macerado en agua por 7 días obtenido por FTIR-ATR.  
Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

El espectro FTIR-ATR de diversos tipos de mucilagos se caracterizan por tener una lectura de valores<sup>2</sup> que van desde 1000  $\text{cm}^{-1}$  a 2000  $\text{cm}^{-1}$ , identifica a la mayor cantidad de grupos químicos que proveen información que puede ser empleada para diferenciar los diferentes tipos de mucilagos. Según fuentes bibliográficas, la presencia de estos grupos funcionales puede explicarse de la siguiente manera.

Los espectros presentados presentan señales o bandas de estiramiento en O-H grupos alcohol (3100-3600  $\text{cm}^{-1}$ ), aparecen debido a la formación de puentes de hidrógeno de estos grupos funcionales, estas vibraciones, junto con las señales de CH, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> (grupo metilo, metilen y metino) que son bandas de estiramiento (3000–2800  $\text{cm}^{-1}$ ).

Las señales más intensas ocurren en la región de huella dactilar común de los polisacáridos o carbohidratos unidades (1300–1050  $\text{cm}^{-1}$ ). Así como la región de 1200-1800  $\text{cm}^{-1}$  del estado del grupo carboxilo.

Sin embargo, la región entre los 1000-2000  $\text{cm}^{-1}$  se identifica la mayor cantidad de grupos químicos, que provee información que puede ser empleada para diferenciar los diferentes tipos de mucilagos.

Entre los números de onda de 1200 a 900  $\text{cm}^{-1}$  se encuentran azúcares de tipo monosacáridos y polisacáridos, a 1750  $\text{cm}^{-1}$  se presentan aldehídos propios de los azúcares, en 1100  $\text{cm}^{-1}$  se presentan ésteres asociados a estos mismos azúcares que forman parte de los mucilagos. Estos azúcares se denominan arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa (Aguilar Reynosa & Rodríguez, 2010). Estos azúcares garantizan la adhesividad y cohesión en conjunto con otros elementos que componen el mortero.

### ***Cal viva y Cal apagada***

Estas sustancias fueron sometidas a un tratamiento de secado, para eliminar el exceso de agua que interfiere en el análisis. Las lecturas a continuación se ajustan para determinar semejanzas y diferencias espectrales entre estos dos materiales. Se puede observar concordancias en tres picos de los patrones, estos se ubican aproximadamente en 3600  $\text{cm}^{-1}$ , 1400  $\text{cm}^{-1}$  y 800  $\text{cm}^{-1}$ , los cuales se presentan en la siguiente figura.

---

<sup>2</sup> Los valores de números de onda son inversos a las frecuencias, se encuentra en unidades ( $\text{cm}^{-1}$ )

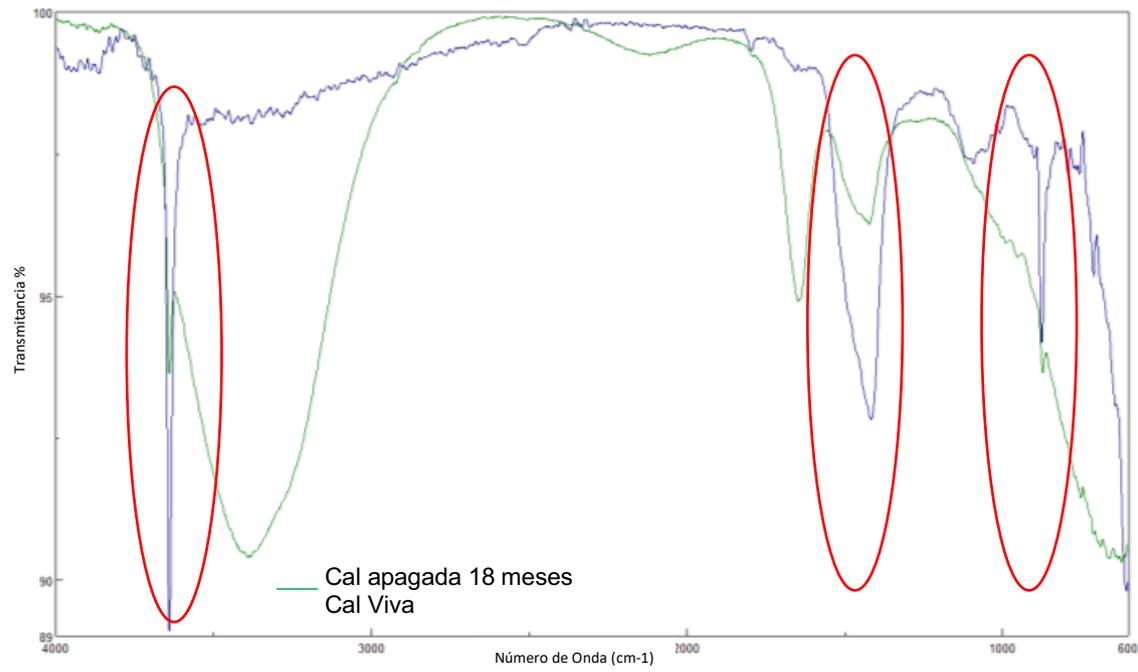


Figura 11. Espectros de los tipos de la cal obtenidos por FTIR-ATR.

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

Para identificar las diferentes anomalías o cambios en las lecturas espectrales, se lee la cal viva y apagada por separado, pudiendo obtener los valores de números de onda de manera individual, lo que nos permite obtener una adecuada identificación de los mismos.

A continuación, se presenta el espectro infrarrojo de la cal apagada.

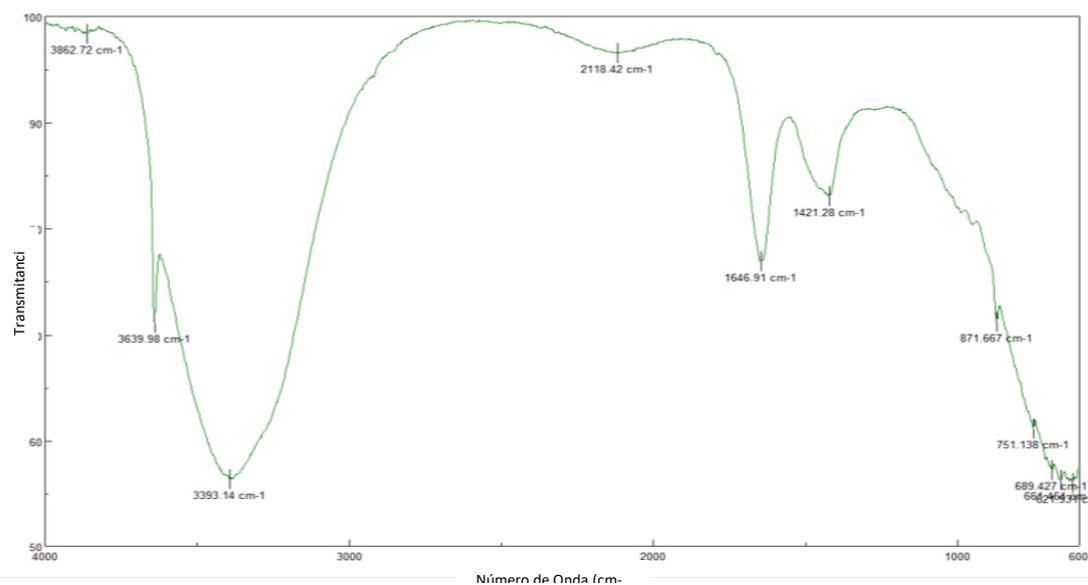


Figura 12. Espectro de la cal apagada obtenido por FTIR-ATR

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

Así mismo, la cal viva presenta los siguientes valores de número de onda, como se indica en la siguiente gráfica.

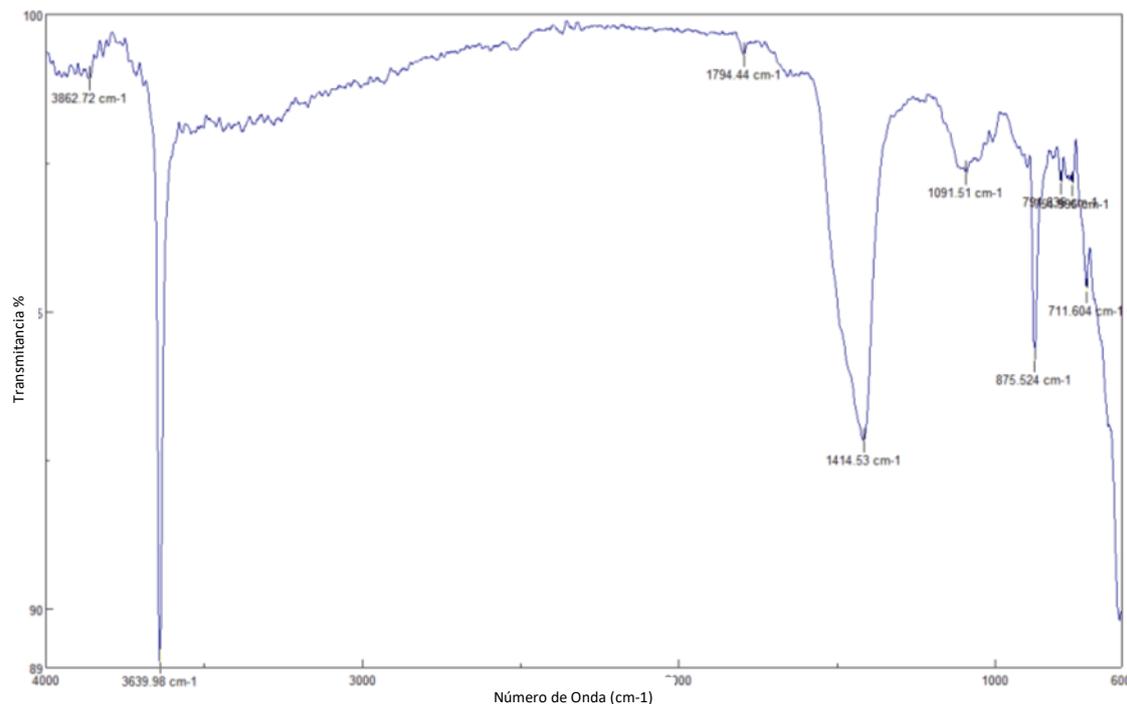


Figura 13. Espectro de la cal viva obtenido por FTIR-ATR

Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

### **Muestras de Mortero**

Como las muestras se encuentran en estado sólido fue necesario extraer las sustancias de naturaleza sea orgánica. Para ello, el protocolo de manejo de muestras orgánicas en suelo recomienda extraer las muestras con acetato de etilo, debido a su fuerza de elución intermedia (0.58 en la serie de Snyder<sup>3</sup>), utilizado muy comúnmente en separaciones cromatográficas. Por esta razón, el solvente debe únicamente arrastrar las posibles sustancias orgánicas afines encontradas en las muestras y leerlas posterior a su evaporación. Para el análisis por FTIR-ATR se utilizó la región espectral entre 1800 a 600  $\text{cm}^{-1}$  correspondientes a la zona de huella digital de los espectros. No toda la zona espectral infrarroja medida, nos proporciona información para comparar. Es por eso que, se restringe el área de medición de los espectros y, de manera más didáctica, se separarán en escalas de las gráficas en transmitancia vs número de onda.

En función del análisis por espectroscopía FTIR-ATR, se compararon los distintos espectros con las sustancias de referencia (mucilago cocido<sup>4</sup> y cal apagada), elaboradas exclusivamente para determinar su posible tecnología de producción. A través del software “Knowitall”, podemos comparar y superponer estos espectros digitalmente.

<sup>3</sup> La serie de Snyder se emplea en cromatografía de capa fina (TCL) y otras cromatografías para medir el valor del poder de elución de un solvente o una mezcla de solventes. Fuente. Unidad de Laboratorio y análisis INPC.

<sup>4</sup> El mucilago fue cocido en un rango de temperatura entre 80 a 100 °C. Fuente: El Autor

Casi todas las muestras presentan los mismos picos que la referencia de nopal a 80°C. Hubo solo dos muestras que no tuvieron relación, estas fueron: mortero de reparación moderna del cerramiento, mortero para asentar piso pastelero 2da planta. Esta información se presenta en la siguiente gráfica.

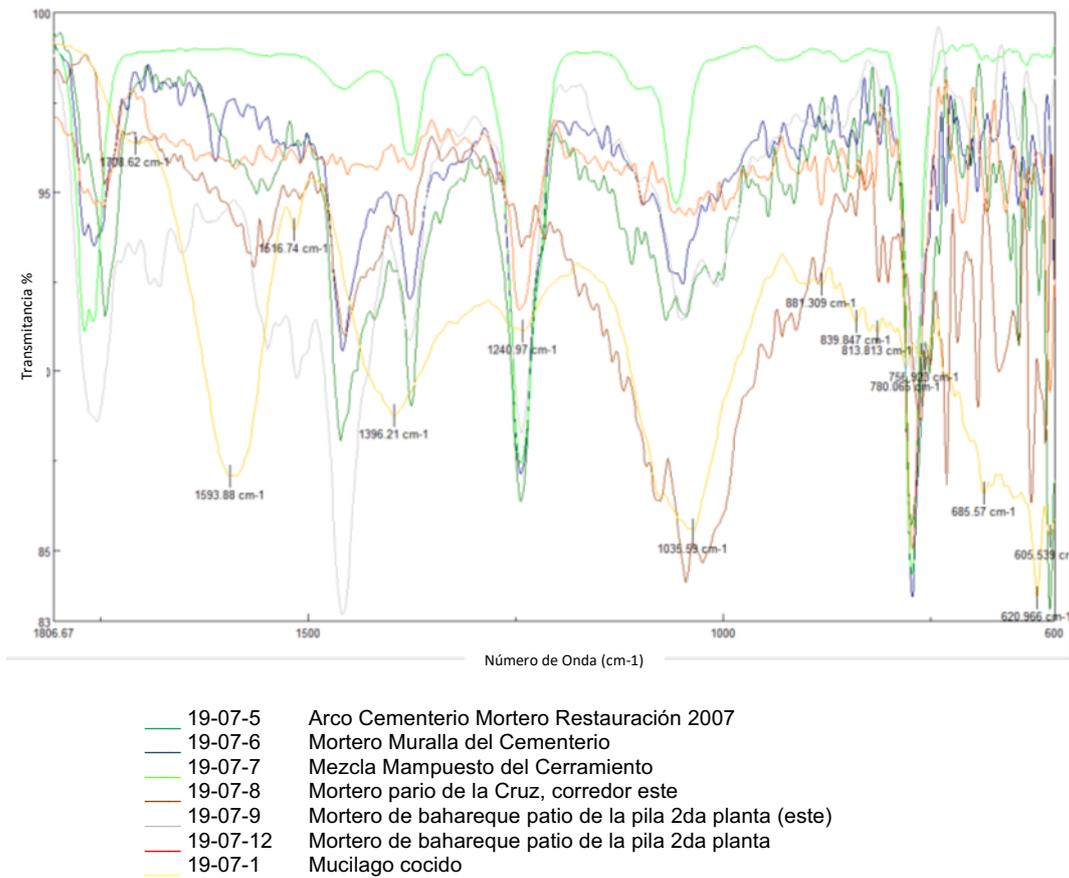


Figura. 14. Espectros las muestras vs el mucilago cocido

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

La información que asemeja los espectros de nopal con las muestras se detalla a continuación. Se determinó en este caso, que los espectros correspondientes a las zonas las muestras: mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (norte) y mortero mamposterías sala de acceso al teatro 2da planta, poseían bandas en 1455,99 cm<sup>-1</sup> que son Alcoholes (C-O), 1375,96 cm<sup>-1</sup>(C-O) que corresponden a ésteres y 1102,12 cm<sup>-1</sup>(HO-COO) que son ácidos carboxílicos. A pesar de poseer una naturaleza orgánica, en sí no definen como el resto de espectros, una posible adición de materiales aglutinantes como el mucílago.

Una manera más minuciosa en la identificación de los espectros es comparar entre cada una de las muestras vs las sustancias de referencia, como lo son el mucilago y también de la cal apagada. Dividiremos los rangos espectrales en grupos y también diferenciaremos los componentes orgánicos y la cal.

**Rango espectral desde 1520 – 1500  $cm^{-1}$**

Los mucilagos poseen una característica notable en distintas bandas espectrales, para iniciar se pueden observar los picos que comparten las muestras y el mucilago en los números de onda 1593,88  $cm^{-1}$  (N-H) que corresponden a amino, 1516,74  $cm^{-1}$  (C-O) que corresponden a alcoholes.

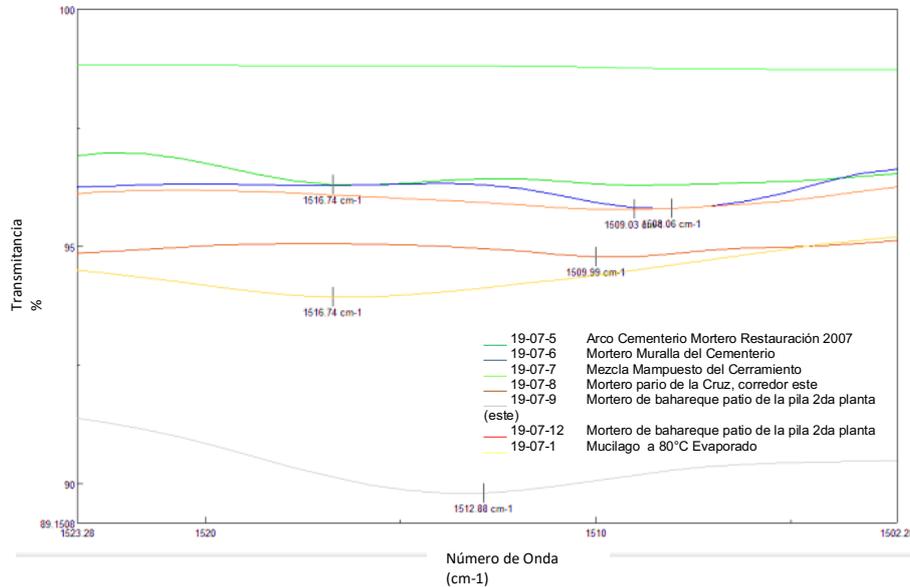


Figura. 15. Espectros de las muestras vs el mucilago cocido rango entre 1520- 1500  $cm^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

**Rango espectral desde 1450 – 1300  $cm^{-1}$**

Para verificar la existencia de alcoholes y esterres, se escoge este rango dentro del espectro. Lo que se identifico fue que existe otra banda que corresponde a un componente del mucilago se ubica en 1396,21  $cm^{-1}$  (C-O) y corresponde a éster.

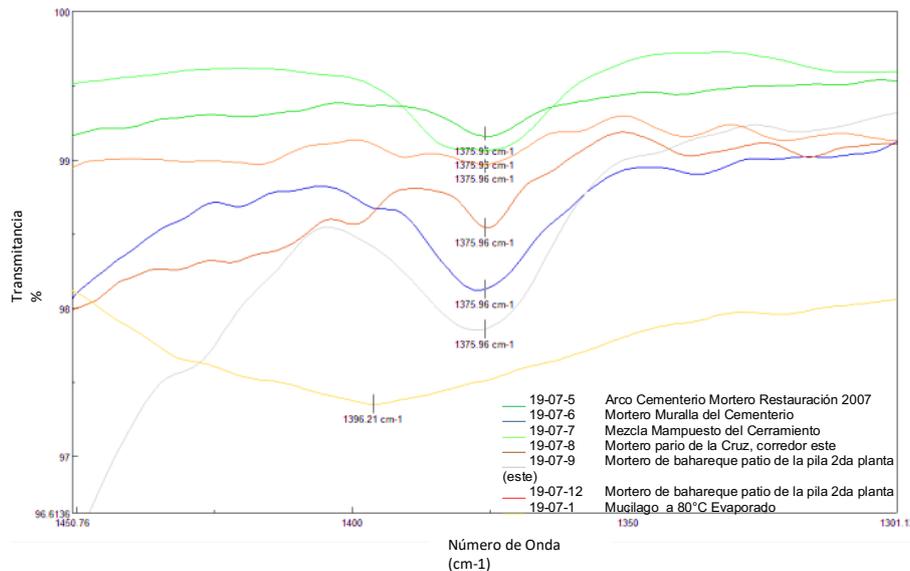


Figura. 16. Espectros de las muestras vs el mucilago cocido rango entre 1450- 1300  $\text{cm}^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

### Rango espectral desde 1300 – 1100 $\text{cm}^{-1}$

Dentro de esta zona, se encuentran los grupos funcionales de ácidos carboxílicos, en picos alrededor de 1240,97  $\text{cm}^{-1}$  (HO-COO).

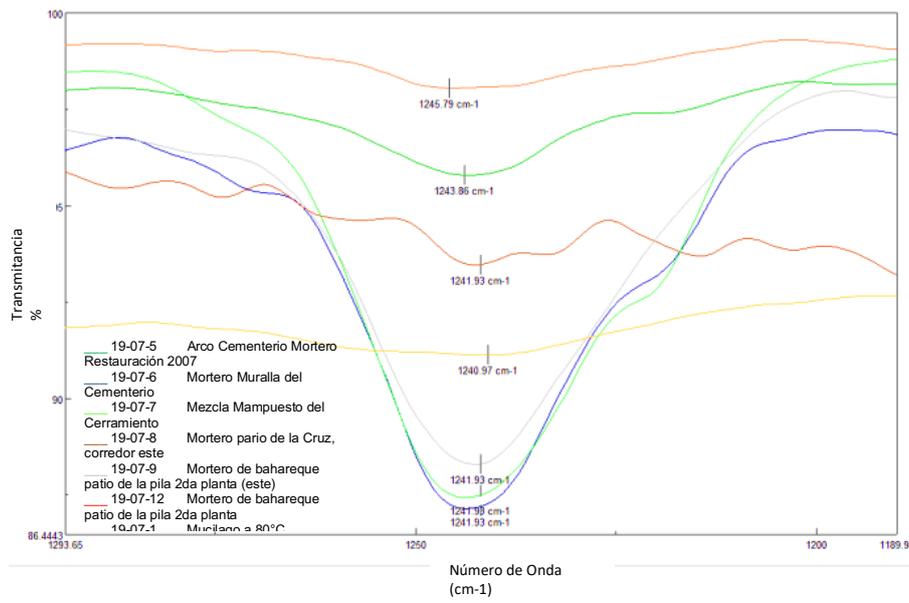


Figura. 17. Espectros de las muestras vs el mucilago cocido rango entre 1300- 1100  $\text{cm}^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

### Rango espectral desde 1100 – 960 $\text{cm}^{-1}$

Esta zona espectral es una de las más importantes puesto que se manifiestan grupos alcoholes. En el pico ubicado en 1035,59  $\text{cm}^{-1}$  (C-O) corresponden a este grupo, localizado en las sustancias de referencia y en todas las muestras.

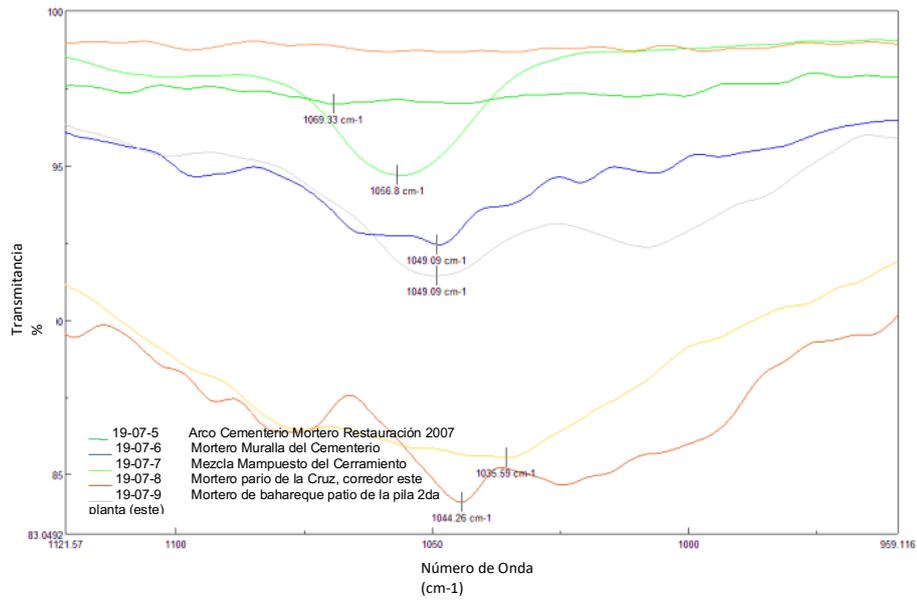


Figura. 18. Espectros de las muestras vs el mucilago cocido rango entre 1100- 960  $\text{cm}^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

**Rango espectral desde 960 – 600  $\text{cm}^{-1}$**

Por último, en picos a 771  $\text{cm}^{-1}$  (C-C) que corresponden a carbonos ramificados, 685,57  $\text{cm}^{-1}$ , y 621  $\text{cm}^{-1}$  (C-C) que pertenecen a carbonos lineales, compuestos que forman parte de los mucílagos.

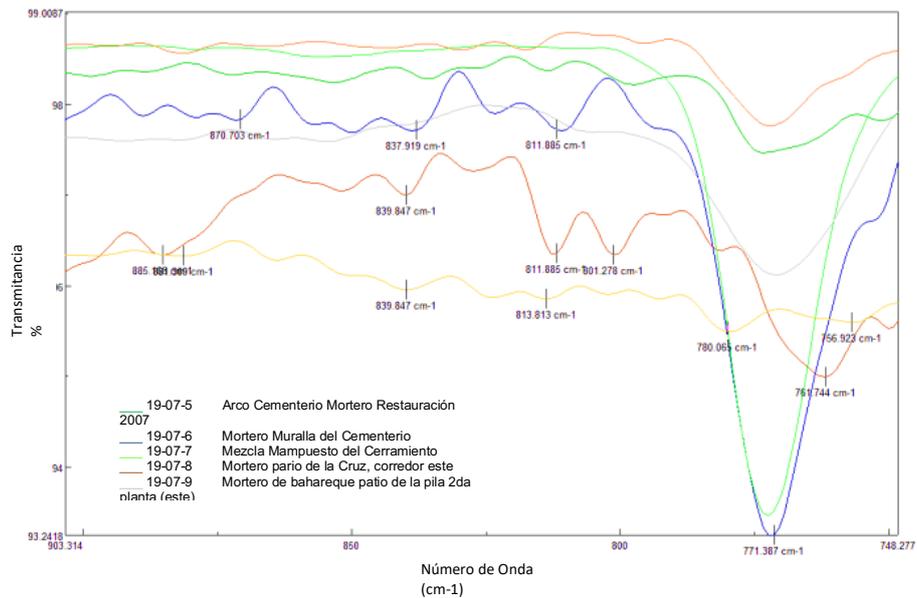


Figura. 19. Espectros de las muestras vs el mucilago cocido rango entre 960 - 600  $\text{cm}^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

Para el análisis de la presencia de cal, igualmente se compararon los estándares de cal apagada con las muestras entregadas al laboratorio. En todos los casos existe presencia de cal en los morteros. Para ejemplificar se mostrará el estándar de cal apagada durante meses, con las muestras arco cementerio mortero restauración 2007, mortero muralla del cementerio y mezcla mampuesto del cerramiento, que equivalen a los morteros de la etapa constructiva más antigua.

Las muestras que no contienen en sí los principales picos del nopal, se han comparado con la cal apagada, los resultados se muestran a continuación.

**Rango espectral desde 3700 – 2760  $\text{cm}^{-1}$**

Podemos observar que los picos en  $3640 \text{ cm}^{-1}$  correspondiente a un enlace Ca-O-H, propio de la cal hidratada, además de un pico en  $3400 \text{ cm}^{-1}$  propio de un enlace O-H.

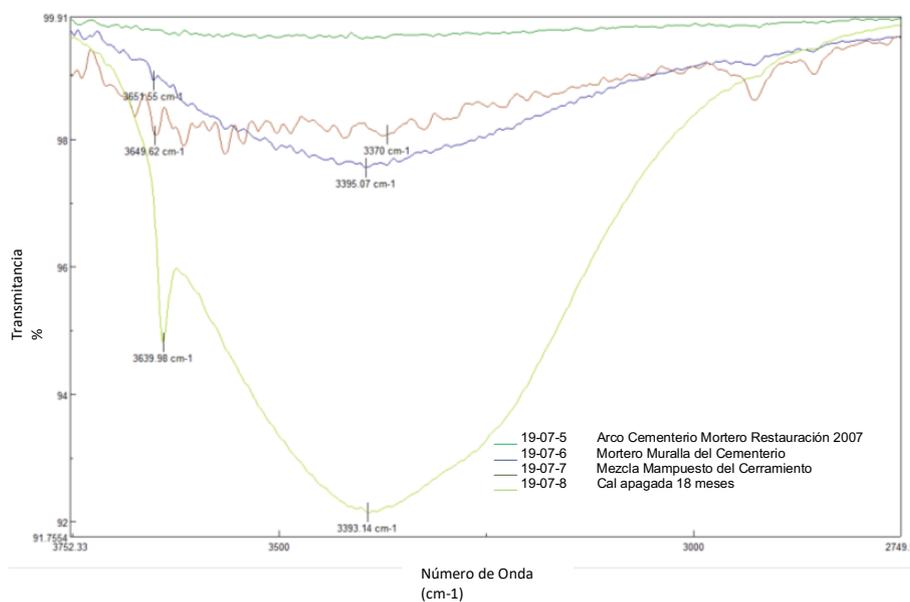


Figura. 20. Espectros de las muestras vs cal apagada rango entre  $3700 - 2760 \text{ cm}^{-1}$ .

Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

**Rango espectral desde 1740 – 1560  $\text{cm}^{-1}$**

Dentro de los mismos espectros, podemos observar que a  $1647 \text{ cm}^{-1}$  existe un enlace Ca=O.

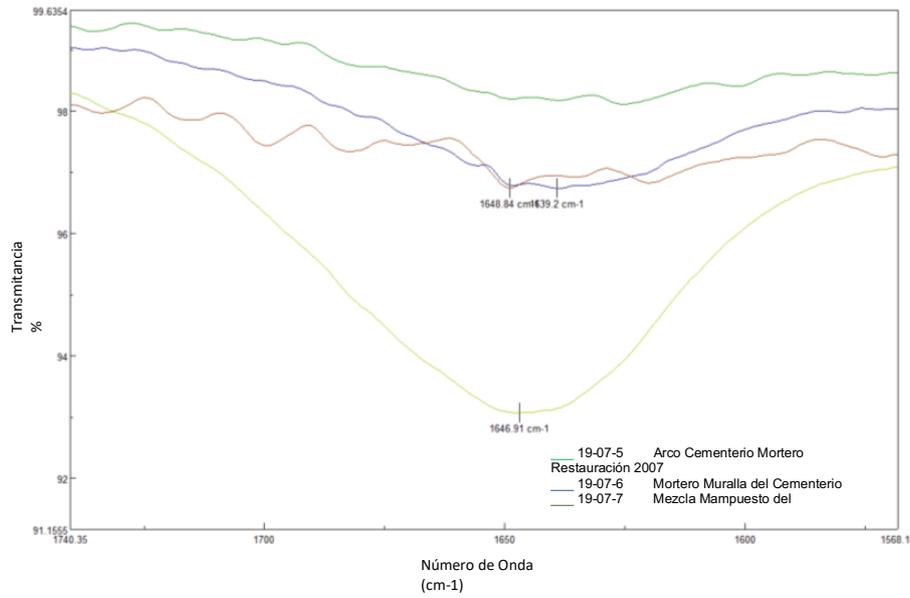


Figura. 21. Espectros de las muestras vs cal apagada rango entre 1740 - 1560  $\text{cm}^{-1}$ .  
 Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

**Rango espectral desde 1560 – 1270  $\text{cm}^{-1}$**

En el análisis además existe otro pico a 1420  $\text{cm}^{-1}$  que corresponde a Ca-O

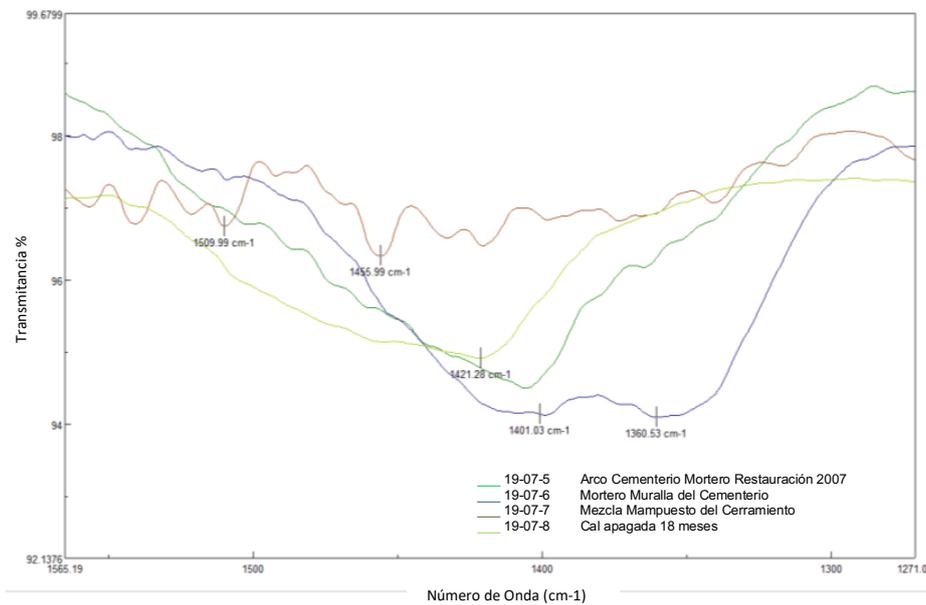


Figura. 22. Espectros de las muestras vs cal apagada rango entre 1560 - 1270  $\text{cm}^{-1}$ .  
 Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

**Rango espectral desde 880 – 600  $\text{cm}^{-1}$**

Por último, existen picos no tan definidos, cuyas bandas están a 870  $\text{cm}^{-1}$ , 750  $\text{cm}^{-1}$  y entre 680 a 620  $\text{cm}^{-1}$ , cuyos enlaces podrían corresponder a uniones Ca-O.

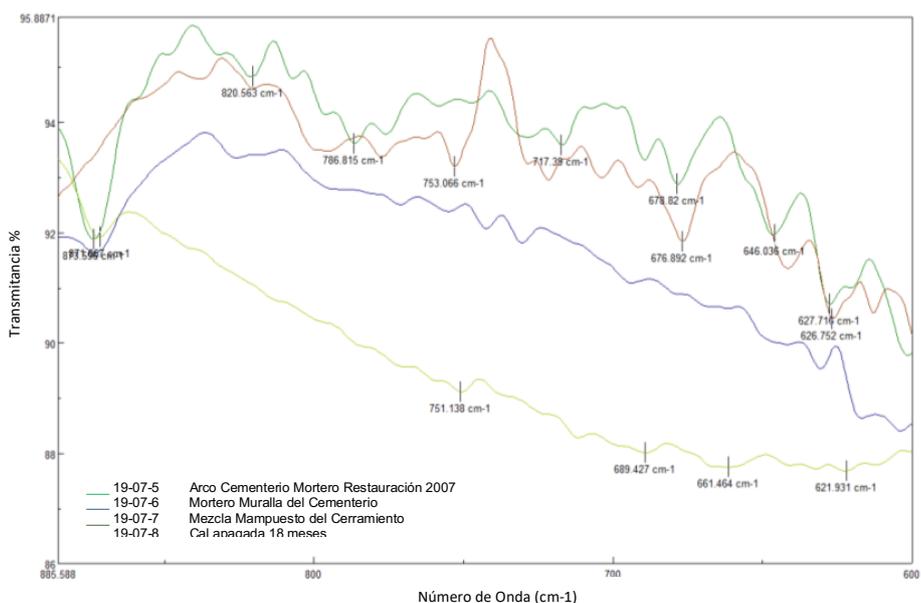


Figura. 23. Espectros de las muestras vs cal apagada rango entre 880 - 600  $\text{cm}^{-1}$ .  
Nota: Fuente: Unidad de Laboratorio y Análisis INPC, 2020

### Resumen de resultados y discusión

En resumen, las bandas  $1455,99 \text{ cm}^{-1}$  corresponde a alcohol (C-O),  $1375,96 \text{ cm}^{-1}$  (C-O) éster y  $1102,12 \text{ cm}^{-1}$  (HO-COO) ácido carboxílico presentes en las muestras Mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (norte) y Mortero Mamposterías sala de acceso al teatro 2da Planta. Las bandas que comparten las muestras y el mucilago son:  $1593,88 \text{ cm}^{-1}$  (N-H) Amino,  $1516,74 \text{ cm}^{-1}$  (C-O) Alcohol,  $1396,21 \text{ cm}^{-1}$  (C-O) éster,  $1240,97 \text{ cm}^{-1}$  (HO-COO) ác. Carboxílico,  $1035,59 \text{ cm}^{-1}$  (C-O) Alcohol,  $771 \text{ cm}^{-1}$  (C-C) carbonos ramificados,  $685,57 \text{ cm}^{-1}$ , y  $621 \text{ cm}^{-1}$  (C-C) carbonos lineales.

Los grupos alcohol, ácidos carboxílicos, además de los hidrocarburos formados de carbonos ramificados y lineales señalan aproximadamente una molécula compleja de azúcares, cuyos datos fueron corroborados al momento de comparar por espectroscopia FTIR-ATR con una muestra patrón de nopal, cuyos metabolitos o componentes se asemejan con los grupos funcionales encontrados en las muestras medidas.

A partir de los resultados expuestos anteriormente, los grupos funcionales encontrados corresponden a materiales orgánicos de origen natural, asociados al nopal por las semejanzas encontradas al patrón medido. Este nopal comparado fue aquel que previamente estuvo a temperaturas de ebullición, disolviendo estos azúcares y dejándolos en solución. Una vez obtenida esta mezcla, es más fácil de untar en conjunto con pajas y arcilla, para obtener un mortero óptimo en una proporción adecuada.

La combinación empleada en el mortero, en una proporción apropiada, logra mejorar gracias a las propiedades del azúcar, ciertas propiedades mecánicas, de adhesividad y cohesión.

Por lo antes expuesto, se puede asegurar que las muestras de mortero analizadas contenían materia orgánica semejante al nopal sometido a calentamiento, estas muestras corresponden a: arco cementerio mortero restauración 2007 (19-07-05), mortero muralla

del cementerio (19-07-06), mezcla mampuesto del cerramiento (19-07-07), mortero patio de la cruz corredor este (19-07-08), mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (este) (19-07-09), mortero de bahareque patio de la pila 2da planta (19-07-10).

### Conclusiones

Se puede asegurar que las muestras de mortero analizadas contenían materia orgánica semejante al nopal, estas muestras corresponden: al arco del cementerio mortero utilizado en la restauración del 2007, mortero de la muralla del cementerio, mezcla del mampuesto del cerramiento, mortero del patio de la cruz, del corredor este, mortero de bahareque del patio de la pila 2da planta (este), mortero de bahareque del patio de la pila 2da planta.

El análisis espectral de las muestras de mortero anteriores y el patrón de mucilago cocido coinciden en un alto porcentaje, razón por la cual podemos aseverar que comparten el mismo comportamiento químico.

Mediante el análisis organoléptico se pudo apreciar el comportamiento en conjunto del mucilago y la cal en una proporción desconocida, otorga una mejor plasticidad, la adhesividad y mantiene la humedad del mortero, razón por la cual persisten hasta la actualidad, con un grado mínimo de deterioro.

### Referencias bibliográficas

- Abraján Villaseñor, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucilago del nopal (Opuntia ficus-índica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. España: Universitat Politècnica de València,
- Abraján Villaseñor, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucilago del nopal (Opuntia ficus-índica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. España: Universitat Politècnica de València,
- Aguilar Reynosa, A., & Rodríguez, A. (2010). *Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas, y propiedades de barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucilago de Salvia hispánica y pectina cítrica./*. Saltillo.
- Cadena, J. F. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el Cantón Cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Charles-Rodríguez, A., Aguilar-González, C., Rodríguez-Herrera, R., Rodríguez-Martínez, J., & Carlos Contreras-Esquivel, J. (s.f.). *Caracterización de mucilago de aloe barbadensis para su aplicación médica*.
- García de Miguel, J. M. (15 de 07 de 2015). *La conservación del patrimonio de la obra civil al inicio del siglo XXI y sus riesgos*. Retrieved from [blogs.upm.es/gisci/wp-content/uploads/sites/15/2015/07/-conservación-del-patrimonio-de-la-obra-civil-al-inicio-del-siglo-XXI-y-sus-riesgos-1.pdf](https://blogs.upm.es/gisci/wp-content/uploads/sites/15/2015/07/-conservación-del-patrimonio-de-la-obra-civil-al-inicio-del-siglo-XXI-y-sus-riesgos-1.pdf)

- Hernández, E., Pfeiffer Perea, H., & Cano Barrita, P. (2018). Influencia del mucilago de Nopal y extracto de algas cafés en el grado de hidratación de pastas de cemento portland ordinario. *Nexo Revista Científica*, 30(2), 73.
- Hernández, J., Coronado, A., López, T., & Horta, J. (2008). *Mejoramiento de Morteros a Través de Nopal*. Retrieved from [https://www.google.com/search?q=HERN%C3%81NDEZ-Zaragoza%2C+J.+B.%2C+Coronado-M%C3%A1rquez%2C+A.%2C+L%C3%B3pez-Lara%2C+T.+%26+Horta-Rangel%2C+J.+\(2008\).+Mejoramiento+de+Morteros+a+Trav%C3%A9s+de+Nopal&oq=HERN%C3%81NDEZ-Zaragoza%2C+J.+B.%2C+Coronado-M%C3%A1](https://www.google.com/search?q=HERN%C3%81NDEZ-Zaragoza%2C+J.+B.%2C+Coronado-M%C3%A1rquez%2C+A.%2C+L%C3%B3pez-Lara%2C+T.+%26+Horta-Rangel%2C+J.+(2008).+Mejoramiento+de+Morteros+a+Trav%C3%A9s+de+Nopal&oq=HERN%C3%81NDEZ-Zaragoza%2C+J.+B.%2C+Coronado-M%C3%A1)
- Kennedy Troya, A., & Ortiz Crespo, A. (2010). *Recoleta de San Diego de Quito. Historia y restauración*. Quito: Ediciones FONSA.
- León, F. (2010). *Secado por aspersión de mucilago de nopal (Opuntia ficus indica) y su efecto en las propiedades reológicas de los polvos reconstituidos*. (Tesis de maestría). Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional.
- Madera-Santana, T., Vargas-Rodríguez, L., Núñez-Colín, C., González-García, G., Peña-Caballero, V., Núñez-Gastélum, J., Rodríguez-Núñez, J. (2018). Mucilage from cladodes of *Opuntia spinulifera* Salm-Dyck: chemical, morphological, structural and thermal characterization. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 650-657.
- Martinez, W., Alonso, E. M., Rubio, J. C., Bedolla, J. A., Velasco, F. A., Torres, A. A., & Martinez. (2008). Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesalmente, adicionados con mucilago de cactácea y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos. *Revista de la construcción*, 6.
- Masschelein - Kleiner, L. (2004). *Los solventes*. Retrieved from [http://www.cncr.cl/611/articles-4953\\_archivo\\_01.pdf](http://www.cncr.cl/611/articles-4953_archivo_01.pdf)
- Matteini, M., & Moles, A. (2001). *La Química en la Restauración: Los Materiales del Arte Pictórico*. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books?id=D7mMueTik38C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=transformaci%C3%B3n%20de%20hidr%C3%B3xido%20de%20calcio%20en%20carbonato&source=bl&ots=z8GL3nOejn&sig=zjD7T\\_VRqwiAkuVj6qiosXYiRbQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiHyM\\_dwfLcAhVGpFkKHxN-DR4Q6AEwD](https://books.google.com.ec/books?id=D7mMueTik38C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=transformaci%C3%B3n%20de%20hidr%C3%B3xido%20de%20calcio%20en%20carbonato&source=bl&ots=z8GL3nOejn&sig=zjD7T_VRqwiAkuVj6qiosXYiRbQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiHyM_dwfLcAhVGpFkKHxN-DR4Q6AEwD)
- PEE-LABINPC-04. (2010). *Procedimiento Específico de Ensayo del Laboratorio del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural para análisis por espectroscopia infrarroja*.
- Pérez Castellanos, N., & Lima Muñoz, E. (2013). *Diseño y evaluación de consolidantes para el Patrimonio pétreo de origen volcánico*. Mexico.
- Ramos, I. D. (2015). *La piel de la arquitectura de tierra*. (Tesis Doctoral). Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Rodriguez-Felix, A., & Cantwell, M. (1988). Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods for Human Nutrition*.

- Sáenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma.
- Skoog, D., Holler, J., & Nieman, T. (2001). *Principios de Análisis Instrumental* (Quinta ed.). Madrid: McGraw – Hill.
- Torraca, G. (1981). *Solubilidad y disolventes en los problemas de conservación*. Roma: ICCROM.
- Vargas-Rodríguez, L., Arroyo Figuerueroa, G., Herrera Méndez, C. H., Pérez Nieto, A., G., & Vieyra, M. I., & Rodríguez Núñez, J. (2016). *Propiedades físicas del mucílago de nopal Retrieved from*  
[https://www.google.com/search?safe=active&ei=IUv8XY\\_aOc2a\\_Qb377OICw&q=Propiedades+f%C3%ADsicas+del+muc%C3%ADlago+de+nopal&oq=Propiedades+f%C3%ADsicas+del+muc%C3%ADlago+de+nopal&gs\\_l=psy-ab.12..0i22i30l2j0i333l3.4644.4644..8613...0.0..0.192.566.0j3.....0](https://www.google.com/search?safe=active&ei=IUv8XY_aOc2a_Qb377OICw&q=Propiedades+f%C3%ADsicas+del+muc%C3%ADlago+de+nopal&oq=Propiedades+f%C3%ADsicas+del+muc%C3%ADlago+de+nopal&gs_l=psy-ab.12..0i22i30l2j0i333l3.4644.4644..8613...0.0..0.192.566.0j3.....0).
- Villalobos Ruiz, R. (2014). *Morteros de cal con mucílago de nopal (opuntia ficus-indica) como aditivo: evaluación de las propiedades mecánicas en base al método de extracción empleado*. Universidad Autónoma de San Luis De Potosí.

**Fecha de envío:** 22/03/2020

**Fecha de revisión:** 27/09/2020

**Fecha de aceptación:** 26/12/2020