

FAU 5.0

REVISTA DE ARQUITECTURA, URBANISMO,
PLANIFICACIÓN, MEDIO AMBIENTE Y TECNOLOGÍA



Volumen
01

Número
01

Depósito Legal: 5-3-499-2025 P.O.
ISSN: 3105-4617 (impreso)

Editorial-Imprenta Universitaria - FAU – Bolivia

Ayacucho, Potosí y 6 octubre, Oruro Bolivia

fau@uto.edu.bo

[+\(591\) 25245400](tel:+59125245400)



Esta revista se publica bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](#)

REVISTA CIENTÍFICA FAU 5.0
VOL. 01, N°1
ISSN: 3105-4617 (Impreso)
Deposito Legal: 5-3-499-2025 P.O.

CONSEJO EDITORIAL

Dirección

M.Sc. Arq. Raúl Mariscal Baldviezo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Arq. Marcél Rubén Iriarte Oporto, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Responsable de edición

Ph. D. Arq. Ariel Rey Villca Pozo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Arq. Magaly Choquevillca Ibáñez, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Consejo de Redacción

M.Sc. Arq. Nelson Achá González, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Arq. Daniel Tola Flores, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Arq. Heber Nelzon Cáceres Chinche, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Comité científico

M.Sc. Arq. Raúl Mariscal Baldviezo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Arq. Marcél Rubén Iriarte Oporto, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

M.Sc. Ing. Cristian Andrés Marcillo Zapata, Universidad Nacional del Chimborazo, Ecuador

Ph. D. Ing. Lourdes Soriano Martínez, Universitat Politècnica de València, España

Ph. D. Arq. Zulema Conto Quispe, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú

Ph. D. Arq. Ariel Rey Villca Pozo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Soporte técnico

Ing. Rubén Vásquez Cespedes, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

PRESENTACIÓN

Dentro el contexto global en este mundo cambiante donde los desafíos cada vez son más competitivos e innovadores para enfrentar los problemas en los distintos campos, como son los desafíos ambientales, sociales y tecnológicos, las universidades formadores de profesionales de mentalidades abiertas son los llamados a liberar y liderar estos cambios con respuestas investigativas y de conexión con la sociedad, nuestra facultad comprometida con la convicción hacia la excelencia asume el reto de fortalecer la cultura de la investigación con propuestas dinámicas más allá de las aulas.

Como Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, es para mí un honor presentar el primer número de La Revista FAU 5.0, una publicación científica que nace con el propósito de convertirse en un espacio de referencia para la reflexión, el debate y la divulgación de conocimientos en las áreas de arquitectura, urbanismo, planificación territorial, medio ambiente y tecnología.

La revista FAU 5.0 surge como respuesta a la necesidad de visibilizar las investigaciones, innovaciones y reflexiones de nuestros docentes, estudiantes, pero también como un puente para dialogar con profesionales y académicos a nivel nacional e internacional.

Invito a toda la comunidad académica y profesional a sumarse a este proyecto, ya sea como autor, revisor o lector activo. Estoy convencido de que La Revista FAU 5.0 se convertirá en una herramienta estratégica para el desarrollo académico de nuestra Facultad, y un apoyo sólido en el camino hacia la reacreditación y sobre todo un aporte significativo al pensamiento crítico y la sostenibilidad de nuestras ciudades y territorios.



**M.SC. ARQ. RAÚL MARISCAL
BALDIVIEZO**

**DECANO DE LA FACULTAD DE
ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
ORURO**

PREÁMBULO

En un contexto marcado por la crisis climática, las migraciones urbanas y la acelerada transformación digital, se tienen herramientas tan poderosas para analizar, diseñar, construir ciudades y edificios, sin embargo, tampoco antes nuestras ciudades habían enfrentado desafíos tan sistémicos y complejos. La degradación del medio ambiente, las desigualdades sociales y la obsolescencia de nuestras infraestructuras son síntomas de un modelo que requiere una revisión fundamental. Por eso, la arquitectura y el urbanismo no pueden quedarse de brazos cruzados, más al contrario deben ser la fuerza detrás del cambio en este proceso de transformación.

Esta revista FAU 5.0 surge de esta convicción. Nace de la necesidad de superar la fragmentación del conocimiento y de construir puentes entre la teoría académica y la práctica profesional. La forma de un edificio no puede disociarse de su huella de carbono durante su ciclo de vida y la planificación de una ciudad es inseparable de su resiliencia social, económica y que la tecnología más avanzada es inútil si no responde a una identidad cultural y a una necesidad social tangible.

Por tanto, la revista FAU 5.0 invita a la reflexión crítica a todos los profesionales, académicos y estudiantes a unirse a nosotros en la tarea de construir un hábitat más inteligente, sostenible y sobre todo más humano.



**M.SC. ARQ. MARCÉL RUBÉN
IRIARTE OPORTO**

**VICEDECANO DE LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
ORURO**

PRÓLOGO

Con el lanzamiento del primer número de la revista FAU 5.0 la Facultad de Arquitectura y Urbanismo materializa su compromiso con la generación y divulgación de conocimiento de frontera. Nuestro objetivo es consolidarnos como una publicación que impulse el debate y la innovación en nuestro contexto.

Cada artículo publicado ha sido sometido a un proceso de revisión por pares, garantizando la calidad, originalidad y pertinencia de sus aportes. La diversidad temática de este número inaugural no es accidental, sino una declaración de nuestra visión holística institucional.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los autores que han confiado en este proyecto para compartir sus investigaciones. Agradecemos también al comité científico y a los revisores cuyo trabajo anónimo y dedicado ha sido fundamental para dar vida a este volumen. Este primer número marca el inicio de una trayectoria que esperamos seguir construyendo junto a toda la comunidad académica y profesional dentro de las áreas de la arquitectura, ingeniería y medio ambiente.



ARIEL REY VILLCA POZO, Ph.D.
EDITOR EN JEFE DE LA REVISTA FAU 5.0

INTRODUCCIÓN

El primer número de FAU 5.0 compila un conjunto de seis investigaciones que, en su totalidad, constituyen un valioso aporte al pensamiento contemporáneo en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas relacionadas. Cada estudio ilumina los desafíos y las oportunidades inherentes a nuestra sociedad actual.

Se da inicio con el artículo "*Leer la ciudad como organismo*" nos guía a través de las teorías de Caniggia y Maffei, ofreciendo un método para decodificar el ADN de la ciudad, una herramienta indispensable para intervenir en nuestros tejidos urbanos con sensibilidad y conocimiento histórico.

Desde la macroescala de la ciudad, nos adentramos en el microcosmos del acto creativo con "Validación científica de la inteligencia intuitiva". Este trabajo desafía la noción del diseño como un proceso puramente racional, argumentando y demostrando cómo la intuición puede y debe ser integrada metódicamente en la génesis de los proyectos arquitectónicos.

La sostenibilidad se constituye como un eje central con dos investigaciones ancladas en Oruro. "*Sistema integral de gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos*" aborda una de las problemáticas más críticas de nuestras ciudades, proponiendo una solución tecnológica avanzada de incineración con recuperación energética. Por su parte, "*Cosecha de agua en Oruro*" presenta una estrategia clave de adaptación al cambio climático, enfocada en la resiliencia hídrica para las áreas más vulnerables.

La transformación digital de nuestra industria se hace presente con "*Implementación del VDC como metodología de gestión*". Este estudio analiza la adopción del Virtual Design and Construction (VDC) en el contexto boliviano, demostrando su inmenso potencial para optimizar costos, tiempos y calidad desde las fases más tempranas del diseño.

Finalmente, cerramos con una audaz reflexión cultural. "*Aprendiendo de Las Vegas*" utiliza el icónico ensayo de Robert Venturi para interpretar la denominada "arquitectura andina", un fenómeno emergente en Bolivia. Este análisis nos invita a mirar nuestra propia producción arquitectónica con nuevos ojos críticos, con abstracciones que considera elementos textuales más que formales, que condiciona a la estética o al impacto visualmente como elemento figurativo.

M.Sc. ARQ. MAGALY CHOQUEVILLCA IBAÑEZ
RESPONSABLE DE EDICIÓN REVISTA FAU 5.0

CONTENIDO

LEER LA CIUDAD COMO ORGANISMO: HACIA UNA SISTEMATIZACIÓN DE LA FORMA URBANA SEGÚN
CANIGGIA Y MAFFEI

Arq. Yoseline Mamani Cabrera.....1

VALIDACION CIENTIFICA DE LA INTELIGENCIA INTUITIVA Y SU APLICACIÓN METODICA EN EL PROCESO
CREATIVO DE PROYECTOS ARQUITECTONICOS

M. Sc. Arq. Marcél Rubén Iriarte Oporto29

SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO
DE ORURO MEDIANTE INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN ENERGÉTICA PARA LA SOSTENIBILIDAD
AMBIENTAL

M. Sc. Arq. Daniel Tola Flores43

IMPLEMENTACIÓN DEL VDC COMO METODOLOGÍA DE GESTIÓN, EN LA ETAPA DE DISEÑO EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOLIVIA

M. Sc. Arq. Nelson Achá Gonzales59

COSECHA DE AGUA EN ORURO: SOSTENIBILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS
DISPERSAS

M. Sc. Arq. Magaly Choquevillca Ibáñez.....77

APRENDIENDO DE LAS VEGAS: UNA INTERPRETACIÓN PARA UNA ARQUITECTURA EMERGENTE EN
BOLIVIA DENOMINADA ARQUITECTURA ANDINA

Ph. D. Ariel Rey Villca Pozo.....95

LEER LA CIUDAD COMO ORGANISMO: HACIA UNA SISTEMATIZACIÓN DE LA FORMA URBANA SEGÚN CANIGGIA Y MAFFEI

Arq. Yoseline Mamani Cabrera

Centro de Investigación en Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Artes Plásticas, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Correspondencia: 120780@unsaac.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0006-4545-258X>

RESUMEN

Palabras clave: forma urbana, Leer la ciudad, Tipomorfología, escalas antrópicas, Proceso tipológico.

El presente artículo propone una lectura morfológica de la ciudad como un organismo vivo, sustentada en el enfoque tipomorfológico desarrollado por Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei, con el objetivo de sistematizar herramientas teóricas para la lectura estructural de las ciudades intermedias en contextos latinoamericanos, a través de cuatro escalas antrópicas: edificación, aglomeración, asentamiento y territorio. En muchas de estas ciudades, el crecimiento urbano ha sido acelerado y desordenado, generando estructuras fragmentadas y carentes de coherencia morfológica; frente a esta problemática, se plantea una metodología estructurada en cuatro fases: definición, identificación, aplicación e interpretación de variables específicas para cada escala. Los resultados evidencian que la forma urbana no es producto del azar, sino consecuencia de procesos históricos, sociales y físicos acumulativos. La aplicación de este enfoque demuestra su capacidad para identificar tipos edificatorios y tejidos urbanos; concluyendo que este marco teórico y metodológico no solo ofrece un camino para el análisis urbano, sino también una alternativa de interpretación de la forma urbana basada en su proceso histórico-formal, fundamental para orientar nuevas intervenciones urbanas más coherentes y contextualizadas.

Nota: El presente artículo de investigación, es parte de la tesis de pregrado titulada "Estructura urbana de San Sebastián 1956-2020: la ciudad a partir de tejidos típicos y tipos de edificación" desarrollada en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC, cuyos asesores fueron: Dra. Zulema Conto Quispe y Dr. Edgar Alberto Torres Paredes.

Reading the City as an Organism: Towards a Systematization of Urban Form according to Caniggia and Maffei

ABSTRACT

Keywords: *urban form, reading the city, typomorphology, anthropic scales, typological process.*

The article proposes a morphological reading of the city as a living organism, based on the typomorphological approach developed by Gianfranco Caniggia and Gian Luigi Maffei. Its aim is to systematize theoretical tools for the structural reading of intermediate cities in Latin American contexts, through four anthropic scales: building, aggregation, settlement, and territory.

In many of these cities, urban growth has been rapid and unplanned, resulting in fragmented structures lacking morphological coherence. To address this issue, the article presents a methodology structured in four phases: definition, identification, application, and interpretation of specific variables for each scale. The results show that urban form is not the result of chance, but the consequence of cumulative historical, social, and physical processes. The application of this approach demonstrates its ability to identify building types and urban fabrics, concluding that this theoretical and methodological framework not only provides a path for urban analysis but also offers an alternative interpretation of urban form based on its historical-formal process—essential for guiding more coherent and context-sensitive urban interventions.

1 INTRODUCCIÓN

“Al describir una ciudad nos ocupamos preponderantemente de su forma...”(Rossi, 1982, p-71).

La ciudad, en su concepción más esencial, se define como un espacio densamente edificado, conformado por edificaciones y calles, este proceso da lugar a una diversidad de tejidos urbanos y formas de crecimiento que dotan a cada sector de una identidad particular. En la actualidad, la diversidad de formas urbanas de las ciudades alrededor del mundo son resultado de la «conciencia espontánea»² de sus habitantes y su historia; este resultado físico merece una revisión crítica.

“La responsabilidad del profesional que proyecta la ciudad es precisamente la de definir las condiciones para la edificación y la gestión futura del tejido urbano...”(Panerai et al., 1983, p.12). Surge el concepto denominado «morfotipológico»³, formulado por la escuela italiana, que propone entender la ciudad como un organismo compuesto por elementos interrelacionados en el tiempo; este enfoque de investigación, más que una guía, sugiere una nueva perspectiva, tanto para una lectura formal de la estructura urbana de nuestras ciudades latinoamericanas. En la Figura 1 observamos el tejido urbano procedentes de las ciudades europeas y americanas.

Figura 1:

Forma del tejido urbano en ciudades europeas.



NOTA. RECUPERADO DE <https://www.archdaily.pe/pe/933924/big-data-y-urbanismo-como-sintetizar-informacion-compleja-para-su-aplicacion-practica>

² La aptitud de la que tiende a valerse cualquier ser humano en el momento en que se dispone a realizar cualquier acción que no requiera por su parte, pensar en ella. (Caniggia & Maffei, 1995)

³ Los términos morfotipológico, tipomorfológico, tipomorfológica y morfotipología se emplean, en este artículo, como conceptos derivados del enfoque propuesto por (Caniggia & Maffei, 1995), que integran el análisis del tipo edificatorio y la morfología urbana como una unidad metodológica para leer la ciudad. La morfología es un enfoque que conceptualiza la forma, analiza y vincula los procesos históricos en una estructura urbana(Hidalgo Guerrero, 2011, p.137)

“Se observa una ausencia de trabajos realizados en los países del tercer mundo o sobre materias inherentes a sus realidades”(Hidalgo Guerrero, 2011). Mientras que cerca del siglo XX, académicos como Burgess ya analizaban la forma urbana en Chicago, en América Latina los estudios sobre morfología urbana no comenzaron a consolidarse sino hasta la década de 1980, con propuestas como la de Griffin y Ford⁴, y posteriormente, a partir del año 2000, autores como Wiley Ludeña⁵ y Aldo Mantovani⁶; retomaron este enfoque, aportando una visión que reconoce la morfología urbana como un componente fundamental para interpretar la estructura urbana de las urbes.

No obstante, aún persiste un vacío teórico en el análisis urbano, especialmente en lo que respecta a la comprensión de la forma urbana como fundamento para la formulación de estrategias de desarrollo en muchas ciudades de América Latina. En este contexto, el objetivo de este artículo es proponer una guía metodológica que permita identificar cómo se han configurado las formas urbanas a través de las escalas antrópicas en nuestras ciudades latinoamericanas. A través de esta propuesta, se busca brindar herramientas conceptuales y analíticas para interpretar la ciudad como un organismo complejo, dinámico y en constante transformación.

1.1 La forma olvidada: ausencia de enfoques morfotipológicos en el análisis de la ciudad

“...La validez de los conceptos de análisis y de discernir lo que en la evolución de la relación entre forma urbana y las tipologías de los edificios construidos nace de un proceso general y lo que es característico de la historia de cada ciudad.” (P. R. Panerai et al., 1986, p-173).

El crecimiento poblacional en las ciudades urbanas se ha convertido en un desafío global, especialmente desde la segunda mitad del siglo XX; el territorio, que en su origen se presentaba como un espacio sin intervención humana, fue progresivamente transformado mediante adaptaciones puntuales, hasta consolidarse en complejos sistemas urbanos; este proceso de urbanización, no ha sido homogéneo, presenta características particulares en cada contexto territorial que merecen ser analizados desde una perspectiva morfológica.

⁴ En 1980 proponen un modelo de síntesis para explicar cómo se estructura la ciudad latinoamericana.

⁵ Titulado “*Ciudad y patrones de asentamiento. Estructura urbana y tipologización para el caso Lima, 2006*” plantea la ciudad como un organismo conformado por patrones de asentamiento y tipologías barriales que configuran su estructura urbana.

⁶ “*la estructura de la metrópoli es el resultado construido de un proceso unitario articulado en sucesivas agregaciones de unidades morfológicas*”(Ludeña, 2006). aportando la lectura morfológica a la ciudad de Lima.

El origen del concepto de la forma urbana, no es preciso; diversas vertientes morfológicas parten de la premisa formulada por la organización internacional, ISUF⁷, comprender las características morfológicas de algunos modelos del pasado; las escuelas morfotipológicas han desarrollado metodologías sólidas para analizar el crecimiento urbano, especialmente en metrópolis y capitales de países europeos; para comprender los procesos que han dado forma a su configuración actual.

En contraste, en el año 2015 se crea la ISUF-H⁸, que estudia las formas urbanas de Latinoamérica. “1980 donde Griffin y Ford desarrollaron un primer modelo de síntesis para explicar la forma de la ciudad latinoamericana”(Pereyra, 2006). El análisis de la formación de conglomerados urbanos en Chile, así como los aportes de Pereira S. A. y Maciel M. en Brasil, representan algunos de los pocos casos en los que se ha aplicado el enfoque morfológico en el contexto latinoamericano. Sin embargo, persiste una escasa aplicación de enfoques tipomorfológicos en el estudio de ciudades intermedias en proceso de expansión; desde el año 2000, muchos planes urbanos han dejado de lado el análisis de la forma histórica de nuestras ciudades, priorizando intervenciones funcionales o normativas. En la Figura 2 observamos el afiche del Primer Congreso de la ISUF.

Figura 2:

Primer congreso de la ISUF-HISPANIC, forma urbana, pasado presente y perspectivas.



NOTA. Primer congreso de la ISUF-HISPANIC, RECUPERADO DE [HTTPS://ISUFH.ORG/](https://isufh.org/)

⁷ International Seminar on Urban Forma (ISUF).

⁸ International Seminar on Urban Form- Hispanic (ISUF-H)

1.2 Planteamiento del Problema

En los últimos veinte años, el crecimiento urbano en varios países latinoamericanos ha sido acelerado; actualmente, naciones como Argentina y Chile estiman que alrededor del 90 % de su población reside en zonas urbanas, sin embargo, gran parte del territorio urbano está ocupado por asentamientos informales, lo que evidencia una carencia de planificación efectiva. Ante esta realidad, destacan aportes clave, aunque escasos; como el Plan de Desarrollo de Lima y Callao (1980) y la lectura morfológica de Aldo Mantovani en Lima. Ambos enfoques refuerzan la idea de que la ciudad actual no es producto del azar, sino el resultado de un proceso continuo de formación, adaptación y transformación, condicionado por lógicas internas del territorio y sus habitantes.

En el contexto europeo, la morfología urbana ha sido objeto de numerosos estudios, consolidándose como una herramienta fundamental para comprender la estructura y evolución de las ciudades. La escuela italiana, propone una lectura procesual y estructural, basada en la evolución de tipos y la continuidad histórica de tejidos; particularmente los aportes de (Caniggia & Maffei, 1995), quienes proponen una metodología que permite identificar estructuras urbanas, que han configurado históricamente el espacio urbano; en contraste con los estudios de autores como Philippe R. Panerai o Ignasi de Solà-Morales, que se centran en el análisis del espacio urbano desde una perspectiva fenomenológica o semiótica.

En contraste, en América Latina este enfoque ha recibido una atención limitada, lo que ha generado vacíos en el análisis formal del crecimiento urbano. Frente a ello, el problema que se plantea en este artículo de investigación es precisamente leer la ciudad como organismo, desde la perspectiva de Caniggia y Maffei, con el fin de avanzar hacia una sistematización de la forma urbana que permita comprender su lógica evolutiva y proyectar sobre ella con mayor precisión.

1.3 Justificación

“La morfología urbana que es un método racional para describir e interpretar el espacio urbano sus características y trasformaciones.”(Chocontá Martínez, 2017, p-12). En ese sentido, leer la ciudad como organismo, desde la perspectiva de Caniggia y Maffei es importante para una Sistematización de la Forma Urbana; por un lado, nos brinda un marco sólido para futuras investigaciones orientadas a reincorporar el estudio formal de la ciudad; por otro lado, se justifica la necesidad de desarrollar una

investigación que recupere y adapte este enfoque a las realidades propias de nuestras ciudades, con el objetivo de construir herramientas metodológicas que permitan leer la ciudad como un organismo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar y sistematizar las formas urbanas a partir del enfoque tipomorfológico de Caniggia y Maffei, con el fin de ofrecer herramientas teóricas y metodológicas que permitan comprender la ciudad como un organismo estructurado en distintas escalas antrópicas.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales fundamentos del enfoque tipomorfológico desarrollado por Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei.
- Proponer variables de análisis específicas para cada una de las escalas antrópicas, que faciliten una lectura estructurada y coherente del territorio urbano.
- Diseñar un esquema metodológico aplicable al análisis morfotipológico de ciudades intermedias peruanas, con énfasis en contextos de crecimiento complejo.

3 MARCO TEÓRICO

“La relación espontáneamente codificada entre el ambiente y la obra de cada individuo, a través de la colectividad, entendiendo por este último término, la porción de la humanidad que asentada en un lugar condiciona en el tiempo su estructura hasta asumir características peculiares, individuales, codificadas⁹”(Caniggia & Maffei, 1995, p-8)

En el campo de la investigación urbana, autores como Philippe Panerai, Ignasi de Solà-Morales y Gianfranco Caniggia coinciden en que el crecimiento de la ciudad se da a partir de la lectura de sus estructuras urbanas. En especial la teoría desarrollada por Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei plantea una visión de la ciudad como un organismo vivo; su enfoque diacrónico¹⁰ permite analizar cómo la ciudad cambia a lo largo del tiempo, reconociendo las permanencias que marcan su estructura. En este sentido, el marco conceptual de esta investigación se apoya en la morfotipología, entendida como

⁹ Término usado para indicar un grado de tipologización. (Caniggia & Maffei, 1995)

¹⁰ **Enfoque diacrónico:** “ya hemos definido este último como sucesión de tipos en el tiempo en una misma área cultural (cambios diacrónicos)” (Caniggia & Maffei, 1995).

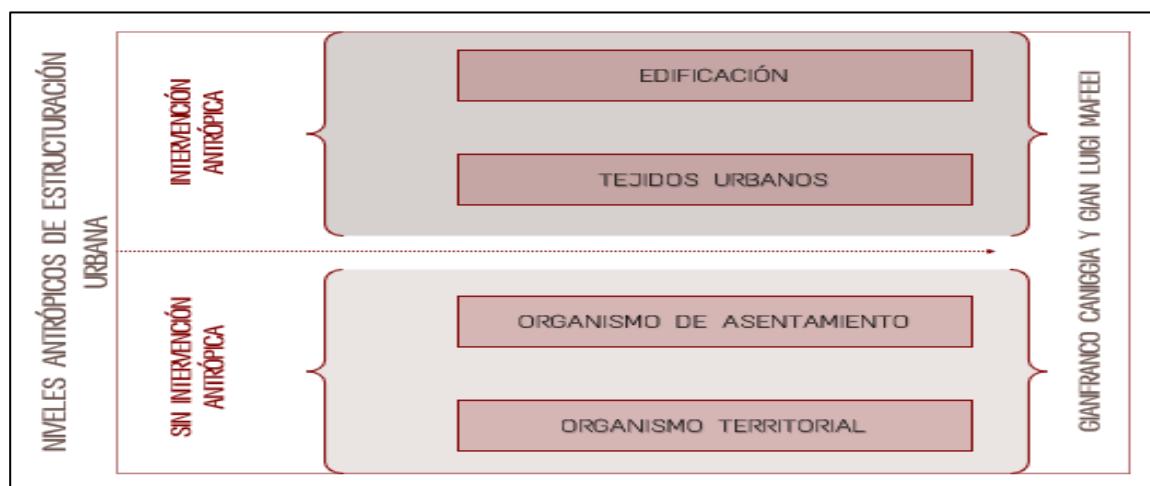
una herramienta metodológica que posibilita el análisis de la forma urbana a través de sus niveles antrópicos.

3.1 Marco conceptual

Previo a la descripción de la estructura urbana, es necesario conocer el concepto de «lectura», “Leer las estructuras de edificación significa conocer, valiéndose de instrumentos lógicos, las estructuras del espacio antrópico características de un ámbito espacial; en otras palabras, conocer los componentes de un conjunto estructurado por el hombre” (Caniggia & Maffei, 1995, p.34-35). La ciudad puede ser interpretada como un sistema articulado de elementos formales, cuya comprensión exige una aproximación estructurada y procesual; organizada en cuatro escalas antrópicas interrelacionadas (edificación, aglomeración, organismo de asentamiento y organismo territorial), cada uno conserva su autonomía analítica dentro del organismo, reconociendo tanto su especificidad como su papel en la estructura general de la ciudad. En la Figura 3 podemos observar la estructura para la lectura de la ciudad propuesta por Caniggia & Maffei.

Figura 3:

Resumen estructurado para la lectura de la ciudad



NOTA. *ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL, RECUPERADO DE (MAMANI, 2025)*

La lectura tipo morfológica permite comprender el hecho arquitectónico en su dimensión formal, la relación con el territorio y su evolución histórica dentro de un mismo contexto cultural, permite identificar tipologías históricas originadas por la conciencia espontánea de los habitantes.

3.1.1 Lectura de la ciudad

“Veremos que será necesario dividir también los componentes de los objetos de la edificación en cuatro términos: elementos, estructuras de elementos, sistemas de estructuras y organismos de sistemas.”(Caniggia & Maffei, 1995, p-42). La lectura de la ciudad está determinada por cuatro niveles antrópicos que permiten descomponer su complejidad y entenderla como un sistema estructurado; mediante el cual es posible interpretar cómo los elementos arquitectónicos y urbanos se articulan, evolucionan y responden tanto a lógicas culturales como a los procesos históricos de ocupación del territorio.

3.1.2 Edificaciones

“... edificios, en los que habitamos o realizamos cualquier función específica del habitar con tal de que esta sea resuelta en el ámbito de un edificio...” (Caniggia & Maffei, 1995, P-43). Las edificaciones representan el nivel más directo del análisis antrópico, ya que son los espacios en los que se llevan a cabo nuestras actividades diarias y forman la unidad más elemental de la estructura urbana.

TIPO, “El tipo así entendido no es una plantilla abstracta a la cual adscribir un edificio: si fuera, un esquema no podría ser representativo del edificio, de la totalidad de relaciones complejas de un edificio real y existente” (Caniggia & Maffei, 1995, p-69). El mundo de los edificios es inseparable del de los tipos, porque un análisis tipológico integral contempla funciones cambiantes de las edificaciones y sus modificaciones en un marco espacio-temporal.

Otro concepto es el «TIPO DE EDIFICACIÓN» “...La existencia del tipo, ligándolo a su esencia de producto de conciencia espontánea¹¹, tipo de edificación como «concepto de casa» históricamente variable o sea propio de cada entorno espacial y temporal” (Caniggia & Maffei, 1995, p-44). La «edificación de base»¹², es aquel elemento, que, por sus antecedentes históricos, tiene uso residencial; este tipo de edificación compone nuestro objeto de análisis y su tipología será fundamental para una lectura de la ciudad; por lo que, indicadores como el nivel de tipicidad y el grado de duplicación sucesiva resultan fundamentales, permitiendo reconocer patrones repetitivos que han dado forma a nuestras ciudades.

¹¹ En la edificación la conciencia espontánea es decir la capacidad de cualquier ser humano para realizar alguna actividad sin tener que pensar en ello guiados por conocimientos de su propia cultura.

¹² entendido como un elemento formado por la conciencia espontánea de los individuos y su construcción colectiva.

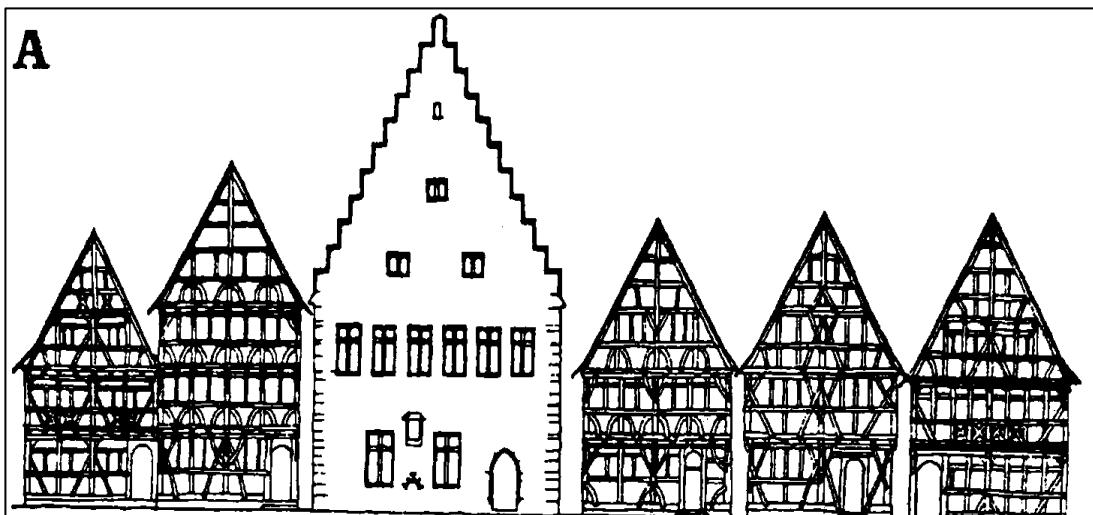
3.1.3 Nivel de tipicidad

Hablar del nivel de tipicidad en el “...momento de nuestra lectura, lugar histórico, donde nos ubicamos para el análisis de los edificios...” (Caniggia & Maffei, 1995, p-79), es hablar de una gama de profundizaciones progresivas en las estructuras tipológicas; nos enfocaremos en tres niveles de tipicidad establecidos en cualquier lectura antrópica.

- Primer nivel de tipicidad

Se identifican dos tipos: las edificaciones que componen la célula elemental de la estructura urbana, la edificación de base (parcela construida); los edificios especializados (la catedral, escuela, hospital, etc.), construcciones que requieren un tejido diferenciado.

Figura 4
Diferencia de edificios de base y edificios especializados

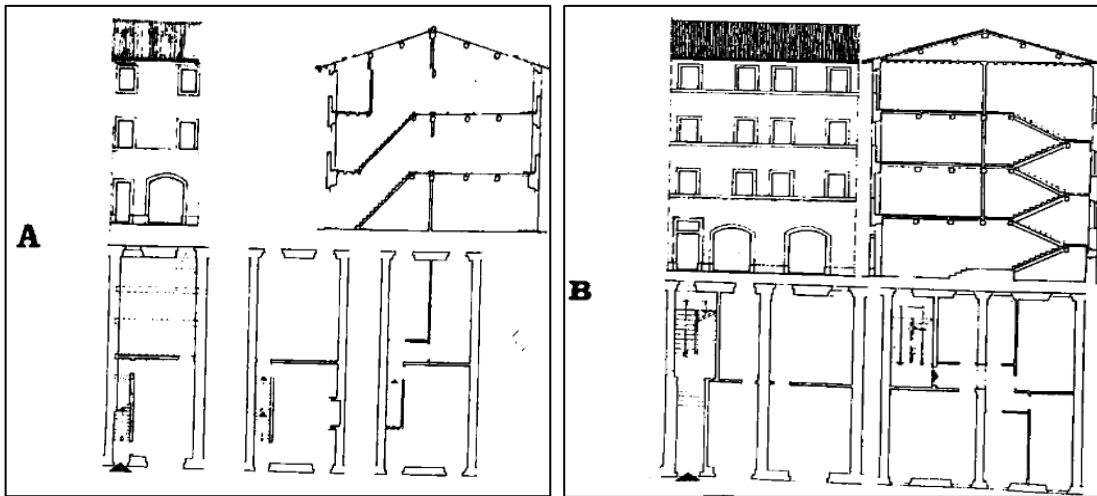


NOTA. DIFERENCIA DE FACHADAS ENTRE UN MUNICIPIO Y LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES, RECUPERADO DE (CANIGGIA & MAFFEI, 1995).

Segundo nivel de tipicidad

Analiza la diversificación de tipos de edificación residencial. “Una vez aislado el edificio base, como célula elemental, los primeros son los llamados casa en hilera, los otros numéricamente inferiores en las áreas de urbanización más antigua son las casas en línea” (Caniggia & Maffei, 1995, p-49), se distinguen dos tipos de edificación residencial, la edificación unifamiliar y multifamiliar. En la Figura 5 observamos estas diferencias de edificación residencial.

Figura 5:
Diferencia de edificios unifamiliares y multifamiliares.

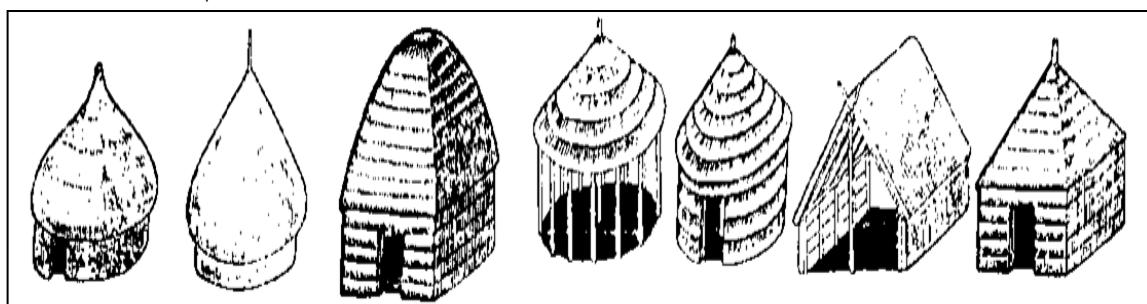


NOTA. DIFERENCIA ENTRE LA CASA UNIFAMILIAR Y MULTIFAMILIAR A TRAVÉS DE LA RECONSTRUCCIÓN GRÁFICA, A) CASA EN HILERAS FLORENTINAS Y B) CASA EN LÍNEA NIVELES, (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-53)

- **Tercer nivel de tipicidad**

El nivel más alto de tipicidad se encuentra en el concepto más elemental, conocido como «refugio», el cual representa el resultado físico de la forma más primitiva de habitar; considerado matriz elemental del proceso tipológico, *“tiene una superficie de 25 a 35 m² correspondiente a un vano de planta cuadrangular de 5-6 metros de lado, siendo este módulo repetitivo en todos los edificios”* (Caniggia & Maffei, 1995, p-60).

Figura 6:
Antecedentes del tipo de base



NOTA. IMAGEN REFERENCIAL DE LOS ANTECEDENTES DEL TIPO BASE, CONOCIDOS COMO CÉLULAS ELEMENTALES, RECUPERADO DE (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-61).

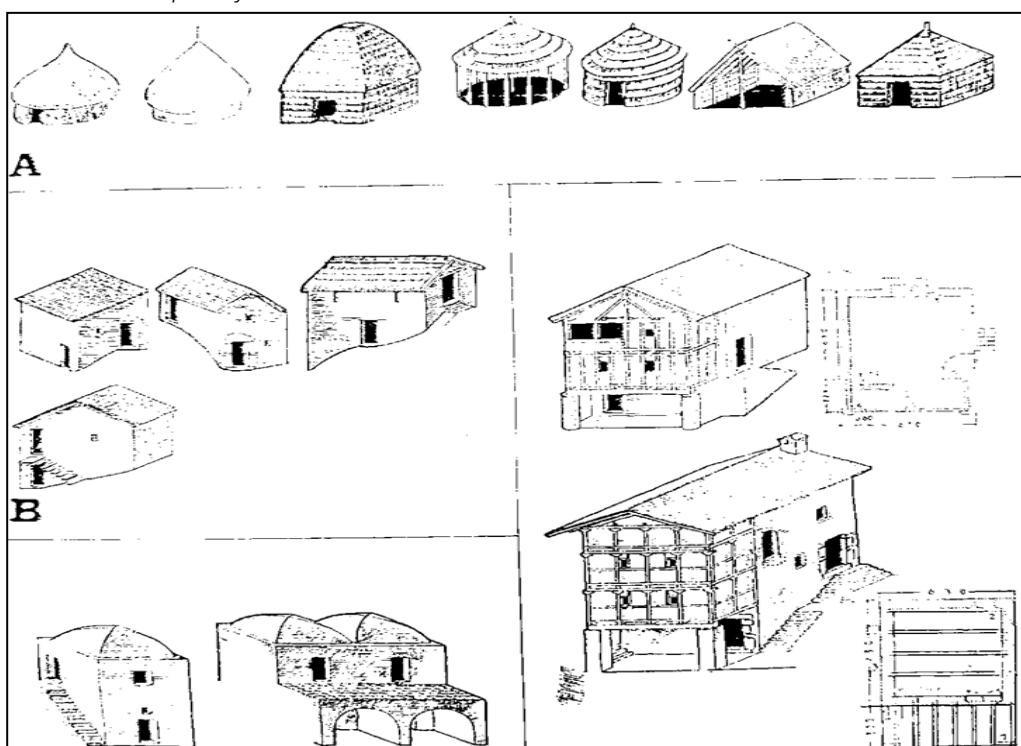
3.1.4 Duplicaciones sucesivas

El crecimiento del tipo edificatorio se origina a partir de las duplicaciones sucesivas de la «edificación de base», considerada la célula elemental del tejido urbano; el crecimiento del tipo edificatorio parte de la repetición de una unidad básica que evoluciona para diversificar usos y separar

funciones. Este proceso de crecimiento presenta dos aspectos; la posición del módulo respecto al acceso principal que condiciona la configuración de la parcela y la presencia y forma de la escalera, que constituye un indicio claro de crecimiento vertical, su incorporación permite la separación funcional de los niveles, asignando espacios diferenciados, como zonas privadas en el segundo nivel, y al mismo tiempo, define el tipo de densificación: escaleras de un solo tramo corresponden a viviendas unifamiliares, mientras que la de dos tramos está asociada con configuraciones plurifamiliares.

Figura 7:

Origen y evolución del tipo edificatorio



NOTA. DEL TIPO BASE, DUPLICACIONES SUCESIVAS (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-61)

3.1.5 Aglomeraciones

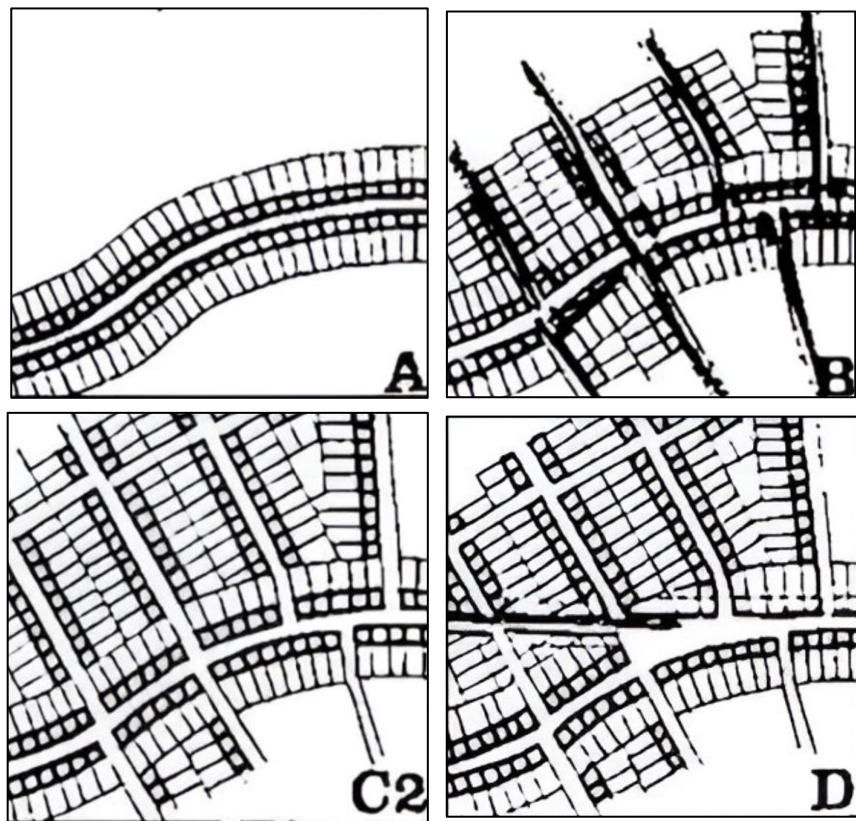
“Con el término más general posible indicar un conjunto de edificio llamamos aglomeración, Esa aglomeración, tal como hoy la vemos, se ha estructurado con el tiempo...” (Caniggia & Maffei, 1995, p-80). En términos generales, una aglomeración se define como un conjunto de elementos construidos y organizados a lo largo del tiempo mediante un proceso de estructuración histórica, su forma configura tejidos que distinguen una ciudad de otra. Gianfranco Caniggia y Luigi Maffei, exponen dos tipos de tejidos: el tejido urbano de base, generada por la edificación espontánea; y los tejidos especializados, que surgen como resultado del crecimiento, consolidación y diversificación funcional de las edificaciones.

Los tejidos urbanos de base están constituidos por la parcela edificada o edificación de base; y el trayecto, definido por Caniggia & Maffei: “El «trayecto» es la estructura apropiada para permitir el acceso a un lugar, partiendo de otro” (1995. P-84); ambos elementos son fundamentales para comprender la organización del espacio urbano.

Particularmente, el trayecto cumple una función estructuradora en la evolución del tejido, como afirman los autores “... las distinciones típicas entre trayectos se les debe atribuir principalmente el sistema de estructuración propia de un proceso histórico” (Caniggia & Maffei, 1995, p-84). La jerarquización de los trayectos permite entender la secuencia de formación y transformación de los tejidos urbanos; se reconocen cuatro tipos fundamentales que intervienen en la conformación del tejido: el trayecto matriz, el trayecto de implantación, el trayecto de unión y el trayecto de reestructuración.

Figura 8:

Modelos de formación del tejido urbano



NOTA: SEGÚN (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-88), COMO LOS TIPOS DE TRAYECTOS FORMAN LOS TEJIDOS URBANOS; DONDE: LA A, CORRESPONDEN AL TRAYECTO MATRIZ; B, AL TRAYECTO DE IMPLANTACIÓN; C2, TRAYECTO DE UNIÓN; Y FINALMENTE, D, TRAYECTO DE REESTRUCTURACIÓN.

Trayecto matriz: corresponde al trazado original de la vía, existente antes de la edificación. A lo largo de este trayecto se ubican las parcelas iniciales, cuyas orientaciones y dimensiones responden al diseño de esta vía principal.

Trayectos de implantación: se originan a partir de los nodos —puntos de intersección del trayecto matriz— y suelen ser perpendiculares a este. Su función es subdividir el espacio, permitiendo el acceso a nuevas parcelas.

Trayectos de unión: resultan de la conexión entre varios trayectos de implantación. Estos conforman las vías secundarias, esenciales para cerrar y estructurar las manzanas urbanas.

Trayectos de reestructuración: surgen en fases posteriores y tienen como finalidad modificar o reorganizar la estructura ya consolidada.

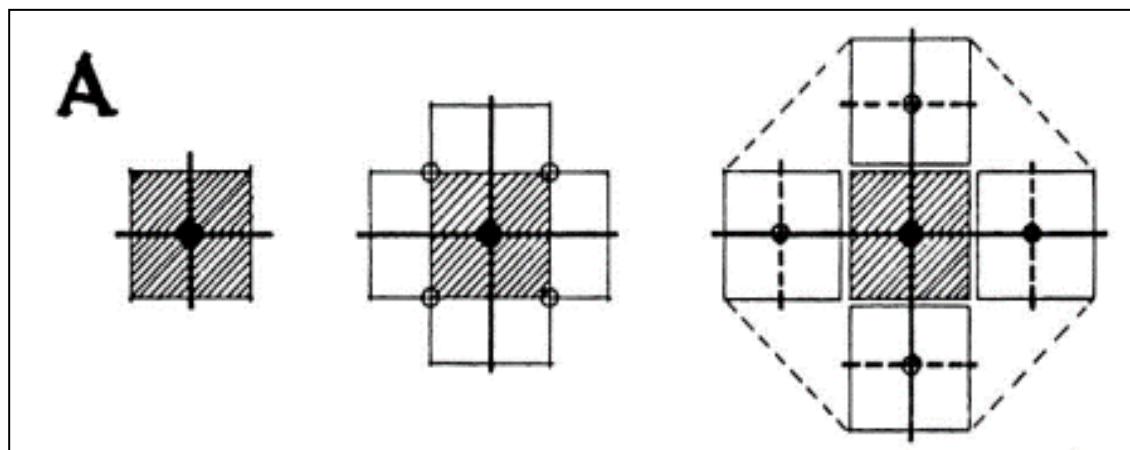
Este sistema de trayectos revela una lógica evolutiva en la formación del tejido urbano, donde cada tipo de vía no solo organiza el espacio, sino que también refleja una etapa en el proceso de consolidación de la ciudad.

3.1.6 Asentamientos

“Asentamiento puede llamarse, más exactamente, un complejo de edificios habitados y directamente relacionados con un entorno territorial productivo de su estrecha pertenencia” (Caniggia & Maffei, 1995, p-115); más que el conjunto de aglomeraciones o casas; el asentamiento está relacionado directamente con el resultado de la transformación de los núcleos proto urbanos y urbanos antes de convertirse en pueblo, ciudad o metrópoli.

Figura 9:

Modelos de la duplicación modular del organismo de asentamiento



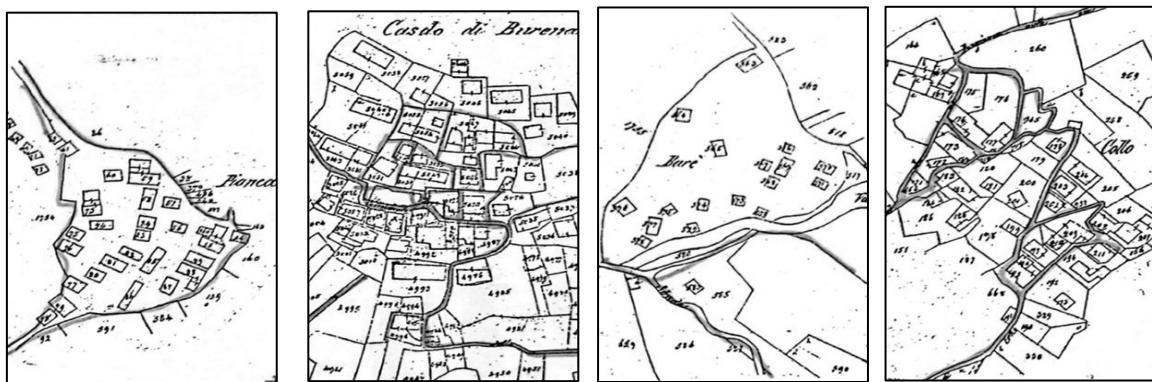
NOTA: DIMENSIÓN INICIAL (1) PASAN A FORMARSE LAS DUPLICACIONES BARI CÉNTRICAS (2) POR ADICIÓN DE MEDIO MÓDULO POR LADO O (3) ADICIÓN DE MÓDULOS ENTEROS, SE PRODUCE LA FORMACIÓN DE SUB CENTROS RELATIVAMENTE AUTÓNOMOS. OBTENIDO DE (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-127)

El estudio de las estructuras urbanas, comprende el proceso de formación de aglomeraciones urbanas, este proceso implica la transformación progresiva de un pueblo o ciudad a partir de la intervención antrópica, es decir, mediante la organización del tejido urbano y edificaciones; dichas transformaciones no ocurren al azar, sino que responden a las formas naturales que nos ofrece el territorio, definidos por cuatro elementos:

- **Trayecto matriz**, “Partiendo por orden de los que podemos considerar módulos de dimensiones reducidas... Constituido por el tejido base... cuando lo examinamos en su organicidad relativa, formada por un trayecto ...” (Caniggia & Maffei, 1995, p-119). Los trayectos son elementos que organizan y estructuran el tejido Urbano.
- **Primeros nodos**, los primeros nodos surgen de la intersección del trayecto matriz con los principales trayectos de implantación, especialmente aquellos que coinciden con las ramificaciones hidrográficas o condiciones geográficas específicas.
- **Situación céntrico periferia**, La jerarquización de las aglomeraciones, regidas por el tejido urbano, a través de sus características de centralidad y perifericidad, determina la jerarquización de los nodos urbanos.
- **Duplicación del organismo**, El fenómeno de las duplicaciones sucesivas nos permite analizar la naturaleza de la célula elemental, la cual inicialmente actúa como una unidad base y, con el tiempo, se convierte en un componente replicable, hasta formar un organismo.

Figura 10:

Representación del proceso de asentamiento en un territorio



NOTA: ASENTAMIENTOS DE MONTAÑA EN EL VALLE DE CARARGNA

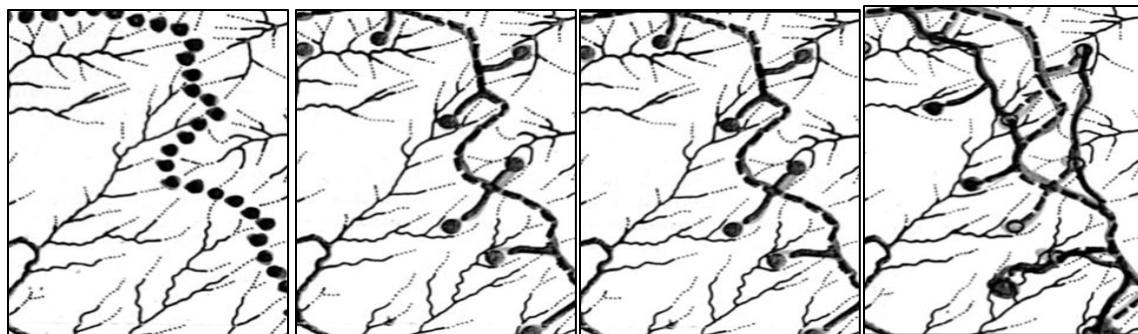
Territorio

El organismo territorial es el primer componente extraurbano en la estructuración antrópica, que precede a la intervención humana y existía antes de la construcción de las urbes; al reconocer que las primeras producciones agropecuarias, la extracción minera y las redes viarias forman parte del proceso de humanización de un territorio, se comprende que el organismo territorial es la suma tanto de lo construido por el hombre como de lo que no lo está. Recorrer un territorio constituye la primera etapa en la transformación de un entorno hacia una configuración antrópica; esta fase inicial de configuración territorial puede ser seguida, o no, por otras, pero nunca precedida por ellas. En términos generales, se puede considerar que un área primero es explorada, luego utilizada para la producción y, finalmente, habitada, esta se divide en cuatro fases: trayecto, asentamiento, producción y, finalmente, núcleos urbanos o proto urbanos.

- **Trayectos**, el trayecto principal del organismo territorial se encuentra representado por las redes hidrográficas, que, junto con las crestas bajas actúan como guías.
- **Asentamiento**, el acceso a fuentes de agua se da mediante trayectos de cresta secundaria, que se encuentran sobre las líneas hidrográficas ramificadas de la cresta principal; estos puntos estratégicos son elegidos frecuentemente para el asentamiento
- **Producción**, En este período, la productividad artificial comienza a hacer un uso permanente del campo, transformando lo natural en un espacio productivo; esta relación se inicia con la sedentarización, seguida del intercambio, y finalmente la fase de producción.
- **Núcleos urbanos y protourbanos**, En esta fase, la intersección entre asentamientos naturales-productivos y núcleos de intercambio se refleja en la formación de nodos locales, que denominamos núcleos urbanos; estos núcleos ocupan la mayor parte del territorio productivo, las regulaciones hidráulicas artificiales y la consolidación de llanuras.

Figura 11:

Trayectos de contra cresta continuas, sintéticas, núcleos urbanos



NOTA: CUARTA FASE CONTRA CRESTA CONTINUAS, SINTÉTICAS, NÚCLEOS URBANOS DE ALTO Y MEDIO VALLE. (CANIGGIA & MAFFEI, 1995, P-148)

3.2 Lecturas críticas para comprender la forma urbana

3.2.1 Fundamentos conceptuales: teorías sobre la ciudad, el tipo y el tejido

El enfoque tipomorfológico, desarrollado por Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei, propone comprender la ciudad a través de cuatro escalas antrópicas: la edificación, la aglomeración, el organismo de asentamiento y el organismo territorial; cada una de estas escalas representa un nivel estructural del espacio urbano, interrelacionado con los demás, pero con autonomía analítica, representa una visión de la ciudad como un organismo en evolución.

Esta visión parte del principio de que la forma urbana no es resultado exclusivo del diseño proyectual, sino de una acumulación de transformaciones históricas, donde las tipologías edilicias y los tejidos urbanos evolucionan siguiendo leyes internas de crecimiento; estos fundamentos permiten identificar patrones, permanencias que explican la forma de la ciudad.

3.2.2 Antecedentes relevantes: aproximaciones tipomorfológicas en contextos urbanos

A lo largo de las últimas décadas, la morfología urbana ha sido objeto de estudio principalmente en Europa, destacando los trabajos desarrollados por la escuela italiana, la Escuela de Versalles (Panerai, Castex, Depaule) y la tradición inglesa vinculada a Conzen. Estas aproximaciones han permitido avanzar en la comprensión de la forma urbana a través de la identificación de tipos o estudio de tramas urbanas, en el ámbito europeo, sin embargo, en el contexto latinoamericano, los estudios han sido más escasos, aunque relevantes; trabajos como los de Wiley Ludeña en Lima (2006), sobre patrones de asentamiento y estructura urbana, y las investigaciones de Pereira y Maciel en Brasil, aplicando escalas antrópicas al estudio de morfologías locales, destacan como aportes valiosos; en Chile también se han dado aproximaciones a la lectura del crecimiento de los conglomerados urbanos desde una perspectiva morfológica.

3.2.3 Aportes y vacíos: posicionamiento del estudio en el debate morfológico contemporáneo

El presente artículo se inserta en un espacio aún poco explorado dentro de los estudios urbanos, particularmente en lo referente a la sistematización de trabajos o análisis tipomorfológico de ciudades intermedias; que, a diferencia de los grandes centros metropolitanos, donde se han aplicado con más frecuencia enfoques morfológicos, no poseen de herramientas para entender la forma de sus ciudades. Se busca aportar una lectura integral de la ciudad como organismo vivo, sistematizando los aportes formales de Gianfranco Caniggia y Luigi Mafei, enmarcados en su análisis de escalas antrópicas; al hacerlo, se propone no solo cubrir un vacío empírico en el análisis urbano de la ciudad, sino también contribuir al debate sobre la vigencia y aplicabilidad del enfoque morfotipológico en contextos locales,

históricos y proyectuales; la intención es generar un conocimiento útil tanto para la teoría urbana como para la práctica del planeamiento.

4 METODOLOGÍA

“Metodología, ...permite cumplir los objetivos propuestos en la comprensión de un fenómeno determinado”(Rico de Alonso et al., 2002).

4.1 Enfoque metodológico

Para explicar el enfoque metodológico de esta investigación, destacan términos acuñados por la escuela italiana, tales como «tipo» o «proceso tipológico»; el tipo *“es el conjunto global de las definiciones que concurren simultáneamente para formar un objeto...”* (Caniggia & Maffei, 1995, p-31). En otras palabras, es el conjunto de características comunes, que permanece en el tiempo. El «proceso tipológico», *“...como una sucesión de cambios temporales y de distinciones espaciales y de influencias mutuas: en resumen, debemos hablar el proceso histórico”*(Caniggia & Maffei, 1995, p.32). El proceso tipológico constituye el eje central del enfoque metodológico desarrollado por Caniggia y Maffei, ya que permite entender la evolución de las formas urbanas como una secuencia de transformaciones progresivas a partir de un tipo originario.

Se inicia con la descripción de características mediante un análisis retrospectivo¹³; segundo, con una clasificación preliminar, para en la misma línea elaborar tipos; finalmente, nombrar la tipología encontrada; es decir, la interpretación de tipos en tejidos urbanos o edificaciones.

Figura 12:

Modelo metodológico propuesto



NOTA. REPRESENTACIÓN DE LA DIFERENCIA DE FACHADAS ENTRE UN MUNICIPIO Y LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES,

¹³ Un análisis representativo (en forma de sondeo) en el que es necesario determinar muestras, y luego verificar, tras haber elaborado tipos, que son representativas en toda la zona. (Panerai et al., 1983, p-146)

Este estudio se fundamenta en una revisión bibliográfica exhaustiva, centrada en teorías urbanas que explican la configuración formal de las ciudades intermedias; la estrategia metodológica combina el análisis crítico de fuentes teóricas con la aplicación del proceso tipológico como herramienta para interpretar la forma urbana; este enfoque se despliega en cuatro etapas encadenadas: la definición de las escalas antrópicas del espacio urbano (edificación, aglomeración, organismo de asentamiento y organismo territorial); la identificación de tipos presentes en las edificaciones y los tejidos urbanos; la elaboración de relaciones tipológicas que permitan reconocer procesos de permanencia, transformación y adaptación; y finalmente, la interpretación o nombramiento de los tipos, como forma de construir un sistema de lectura coherente que contribuya a comprender la ciudad como un organismo en evolución.

4.2 Técnicas de recolección y análisis de datos

La búsqueda y selección bibliográfica se centró en fuentes especializadas en morfología urbana, teoría del tipo y enfoques tipomorfológicos, con énfasis en los aportes de Gianfranco Caniggia y Gian Luigi Maffei. La revisión incluyó libros, artículos académicos, tesis y documentos de planificación urbana, utilizando bases de datos académicas y bibliotecas digitales especializadas.

5 Análisis y Discusión de Resultados

5.1 Presentación de los Hallazgos

Con el fin de profundizar en el análisis de la forma urbana en ciudades intermedias, esta investigación ha centrado su atención en el estudio de las cuatro escalas antrópicas propuestas por Caniggia y Maffei, consideradas herramientas fundamentales del enfoque tipomorfológico.

A partir de su definición (edificación, aglomeración, organismo de asentamiento y organismo territorial), se han identificado variables específicas que permiten estructurar una lectura sistemática del espacio urbano, orientada a comprender los procesos históricos de crecimiento y adaptación morfológica.

Tabla 1 :

Variables resultantes para la lectura urbana de las ciudades intermedias

CRECIMIENTO URBANO	ANALISIS DE LA FORMA URBANA	
	NIVELES	ESTUDIO TIPIOMORFOLÓGICO
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	EDIFICACIONES	<i>Nivel de tipicidad</i> <i>Origen del tipo</i> <i>Crecimiento del tipo</i> <i>Trayecto Matriz</i> <i>Trayecto de implantación</i> <i>Trayecto de unión</i> <i>Trayecto de reestructuración</i> <i>Trayecto Matriz</i> <i>Primeros nodos</i> <i>Situación céntrica – periferia</i> <i>Duplicación del organismo</i> <i>Trayectos</i> <i>Asentamiento</i> <i>Producción</i> <i>Núcleos urbanos y proto urbanos</i>
TIPOLOGÍA DESCRIPTIVA	AGLOMERACIONES	
	ORGANISMO DE ASENTAMIENTO	
	ORGANISMO TERRITORIAL	

NOTA. VARIABLES RESULTANTES PARA LA LECTURA URBANA, ELABORACIÓN PROPIA

5.1.1 Nivel edificatorio

Partiendo de la premisa metodológica basada en la lectura del espacio antrópico, el análisis se inicia en la escala más elemental: la edificación, concebida desde la noción del *habitar*¹⁴, siendo esta una escala en la que se desarrollan funciones cotidianas. En esta escala, se han identificado dos elementos estructuradores clave para el análisis tipomorfológico: el nivel de tipicidad, que permite ubicarnos en el tipo originario de la edificación, y las duplicaciones sucesivas, como mecanismo fundamental en el crecimiento del tejido urbano; la duplicación no es aleatoria, sino que está condicionada por dos factores esenciales: la posición del módulo respecto al acceso, y la consistencia del cuerpo de escalera, cuya presencia determina el potencial de crecimiento vertical.

Estos hallazgos se integran cuatro momentos clave: definir los criterios que estructuran el tipo base, identificar sus características formales en contextos específicos, aplicar estas variables al análisis de casos concretos, y finalmente, interpretar los resultados.

- DEFINIR LOS TIPOS DE EDIFICACIÓN

¹⁴ **Habitar**, verbo para describir lugar donde habitamos, conocimiento directo dado por nuestra continua utilización de los edificios en los que habitamos o realizamos cualquier función específica del vivir en el edificio (Caniggia & Maffei, 1995, p-44)

Para definir los tipos de edificación presentes en un área específica, el primer paso consiste en aislar la edificación base, identificando su tipo originario según el contexto histórico y cultural en el que surgió; este origen puede vincularse, por ejemplo, a una casa-hacienda, una casa tipo cancha u otra forma tradicional que haya estructurado el patrón de vivienda inicial en el lugar. Una vez reconocido el tipo generador, el análisis se traslada a la parcela edificada en la actualidad, con el objetivo de identificar si el módulo de origen aún está presente; en caso de conservarse, se evalúa su posición dentro del lote: si está ubicado sobre el acceso, lateral u opuesto; esta ubicación es fundamental para comprender la lógica de crecimiento.

A continuación, se define como la forma de la escalera, constituye un indicador tipológico clave; por ejemplo, si se trata de una escalera de un solo tramo en una edificación de dos niveles, suele corresponder a una vivienda unifamiliar; en cambio, la presencia de una escalera de dos tramos junto con cambios de materialidad y una mayor altura sugiere la transformación hacia una edificación multifamiliar.

- IDENTIFICAR LOS TIPOS DE EDIFICACIÓN

Para llevar a cabo una correcta identificación de los tipos edificatorios, es necesario establecer previamente los criterios cualitativos que permitan agruparlos en categorías coherentes de análisis. Esta clasificación inicial se basa en la delimitación de atributos contextuales que influyen en la configuración de las edificaciones, tales como las condiciones geográficas del área, el grado de pendiente del terreno, el nivel de centralidad urbana y la jerarquía en el tamaño de las parcelas. Estos factores no solo determinan variaciones en la forma de habitar, sino que también condicionan el tipo de edificación resultante.

Se recomienda, metodológicamente, definir al menos tres grupos tipológicos diferenciados, que puedan ser contrastados y leídos comparativamente; esta clasificación inicial permite estructurar el análisis morfológico dentro de un marco contextual, facilitando la posterior interpretación de los procesos de transformación urbana a través del tiempo.

- APLICAR O DEFINIR LOS TIPOS EDIFICATORIOS

Una vez establecida la primera agrupación de tipos edificatorios según sus condiciones contextuales, se propone seleccionar una parcela representativa por cada grupo, a modo de proyecto piloto; en cada caso, se aplicará un análisis detallado de sus características tipomorfológicas, considerando variables como la ubicación del módulo de base, las duplicaciones sucesivas y la consistencia del cuerpo de escalera.

Por ejemplo, si en un sector determinado se identifican edificaciones cuyo módulo de base se ubica directamente sobre el acceso y presentan escaleras de dos tramos, esto correspondería a un tipo específico, posiblemente asociado a un patrón multifamiliar.

- INTERPRETAR O NOMBRAR LOS TIPOS EDIFICATORIOS

Finalmente, se procede a la interpretación y nombramiento de los tipos edificatorios identificados en el sector de estudio; esta etapa consiste en asignar una denominación a cada tipo, basada en sus cualidades morfológicas distintivas, facilitando así su reconocimiento y análisis.

Por ejemplo, una “edificación tipo I” puede definirse como edificación compacta, en tanto ocupa la totalidad de la parcela y presenta una disposición continua del módulo; esta nomenclatura no busca imponer una clasificación rígida, sino establecer un sistema descriptivo que refleje la lógica de transformación del tejido.

Por razones metodológicas y de claridad analítica, no se recomienda establecer más de cinco tipos edificatorios, ya que un exceso de categorías puede fragmentar innecesariamente el modelo analítico y dificultar una lectura sistemática de la estructura urbana.

5.1.2 Nivel de Aglomeraciones

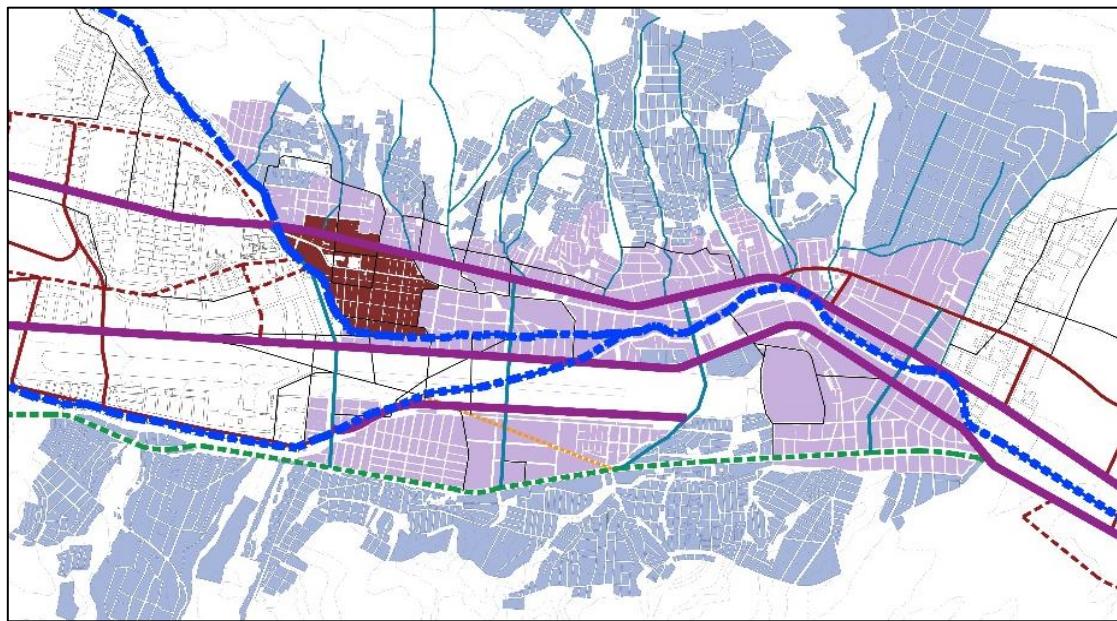
DESCRIPCIÓN DE TEJIDOS URBANOS

Las aglomeraciones corresponden al segundo nivel de escala dentro de la estructura urbana, y su análisis se encuentra directamente condicionado por la organización interna del tejido urbano. En esta etapa, el enfoque metodológico se centra en identificar los trayectos estructurantes que conforman dicho tejido; el trayecto matriz, correspondiente a la vía principal; los trayectos de implantación, que se desarrollan de forma perpendicular al trayecto matriz y estructuran las subdivisiones internas; los trayectos de unión, generalmente paralelos al trayecto matriz, que permiten la conectividad entre las vías de implantación definiendo la forma de las macro manzanas; y, si corresponde, los trayectos de reestructuración, introducidos posteriormente para modificar el trazado original.

Por ejemplo, en el caso de la ciudad del Cusco, el trayecto matriz puede identificarse en la vía principal que estructura la ciudad, mientras que los trayectos de implantación se reconocen en las vías perpendiculares a esta; las vías paralelas que completan el sistema de manzanas corresponden a trayectos de unión; en este caso, no se identifican trayectos de reestructuración, lo que permite observar una permanencia en la estructura del tejido urbano histórico.

Figura 13:

Representación de trayectos en el distrito de San Sebastián, Cusco.



NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

IDENTIFICAR LOS TEJIDOS URBANOS

Una vez definidos los tipos de trayectos presentes en el sector de estudio, el siguiente paso consiste en identificar la forma en que estos se articulan para componer el tejido urbano. Este análisis debe considerar no solo el trazado vial, sino también las condiciones topográficas del territorio, ya que el relieve incide directamente en la configuración y distribución del tejido. Por ejemplo, en sectores con alta pendiente, los trayectos tienden a adaptarse a las curvas de nivel, generando tejidos fragmentados, irregulares o de difícil consolidación, mientras que en áreas planas predominan estructuras más ortogonales y compactas.

APLICAR O DEFINIR LOS TIPOS DE TEJIDOS URBANOS

Una vez seleccionada el área de estudio, es fundamental representar gráficamente los trazos que configuran los distintos tipos de trayectos, con el objetivo de comprender cómo estos estructuran el tejido urbano; esta representación permite visualizar las relaciones espaciales entre trayectos matriz, de implantación y de unión, y cómo su disposición genera patrones tipológicos específicos de tejido. Por ejemplo, en un sector donde el trayecto matriz es perpendicular al trayecto de implantación y estos a su vez son paralelos a los trayectos de unión, se configura un tejido relativamente regular, posiblemente ortogonal, que responde a una lógica de parcelación ordenada.

INTERPRETAR Y NOMBRAR LOS TIPOS DE TEJIDOS URBANOS

Una vez definidos los tipos de tejido urbano presentes en el área de estudio, el siguiente paso consiste en nombrarlos a partir de sus cualidades morfológicas predominantes, con el fin de facilitar su interpretación y sistematización dentro del análisis tipomorfológico; esta denominación debe reflejar la estructura formal del tejido, considerando la relación entre los trayectos que lo componen, el patrón de parcelación y la orientación de las edificaciones. Por ejemplo, si un tejido presenta una trama compuesta por trayectos paralelos y perpendiculares, que forman manzanas regulares y una organización ortogonal, puede ser identificado como tejido reticular.

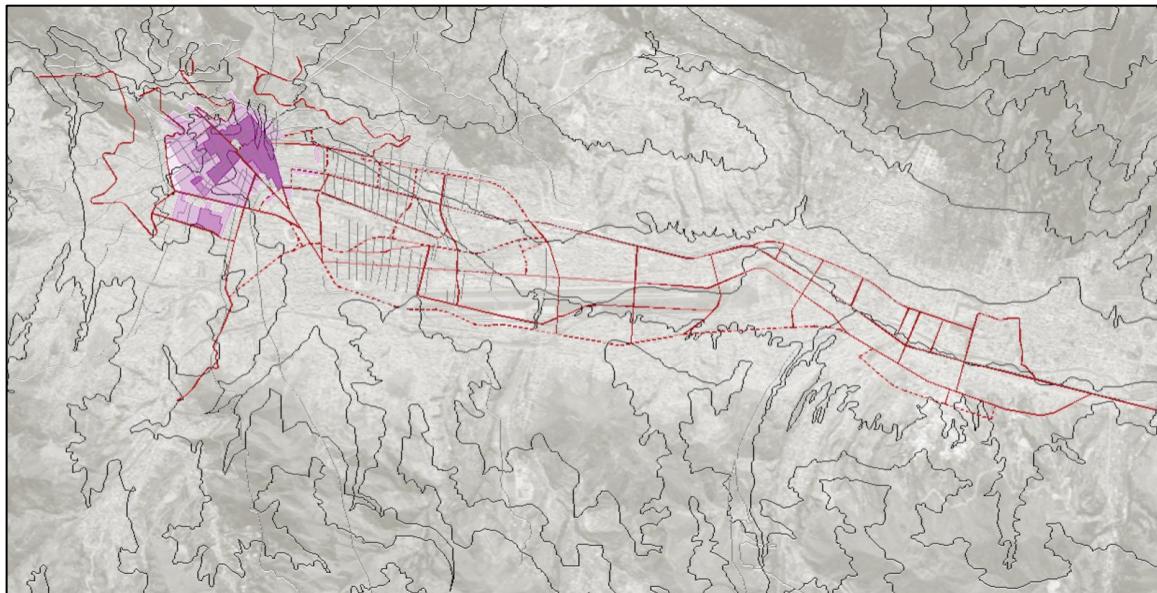
5.1.3 Nivel de aglomeración

En la escala del organismo de asentamiento, el análisis se enfoca en identificar las cualidades extraurbanas que definen su morfología general. El estudio parte del trayecto matriz (vía principal), a partir del cual se reconocen los nodos iniciales que organizan los primeros trayectos de implantación. Se analiza la posición del asentamiento dentro de una lógica centro-periferia, según la jerarquía de actividades, y se determina el grado de duplicación, es decir, la repetición o expansión de patrones urbanos que configuran el crecimiento del organismo.

Por ejemplo, en el caso del Cusco, el análisis del organismo de asentamiento se inicia con la identificación de su trayecto matriz, de trazo longitudinal, que articula el valle principal; a partir de este eje surgen trayectos en horcajadas, conformando los primeros nodos de asentamiento; la ubicación de estos núcleos estuvo fuertemente influenciada por la actividad agrícola y la proximidad al río, lo que permitió distinguir asentamientos centrales o periféricos según su acceso a recursos y funciones productivas. Esta lógica territorial condicionó una duplicación longitudinal del organismo, evidenciando un patrón de crecimiento alineado al valle y al eje vial fundacional.

Figura 14:

Estructura urbana en San Sebastián



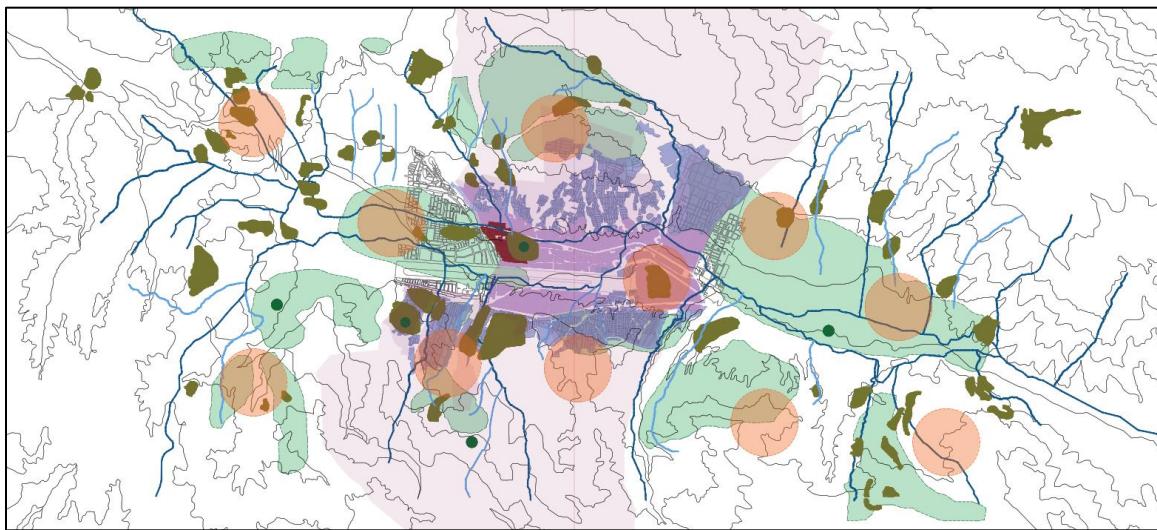
NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

5.1.4 Nivel de organismo territorial

El análisis morfológico del organismo territorial parte del reconocimiento de los trayectos naturales que estructuran el paisaje, como las redes hidrográficas, líneas de relieve y valles, los cuales condicionan los primeros desplazamientos humanos. A partir de ellos se identifican los asentamientos nómades iniciales, generalmente establecidos en función de la búsqueda de agua y alimentos. Con el tiempo, estos desplazamientos dan lugar a trayectos de producción, caminos repetidos hacia zonas de cultivo o recursos. Finalmente, la consolidación de estos flujos da lugar a la formación de núcleos estables, que marcan el paso de un uso territorial disperso a una ocupación más estructurada. Esta lectura permite comprender cómo la forma urbana tiene su origen en patrones territoriales de larga duración, articulando naturaleza y asentamiento humano.

En el caso del Cusco, el territorio se configuró inicialmente a partir de su red hidrográfica, alrededor de la cual se establecieron los primeros asentamientos humanos, motivados por la necesidad de acceso al agua. Desde las pendientes altas descendían trayectos en horcajadas hacia el valle, que con el tiempo se convirtieron en caminos productivos. Finalmente, estos recorridos derivaron en la consolidación de núcleos estables, como el Centro Histórico, ubicado en una zona con menor afluencia directa de agua, pero con una posición estratégica en la red territorial, lo que refleja un proceso de sedimentación morfológica progresiva y adaptativa.

Figura 15:
Estructura urbana en San Sebastián



NOTA: ELABORACIÓN PROPIA

5.2 Interpretación y Discusión

Los resultados alcanzados en este estudio permiten reafirmar la vigencia y aplicabilidad del enfoque tipomorfológico de Caniggia y Maffei como herramienta de análisis urbano en contextos latinoamericanos. A diferencia de estudios centrados exclusivamente en lo proyectual o normativo, esta investigación demuestra que la lectura del espacio urbano desde sus estructuras profundas (como los tipos edificatorios, los trayectos, los tejidos y los asentamientos) permite comprender la ciudad más allá de su imagen contemporánea, como resultado de procesos históricos, culturales y espaciales acumulativos.

Uno de los aportes centrales radica en demostrar que la forma urbana no solo se transforma por intervenciones de gran escala, sino por acciones repetidas y espontáneas, que en el tiempo consolidan tipologías compartidas, adaptadas a las condiciones geográficas y sociales. En ese sentido, el análisis en ciudades intermedias revela la utilidad de las escalas antrópicas para entender patrones de crecimiento no planificados pero estructurados, como la duplicación longitudinal del asentamiento o la configuración de tejidos según la pendiente.

Finalmente, al incorporar la morfotipología como método de lectura, es posible promover intervenciones más coherentes con la estructura urbana heredada, favoreciendo procesos de transformación que reconozcan la historia y la forma de habitar de cada territorio.

6 Conclusiones

6.1 Síntesis de los Hallazgos

Los resultados obtenidos permitieron leer la ciudad como un organismo estructurado en cuatro escalas antrópicas, según el enfoque tipomorfológico de Caniggia y Maffei.

En la escala edificatoria, el análisis de la duplicación sucesiva del módulo base y la configuración de escaleras permitió identificar tipos de edificación que responden a patrones de crecimiento y densificación funcional.

En la escala de aglomeración, los distintos tipos de trayectos (matriz, implantación, unión y reestructuración) permitieron clasificar tejidos urbanos según su morfología y adaptación al relieve, facilitando una lectura sistemática del tejido urbano.

En la escala del organismo de asentamiento, se reconoció cómo los trayectos matriz y nodos dieron origen a patrones de crecimiento diferenciados entre núcleos centrales y periféricos, también reveló estructuras de crecimiento influenciadas por la jerarquía funcional del territorio.

En la escala territorial, el análisis mostró cómo el asentamiento humano se originó siguiendo redes naturales como ríos y caminos de producción; la consolidación de núcleos urbanos respondió a trayectorias históricas más que a planificación formal.

En conjunto, estos resultados refuerzan la hipótesis de que es posible leer y sistematizar la ciudad como un organismo, reconociendo regularidades tipológicas que permiten estructurar un análisis coherente del crecimiento urbano. Este enfoque no solo aporta al estudio académico de la morfología urbana, sino que propone herramientas aplicables a la planificación y al diseño urbano, especialmente en contextos latinoamericanos, donde muchas ciudades han crecido de forma fragmentada y con escasa articulación formal.

6.2 Sugerencias para Futuras Investigaciones

A partir de los resultados y limitaciones de esta investigación, se sugieren diversas líneas que podrían ser desarrolladas en estudios posteriores:

A nivel teórico, este estudio ha aportado una base conceptual y metodológica para aplicar el enfoque tipomorfológico al análisis de la forma urbana en ciudades intermedias latinoamericanas; no obstante, se recomienda ampliar su aplicación en otros contextos urbanos con dinámicas distintas,

especialmente en aquellos caracterizados por procesos acelerados de crecimiento informal, lo que permitiría contrastar y enriquecer los resultados obtenidos.

A nivel metodológico, se sugiere validar y perfeccionar la metodología propuesta, basada en las etapas de definir, identificar, aplicar e interpretar, mediante su implementación en estudios de caso aplicados; su aplicación en investigaciones proyectuales o académicas contribuiría a fortalecer su eficacia como herramienta de lectura urbana.

A nivel práctico y social, se recomienda incorporar las variables de análisis tipomorfológico desarrolladas en este estudio en procesos de planificación urbana real, especialmente en planes de reestructuración o intervención en barrios consolidados; esto permitiría generar propuestas de transformación urbana que respeten la estructura existente y respondan a las lógicas históricas del territorio.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caniggia, G., & Maffei, G. L. (1995). *Tipología de la edificación. Estructura del espacio antrópico* (C. Gavira, Ed.; Edición española, Vol. 1). Celeste Ediciones S.A.
- Chocontá Martínez, M. J. (2017). *Morfología urbana. Acercamiento de la teoría a la práctica. Configuración de las zonas de expansión en el norte de Tunja* [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- Hidalgo Guerrero, A. (2011). Urban Morphology. *Designia*, 1, 126–153.
- Ludeña, W. (2006). Ciudad y patrones de asentamiento. Estructura urbana y tipologización para el caso Lima. *Eure*, 1, 37–59.
- Mamani, Y. (2025). *Estructura Urbana de San Sebastián 1956-2020: la ciudad a partir de tejidos típicos y tipos de edificación* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Panerai, P., Depaule, J., Depaule, C., Demorgón, M., & Veyrenche, M. (1983). *Nuevo Urbanismo: Elementos de Análisis Urbano* (J. Vioque Lozano, Ed.; Edición Española, Vol. 7). Instituto de Estudios de Administración Local, Santa Engracia.
- Panerai, P. R., Castex, J., Depaule, C., & Depaule, J. (1986). *Formas Urbanas: de la Manzana al Bloque* (P. Philippe, S. Castán, & J. Romaguera i Ramió, Eds.; Edición Castellana, Vol. 1). Editorial Gustavo Gili S.A.
- Pereyra, O. (2006). Forma urbana y segregación residencial en lima. *Debates En Sociología*, 1, 69–106.
- Rico de Alonso, A., Alonso, J. C., Rodríguez, A., Díaz, A., & Castillo, S. (2002). *La investigación social: diseños, componentes y experiencias*. (Edición castellana, Vol. 1). Pontificia Universidad Javeriana.
- Rossi, A. (1982). *La Arquitectura de la Ciudad* (J. M. Ferrer Ferrer & S. Tarragó Cid, Eds.; Edición castellana, Vol. 1). Editorial Gustavo Gili.

VALIDACIÓN CIENTÍFICA DE LA INTELIGENCIA INTUITIVA Y SU APLICACIÓN METÓDICA EN EL PROCESO CREATIVO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

M. Sc. Marcél Rubén Iriarte Oporto

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Correspondencia: marcel.iriarte@doc.uto.edu.bo

<https://orcid.org/0009-0004-6105-9900>

RESUMEN

Palabras clave:
Inteligencia intuitiva, proceso creativo, diseño arquitectónico.

Este artículo examina la validación científica del proceso de diseño arquitectónico intuitivo, conocido como el enfoque de la "caja negra", el cual ha sido tradicionalmente desestimado en el ámbito académico debido a su aparente carencia de método científico, en contraste con el enfoque analítico de la "caja de cristal". El objetivo principal es demostrar que el diseño intuitivo, lejos de ser un acto caótico o irracional, constituye un proceso con una metodología estructurada y componentes científicos válidos.

A través de una revisión bibliográfica y el análisis de arquitectos que emplean métodos intuitivos, la investigación revela patrones recurrentes que sustentan una metodología implícita. Estos patrones incluyen el uso de referencias biográficas y sensoriales, la aplicación de procesos neurocognitivos como la "iluminación espontánea" (insight) y una alineación con modelos creativos propuestos por Teresa Amabile y Malcolm Gladwell.

Se concluye que la intuición proyectual es una forma legítima y avanzada de conocimiento, con una estructura observable y enseñable que complementa, sin reemplazar, los métodos racionales. El estudio insta a las universidades a incorporar la enseñanza de la inteligencia intuitiva en sus programas, desarrollando herramientas pedagógicas que permitan a los futuros arquitectos integrar ambos enfoques en una práctica de diseño híbrida y más completa.

SCIENTIFIC VALIDATION OF INTUITIVE INTELLIGENCE AND ITS METHODICAL APPLICATION IN THE CREATIVE PROCESS OF ARCHITECTURAL PROJECTS

Scientific validation of intuitive intelligence and its methodical application in the creative process of architectural projects

ABSTRACT

Keywords :
Intuitive intelligence, creative process, architectural design.

This article examines the scientific validation of the intuitive architectural design process, known as the "black box" approach, which has traditionally been dismissed in academia due to its apparent lack of scientific method, in contrast to the analytical "glass box" approach. The main objective is to demonstrate that intuitive design, far from being a chaotic or irrational act, constitutes a process with a structured methodology and valid scientific components.

Through a literature review and the analysis of architects who employ intuitive methods, the research reveals recurring patterns that support an implicit methodology. These patterns include the use of biographical and sensory references, the application of neurocognitive processes such as "insight," and an alignment with creative models proposed by Teresa Amabile and Malcolm Gladwell.

It concludes that design intuition is a legitimate and advanced form of knowledge, with an observable and teachable structure that complements, but does not replace, rational methods. The study urges universities to incorporate intelligence teaching, intuitive in its programs, developing pedagogical tools that allow future architects to integrate both approaches into a hybrid and more complete design practice.

1. INTRODUCCION.

Uno de los arquitectos abanderados en el estudio de las diferentes metodologías de diseño Jones (1978), plantea dos enfoques de métodos de diseño utilizados en arquitectura: El enfoque de "CAJA NEGRA (black-box)" y el enfoque de "CAJA DE CRISTAL (glass-box)"

El enfoque de la "Caja Negra" es para los que creen que el diseño es un misterio, algo que tiene lugar en el cerebro y que es susceptible de manipulación, pero no de análisis. Este método es utilizado generalmente por arquitectos quienes, en el ejercicio de su vida profesional trabajan de manera independiente, desarrollando los diseños en su mente y materializándolos en el papel o en el computador, una vez los tengan en una etapa muy avanzada de su diseño (Jones 1978).

Por otro lado, el enfoque "CAJA DE CRISTAL" es un método en el cual el diseñador va mostrando paso a paso su proceso de diseño, hasta llegar al resultado final. Es un poco lo que ocurre en las Facultades de Arquitectura, donde el alumno va presentando por medio de "entregas" o las mal llamadas "correcciones" a su profesor o maestro, las distintas etapas de evolución de su proyecto arquitectónico (Jones 1978).

De ambos planteamientos, el que genera resistencia entre los académicos es el enfoque metodológico de la caja negra, porque no es considerado científico, es algo que no es aceptado en los centros educativos de nivel superior; sin embargo, en los últimos tiempos, se han dado casos de varias obras arquitectónicas, reconocidas y premiadas a nivel mundial, cuyos autores confiesan haber creado su trabajo de manera intuitiva.

Según Zumthor (2005), el proyecto de arquitectura es, ante todo, un hecho autónomo vinculado a un proceso creativo, que trasciende toda relación causa-efecto y que nos lleva a entender la acción de proyectar no como una acción mecánica que nos conduce a la resolución de un problema, sino como un proceso especulativo que afecta a la totalidad del objeto creado y pone, ya sea directa o indirectamente en un acuerdo común los distintos aspectos de éste. Pensamiento y creación se hallan íntimamente relacionados en todo proceso de proyecto y, aunque la arquitectura se materializa a través de sistemas constructivos y materiales, sólo es posible concebirla mediante la construcción del pensamiento. Para ello es necesario, por un lado, el conocimiento de pautas, reglas y principios objetivables propios de la disciplina arquitectónica, pero, por otro lado, necesita, al igual que todo acto creativo, desenvolverse en relación dialéctica con otro tipo de material que no es específico de esta disciplina y que forma parte de un mundo personal, fruto de nuestra experiencia en el mundo,

vivencias, percepciones, etc., en el cual el proyecto de arquitectura encuentra en la mayoría de las ocasiones su base o su fuente de toda su riqueza.

Es de este modo que el proyecto de arquitectura adquiere unos valores y significados que están por encima de lo objetivable y lo tangible, alcanzando así una doble dimensión: por una parte, la racional y objetiva ligada a una serie de conocimientos convencionales, reglados y específicos de la disciplina arquitectónica que evoca ese carácter del proyecto más técnico, fácilmente transmisible y estable; por otra parte, la subjetiva y personal, común en todo hecho creativo, relacionada con un mundo íntimo que hace referencia a ese carácter más subjetivo, inestable e imprevisible de éste. Ambos factores adquieren la misma y determinante importancia en el desarrollo del proyecto. Asimismo, constituyen dos aspectos igualmente esenciales para su comprensión. Sin embargo, son los aspectos más objetivos racionales y fácilmente transmisibles los que se convierten, en la mayoría de las veces, en el centro de atención durante el desarrollo del proyecto y en su docencia o en objeto de estudio de trabajos de investigación, olvidando o dejando a un lado esa componente altamente subjetiva que éste posee (Zumthor, 2005).

El presente artículo tiene como objetivo buscar la validación académica de los procesos de diseño arquitectónico intuitivos, comúnmente conocidos como “cajas negras”, demostrando que estos también siguen una metodología estructurada y contienen componentes de carácter científico. Resulta urgente y necesario identificarlos, explorarlos, clasificarlos, aceptarlos e integrarlos como parte fundamental de la enseñanza del proyecto arquitectónico en las universidades.

2. ESTADO DE ARTE.

Es muy difícil encontrar literatura que hable directamente de la parte intuitiva de la creación arquitectónica, la mayoría habla de manera metafórica, comparándola con un mundo paralelo, un lugar o una habitación; a continuación, referenciamos a los documentos más relevantes:

En su libro “The Room” Louis I. Kahn (1971) señala que se sitúa en un punto intermedio, en un lugar a medio camino entre un mundo imaginario y un mundo real. Esta habitación sólo existe en nuestra imaginación. Tiene un origen incommensurable, pero su presencia está subordinada a los condicionamientos materiales, a las leyes de la naturaleza que la hacen desplegarse en el medio físico y posibilitan la incorporación del proyecto de arquitectura al mundo real.

Donald Schön en su obra: *The Reflective Practitioner* (1983), introduce el concepto de reflection-in-action, que describe cómo los profesionales enfrentan situaciones complejas y únicas mediante una forma de conocimiento práctico, no lineal, ni completamente racional, pero altamente estructurada y legitima el valor del saber tácito, es decir, aquel conocimiento que no está formalizado pero que opera eficazmente en la práctica, sin seguir necesariamente una secuencia metodológica rígida. La caja negra del diseño, según Schön, es en realidad un sistema de retroalimentación continua entre el pensamiento y la acción que puede ser anclada en la experiencia reflexiva.

Italo Calvino (1995), en una de sus seis propuestas para el próximo milenio, describe un lugar amueblado por todas nuestras experiencias, vivencias personales, pasiones, obsesiones, inquietudes intelectuales, lecturas, viajes, sueños que, a través de su propio desorden y des jerarquización, conforman todo ese bagaje personal más o menos escondido dispuesto a saltar y formar parte del proyecto. Pues, ¿qué somos?, ¿qué es cada uno de nosotros sino una combinatoria de experiencias, de informaciones, de lecturas, de imaginaciones? Cada vida es una enciclopedia, una biblioteca, un muestrario de estilos todo se puede mezclar continuamente y reordenar de todas las formas posibles.

Muro (1996), menciona a aquel mundo que Alvar Aalto convocaba a la hora de proyectar, un mundo paralelo al que opera en el interior de esta disciplina, aunque “más intuitivo, de evocación y recuperación de recuerdos y sueños, con un instrumental muy próximo al de algunas de las propuestas del surrealismo, capaz de activar imágenes sepultadas de la experiencia”.

Carlos Martí Arís (1996, 1999) rechaza la idea de una creatividad caótica o irracional. Para él, toda obra de arquitectura responde a una estructura profunda que organiza todos sus elementos, incluso si estos surgen de impulsos intuitivos, emocionales, personales. Esta estructura puede ser conceptual, geométrica, tipológica o incluso narrativa, pero siempre responde a un método implícito. Así, incluso los gestos más intuitivos en la etapa del diseño arquitectónico están sustentados por un pensamiento riguroso y consciente.

Una habitación que “no tiene existencia propia mente dicha y, sin embargo, la mayor parte del trabajo se realiza en ella. [...] Una habitación imaginaria, abierta y cambiante en el tiempo, que a la vez debe someterse a las leyes de la naturaleza para desplegarse en el medio físico” (Navarro, 2001).

Juan Herreros en su escrito *Estrategias operativas en arquitectura* (2008), propone que todo proyecto arquitectónico responde a una “estrategia operativa”, entendida como un sistema de decisiones, métodos y actitudes que guían el diseño del proceso creativo, más allá de las recetas formales o estilos. Esto implica que incluso el diseño “intuitivo” responde a una metodología tácita. En

este sentido, el concepto de estrategia operativa funciona como puente entre intuición y el método, ya que formaliza lo informal mediante dinámicas subjetivas del diseño.

Nigel Cross (2011), menciona que el diseño constituye una forma de conocimiento en sí misma, diferente del conocimiento científico o artístico, caracterizado por su enfoque abductivo, iterativo y orientado a la búsqueda de soluciones. Estas reflexiones ofrecen una argumentación epistemológica necesaria para validar el diseño intuitivo como una forma de conocimiento proyectual, con lógica y estructura propia.

Según Dorado (2016), toda acción de proyectar comienza con la construcción de una “habitación imaginaria”, un mundo imaginario que es preciso hacer habitable mientras proyectamos, donde el proyecto de arquitectura encuentra su origen y desde el que es posible abordar su desarrollo de una forma creativa. Configura esta estancia imaginaria ese verdadero lugar del proyecto hacia el que nos desviamos mientras proyectamos.

2.1. La inteligencia intuitiva.

Sin lugar a dudas, siempre conviene disponer de todos los conocimientos previos al momento de tomar una decisión; sin embargo, para un individuo no es posible acceder en forma consciente a la totalidad de la información que tiene almacenada, aunque contamos con lo que Malcolm Gladwell denomina inconsciente adaptativo, como: “Una especie de ordenador gigantesco que procesa rápido y silenciosamente, muchos de los datos que necesitamos para continuar actuando como seres humanos”. Pero hay algo muy importante: este conocimiento está disponible y aunque se accede de manera inconsciente, es posible habilitar rutas o estados que permitan llegar a él (Gladwell, 2006, p. 22).

Las decisiones tomadas a primer juicio pueden ser tan buenas como las conscientes y las deliberadas; pero se siente como una obligación ver los pros y los contras de una decisión antes de tomarla. Se duda de la efectividad de la intuición, por la misma necesidad de comparar y discutir; solo se confía en decisiones conscientes y sucede que muchas veces la cantidad de información que se tiene al momento de deliberar impide la asertividad de la decisión. Precisamente por eso se ignora la inteligencia intuitiva.

Es en estas situaciones en las cuales la formación y la experiencia permiten adquirir la capacidad de extraer la información significativa, cualidad que necesitamos para saber la verdad en dos segundos como lo promociona Gladwell en la carátula de su libro. En realidad, parece que no se tiene mucho dominio sobre lo que aflora a la superficie de la conciencia, puesto que los modos de pensar conscientes e inconscientes cambian, en función de la situación y de los prejuicios adquiridos durante la formación y las experiencias vividas.

Al referirse a la inteligencia intuitiva, Ramón Marqués (2006, pp. 19-38) introduce dos aspectos de especial relevancia en la toma de decisiones: a) la dimensión de los valores, b) la dimensión de los arquetipos, los cuales motivan la conducta desde el inconsciente. Así desde esta perspectiva, plantea lo que denomina las coordenadas del pensamiento, elementos que nos ayudan a entender el por qué se piensa como se piensa.

Por otra parte, la autora Vanessa Mielczareck, en su libro Inteligencia intuitiva (2010), propone técnicas básicas para canalizar el proceso intuitivo, que requieren constancia y entrenamiento cotidiano; entre ellas se destacan las siguientes: aprender a respirar, centrarse y alinearse a partir de la visualización, y controlar la energía personal. Estos aspectos también se trabajan en el curso de “Exploración Creativa”, que es la aplicación práctica de los “elementos de la inteligencia intuitiva”.

En síntesis, se puede concluir que la inteligencia intuitiva es un proceso que permite la conexión de las percepciones físicas, mentales y emocionales hacia niveles más sutiles de la conciencia, tanto en una dirección como en la otra. Esto, si se realizan lecturas y conexiones, tanto del entorno como del mismo individuo, para llegar a las respuestas o los productos que se desean encontrar o construir. Además, es fundamental tener en cuenta que todos los seres humanos son diferentes y, por lo tanto, las aptitudes, las habilidades, los gustos, las tendencias y las percepciones también lo son. Por ello forma parte de la inteligencia intuitiva que cada uno sea consciente de su propio ser para que, partiendo de los recursos con que cuenta, busque y encuentre el método o “estrategia” más apropiado que lo lleve a consolidar sus propios objetivos

2.2. El proceso creativo y la creatividad

Realizamos el acercamiento a la creatividad más como un adjetivo que como un sustantivo, y por ello preferimos usar el término educar en creatividad. Utilizaremos la clasificación de aportes al concepto de creatividad manejado por Teresa Huidobro (2002) en su tesis de doctorado, porque cubre los aspectos fundamentales, según se refieran a: Persona creativa, Producto creativo, Proceso creativo y Ambiente creativo.

Entendemos como potencial creativo, la capacidad individual y única que posee cada persona, para que a partir de sí mismo, o sea, de sus propias experiencias y conocimientos, aptitudes y habilidades, intereses y emociones, recursos y contextos..., encuentre caminos para la generación de ideas y la solución a problemas o situaciones de su vida personal o profesional.

Una buena manera para comprender el concepto proceso creativo es entender sus etapas: preparación, incubación, iluminación y aplicación. Cada una de estas etapas se encuentran descritas en el apartado “Meditación y creatividad”.

Encontrar una definición de la creatividad que englobe todos sus aspectos es una labor casi imposible. Por lo tanto, preferimos mencionar el modelo propuesto por Teresa Amabile (2000), en el que tenemos una concepción funcional del concepto de creatividad que se quiere trabajar. Para Amabile, la creatividad se da a partir de la interacción de tres aspectos fundamentales, los cuales se representan claramente en la Figura 1.

Figura 1:

Componentes de la creatividad



NOTA: COMPONENTES DE LA CREATIVIDAD, (AMABILE ,2000)

A continuación, describimos cada uno de los aspectos de los componentes de la creatividad.

Pericia: es el conocimiento técnico, las destrezas y talentos en una disciplina. Confirma el paradigma de las 20.000 horas o 10 años de trabajo continuo en un área, como camino para poder llegar a ser experto. Es importante anotar que Howard Gardner también corroboró este principio propuesto por Hayes en 1981.

Capacidad de pensamiento creativo: es el adecuado estilo cognitivo y la experiencia para afrontar y solucionar problemas.

Motivación: es la actitud y esa pasión interna para abordar una situación o problema. Con este modelo propuesto se puede concluir fácilmente, que se presenta una interacción entre la persona, el producto, el proceso y el ambiente creativos, presentándose una infinidad de posibilidades que dependen directamente de cada individuo.

2.3. El proceso creativo intuitivo en arquitectura.

El proceso creativo del proyecto es un proceso complejo, de continuas idas y venidas. En él tiene lugar la síntesis creativa de todos aquellos factores que entran a formar parte del mismo,

definiendo un todo unitario, global y coherente que conduce a la materialización de toda idea de proyecto, asumiendo la complejidad del hecho arquitectónico (Dorado, 2016).

Este proceso no es un proceso lineal y progresivo que partiendo de una idea de proyecto conduzca, por sí sólo y de un modo lógico y directo a su materialización. El proceso de proyecto está compuesto, en realidad, por una serie de fases sucesivas en la que el paso de cada una a la siguiente se apoya en un juicio estético subjetivo realizado sobre la primera, de modo que el itinerario depende de la estrategia a que los sucesivos juicios dan lugar.

La estructura de la actividad que describe el programa establece un marco de posibilidades formales que se sobrepone a las que el lugar sugiere y permite: el juicio del autor actúa sobre estos dos ámbitos de formalidad posible, proponiendo una estructura. Tal propuesta se somete a la verificación tanto del programa como de las condiciones del lugar, de esa confrontación surgen modificaciones de la propuesta que pueden afectar tanto al modo de estructurar la actividad como a la incidencia del edificio en el sitio. De estos cambios puede desprenderse una modificación de la propuesta que sugiere un modo diferente de plantear la actividad, lo que, a su vez, sugiere un cambio en el dominio de la síntesis formal. Y así sucesivamente, hasta que satisface las variables en juego (Piñón, 2006).

A través de la historia, la arquitectura, la pintura y la escultura se han denominado bellas artes. Esto quiere decir que se ocupan de lo bello, y producen emociones visuales, como la música genera emociones auditivas al oído. No obstante, la arquitectura va más allá de las emociones visuales, y debido a que es un arte funcional, no solo debe explicarse sino experimentarse (Rasmussen, 2004).

Antes de conocer siquiera la palabra arquitectura, todos ya la hemos vivido. Las raíces de nuestra comprensión de la arquitectura residen en nuestras primeras experiencias arquitectónicas, nuestra habitación, nuestra casa, nuestra calle, nuestra aldea, nuestra ciudad y nuestro paisaje son cosas que hemos experimentado y después comparando con los paisajes, las ciudades y las cosas que se fueron añadiendo a nuestra experiencia. Las raíces de nuestro entendimiento de la arquitectura están en nuestra infancia, en nuestra juventud: residen en nuestra biografía (Zumthor, 2009).

La arquitectura se hace sensible a estos aspectos personales y los recoge. Encontramos en muchos de nuestros proyectos la obstinación en algunos temas que se repiten de una forma casi obsesiva y que los dota de una coherencia autobiográfica (Dorado, 2016).

Aunque el proyecto de arquitectura se reconoce en unos medios de representación y se construye mediante unos sistemas y materiales, sólo se concibe desde una estrategia del pensamiento [...]. La materia del libro no son otros libros, ni la del proyecto de arquitectura otros proyectos, aunque sea cierto que la estancia donde se produce el pensamiento argumental está amueblada por libros e

imágenes. Por tanto, la arquitectura (también la literatura, la música, la pintura, la ciencia...) no se construye mediante materias referentes, sino con el pensamiento que se desenvuelve frente a un marco de referencias, a veces en oposición a éstas y, siempre, en una relación dialéctica. [...]. Sólo es posible emplear como referente la experiencia personal, casi biográfica, el conocimiento de tiempos y lugares concretos (en arquitectura esta experiencia es fundamentalmente visual), unido al conocimiento de pautas generales. Entrar en el juego de referentes ocultos y, a estas vivencias directas, añadir las visiones producidas en el sueño como fuente suplementaria de nuestra experiencia del mundo (Trillo, 2001, p. 56).

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación, se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva de fuentes relevantes en teoría del diseño, epistemología de la arquitectura, procesos cognitivos creativos y metodologías proyectuales, cuyo proceso creativo ha sido reconocido como intuitivo (caja negra) por sus propios autores; procurando indagar con la investigación en las particularidades de su procedimiento creativo, que puedan catalogarlo y validarla como científico.

Por las características de los casos de estudio, se realizará una investigación de tipo descriptiva, con el objetivo de establecer una imagen lo más esclarecedora y completa posible de los modelos de estudio, midiendo las características y observando la configuración y los procesos que los componen.

En el desarrollo de la investigación, se aplicará tres métodos: el analítico, porque será necesario conocer la naturaleza de los casos de estudio para comprender su esencia, explicar, hacer analogías comprender mejor su comportamiento, establecer teorías; el método inductivo, que permitirá realizar una serie de observaciones particulares de los casos de estudio, para facilitar la producción de leyes y conclusiones generales; y por último se aplicará también el método comparativo a través del cual se buscará establecer similitudes y diferencias, con la finalidad de conseguir datos que conduzcan al mejoramiento de los conocimientos sobre los casos estudiados.

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Reflexionar acerca del proceso creativo del proyecto de arquitectura en el desarrollo de este artículo nos ha permitido desvelar con mayor claridad la complejidad que éste encierra y nos ha llevado a reflexionar sobre éste como un proceso creativo, especulativo y de construcción de pensamiento

propio. Esta tarea nos ha permitido, además, evidenciar la gran componente subjetiva y personal que el proyecto de arquitectura posee, de la que no sólo no nos es posible desligarnos a la hora de proyectar, sino que, además, interviene en el propio proceso de proyecto definiendo en gran medida el desarrollo del objeto arquitectónico.

En los casos de estudio los arquitectos han declarado haber seguido un proceso altamente intuitivo, basado en su experiencia, sensibilidad, y exploraciones subjetivas no necesariamente explícitas ni documentadas al momento de proyectar. Este estudio reveló patrones comunes que sustentan la existencia de un proceso metodológico dentro del enfoque intuitivo (caja negra). Los hallazgos principales se resumen en los siguientes puntos:

Presencia de una estructura metodológica implícita: A pesar de no seguir un proceso lineal ni formalmente definido, los arquitectos repiten patrones como: inmersión contextual, esquematización mental previa al diseño, visualización anticipada de espacios a proyectar, iteración a través de modelos físicos o digitales no sistematizados formalmente.

Uso recurrente de referencias biográficas y sensoriales: Todos los casos revelan un fuerte vínculo con experiencias personales, memorias sensoriales y referencias subjetivas que terminan organizando el pensamiento proyectual. Aplicación de procesos neurocognitivos: Se identifican mecanismos como la iluminación espontánea (insight), y el uso de analogías, los cuales son ampliamente reconocidos en estudios científicos sobre el pensamiento creativo.

Presencia de elementos estructurantes: Todos los autores reconocen un momento de “germinación” del proyecto, que surge a través de las vivencias personales y reflexiones no lineales. Similitudes con modelos creativos reconocidos: El proceso creativo intuitivo observado en este estudio se alinea con modelos teóricos como el de Teresa Amabile y el inconsciente adaptativo propuesto por Gladwell. Aporte innovador y coherente en las soluciones arquitectónicas: El resultado de estos procesos intuitivos no solo es funcional y contextual, sino también en algunos casos aporta un valor simbólico, emocional y cultural que excede lo puramente técnico.

Dificultad para ser replicado, pero si es posible de ser enseñado: Aunque el proceso es altamente personal e íntimo, pueden identificarse patrones transferibles como: el cultivo de la percepción espacial, la introspección guiada, el desarrollo de un archivo interno de imágenes mentales, y el entrenamiento en toma de decisiones no lineales.

La configuración de esa habitación imaginaria: puede entenderse que cada arquitecto describe un espacio interno, visual o emocional en el que emerge el diseño. Esto valida la hipótesis de un entorno mental como catalizador del proceso creativo.

Uso de herramientas no convencionales: Los proyectos analizados demuestran el uso recurrente de técnicas como la meditación, el collage, el modelado táctil, o la escritura libre, como parte de este proceso metodológico.

En la Tabla 1 podemos observar una lista de autores que permiten construir una teoría que desarma el mito de la “caja negra” como un espacio caótico o meramente subjetivo. En cambio, muestran que lo intuitivo en arquitectura puede analizarse, sistematizarse y validarse como un proceso metodológicamente consistente, aunque opere bajo lógicas no lineales o no formalizadas dentro del mundo académico.

Tabla 1:

Análisis del concepto clave vinculado al tema

Autor	Concepto clave	Relación con el tema
Donald Schön	Reflection-in-action (Reflexión en la acción)	El diseñador piensa haciendo, valida la intuición como una forma reflexiva estructurada.
Nigel Cross	Designerly ways of knowing (Formas de conocimiento propias del diseño)	El diseño es una forma de conocimiento distinto, pero no inferior al conocimiento científico.
Juan Herreros	Estrategia operativa	Los procesos intuitivos siguen lógicas personales y repetibles que son estrategias tácitas.
Carlos Martí Arís	Estructura profunda del proyecto	La intuición arquitectónica posee un orden interno, incluso si no es evidente.
Teresa Amabile	Componential Theory of Creativity (Teoría Componencial de la Creatividad)	La creatividad requiere motivación, conocimientos y procesos cognitivos, haciendo lo intuitivo también en algo estructural.
Vanessa Mielczareck	Inteligencia intuitiva	La intuición es una forma de procesamiento sofisticado, no mágico: se basa en experiencia del inconsciente.
Malcolm Gladwell	Blink: Thinking without thinking (Parpadeo: el poder de pensar sin pensar)	Las decisiones rápidas pueden ser acertadas si provienen de expertos, la intuición es como una experiencia comprimida.
Italo Calvino	Lezioni americane (Lecciones americanas)	La ligereza, rapidez y multiplicidad son valores poéticos, pero también estructuras de pensamiento creativo.
Ramón Marqués	Pensamiento proyectual	El diseño como forma de pensamiento anticipatorio con una estructura lógica no lineal, el proyecto como ciencia.

NOTA: ELABORACIÓN FUENTE PROPIA

5. CONCLUSIONES

A pesar de la falta de registros formales por los arquitectos, se ha observado que aplican juicios constantes de adecuación formal, funcional y emocional, lo cual constituye una lógica metodológica interna. La mayoría de los arquitectos admite conscientemente haber seguido una ruta más emocional que racional, pero con una plena conciencia metodológica. A continuación, se mencionan las conclusiones más relevantes de esta investigación:

La intuición proyectual basado en el enfoque Caja Negra es un modo legítimo de conocimiento, el diseño arquitectónico basado en la inteligencia intuitiva no es solo un acto irracional e improvisado. Por el contrario, se configura como una forma avanzada del pensamiento, estructurado a través de la experiencia, la sensibilidad y la integración compleja de variables no lineales. Contiene una metodología implícita sustentada por patrones recurrentes, estructuras cognitivas, herramientas específicas, que pueden ser reconocidas y validadas al ámbito científico.

Las facultades de arquitectura deben integrar esta dimensión en la enseñanza ya que al limitar la enseñanza del proyecto arquitectónico únicamente al enfoque analítico y lineal deja fuera una gran parte fundamental del proceso creativo. Es imperativo que las universidades reconozcan la validez científica del enfoque intuitivo y desarrollen herramientas pedagógicas para su abordaje, para así ampliar su visión metodológica al incorporar estos procesos dentro de sus programas de formación, no como alternativos sino como complementarios al pensamiento analítico tradicional.

Es fundamental establecer protocolos de validación, documentación y enseñanza que permitan a estudiantes y profesionales aprender a reconocer, activar y aprovechar sus habilidades intuitivas como parte esencial de su perfil creativo. Además, es necesario construir un nuevo lenguaje académico para lo subjetivo para poder estudiar, validar y transmitir este enfoque intuitivo, la arquitectura contemporánea debe generar una nueva terminología, categorías y marcos conceptuales que permitan abordar lo subjetivo desde una perspectiva académica rigurosa.

La validación científica de los procesos intuitivos no pretende sustituir los métodos racionales tradicionales, sino complementarlos. El arquitecto contemporáneo debe ser capaz de integrar ambos mundos el racional y el intuitivo con inteligencia proyectual en el proceso de diseño híbrido.

Finalmente, estos resultados permiten afirmar que, si bien están invisibilizados por el formato académico tradicional, los procesos intuitivos poseen una estructura replicable, observable y enseñable, cumpliendo con características de la ciencia ya que validar los procesos intuitivos no significa abandonarse a la improvisación, sino reconocer la existencia de un orden interno no explícito, que

puede enriquecer la práctica arquitectónica y ampliar los horizontes epistemológicos de esta disciplina arquitectónica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Augello, A., Infantino, I., Pilato, G., Rizzo, R., & Vella, F. (2013). Introducing a creative process on a cognitive architecture. *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, 6, 131–139.
- Bergera, I. (2018). Designing from cinema: Film as trigger of the creative process in architecture. *JOTSE: Journal of Technology and Science Education*, 8(3), 169–178.
- Côté, P., Léglise, M., & Estévez, D. (2005). Virtual architecture as representation for creative design process: Through a collaborative e-design studio. In *Proceedings of eCAADe 2005 – 23rd Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe* (pp. 37–46). Lisbon, Portugal: eCAADe
- Cross, N. (2006). *Designerly ways of knowing*. London, UK: Springer.
- Cross, N. (2011). *Design thinking: Understanding how designers think and work*. New York.
- Dorado, M. I. A. (2016). Arquitectura y creatividad: Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto arquitectónico. *Arquitectura Revista*, 12(2), 125–139.
- Folch, T. M., Pereira, R. C., & Icart, I. B. (2019). Exploring the creative process in architecture students and professionals. *Thinking Skills and Creativity*, 34, Article 100608. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100608>
- Gladwell, M. (2013). *Inteligencia intuitiva: ¿Por qué sabemos la verdad en dos segundos?* Barcelona, España: Taurus.
- Herreros, J. (2008). *Estrategias operativas en arquitectura*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Jones, C. (1978). *Métodos de diseño*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Kılıçaslan, H., & Asaşoğlu, A. O. (2010). A research process with creative drama in interior architecture studies. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 9, 1462–1466. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.348>
- Martí Arís, C. (1996). *La cáscara y el hueso*. Barcelona, España: Ediciones del Serbal.
- Piñón, H. (2006). *Teoría del proyecto* (1.^a ed.). Barcelona, España: Edicions UPC. ISBN 84-8301-847-0
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York, NY: Basic Books.
- Surwade, R., Khas, K. S., Raghani, S., & Kamal, M. A. (2023). Model making as a creative skill and tool for teaching–learning process in architecture and product design. *Architecture*, 11(6), 3278–3284. <https://doi.org/10.3390/architecture11060328>
- Taneri, B., & Doğan, F. (2021). How to learn to be creative in design: Architecture students' perceptions of design, design process, design learning, and their transformations throughout their education. *Thinking Skills and Creativity*, 39, Article 100781. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100781>
- Tejada, J. E., Paredes, K. R., & Ochoa, L. L. (2017). Integración a los procesos de enseñanza-aprendizaje de proyectos creativos para la asignatura de Arquitectura del Computador. En *Global Partnerships for Development and Engineering Education: Proceedings of the 15th*
- Trillo, J. L. (2001). *Argumentos sobre la contigüidad en la arquitectura* (149 p.). Sevilla,
- Widiarso, T., & Hanan, H. (2018, diciembre). Architect's vision, creative process and architecture for empowerment: Learning from creative process of Indonesian architects. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 213(1), 012032.
- Zumthor, P. (2009). *Pensar la arquitectura* (97 p.). Barcelona, España: Gustavo Gili.

SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DE ORURO MEDIANTE INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN ENERGÉTICA PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

M. Sc. Arq. Daniel Tola Flores

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia
Correspondencia: dtola888@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-6778-1057>

RESUMEN

Palabras clave:
Residuos sólidos urbanos,
Gestión ambiental,
Incineración,
Energía limpia.

La ciudad de Oruro enfrenta un problema creciente en la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), con una generación que supera la capacidad de absorción de sus infraestructuras actuales, particularmente el saturado relleno sanitario del sector de Huajara. Esta situación provoca impactos negativos significativos en la salud pública y el medio ambiente, acentuados por la carencia de una educación ambiental efectiva en la población. El presente estudio propone la implementación de un sistema integral de gestión y tratamiento de RSU basado en la incineración con recuperación energética, orientado a la generación de electricidad y vapor para consumo local. Se utilizó un enfoque experimental con análisis de datos oficiales municipales y simulación energética. Los resultados indican que la incineración puede reducir el volumen de residuos en hasta un 90 %, producir 36 MW y mejorar la calidad ambiental urbana. Se discuten las ventajas técnicas, ambientales y sociales de esta alternativa, junto a las limitaciones y retos para su implementación en el contexto local. La propuesta representa un avance tecnológico significativo para la industrialización sostenible del municipio y contribuye a la protección ambiental y mejora de la calidad de vida.

***Comprehensive Management and Treatment System of Urban Solid Waste in
the Municipality of Oruro through Incineration with Energy Recovery for
Environmental Sustainability***

ABSTRACT

Keywords :
Urban solid waste,
Environmental
management,
Incineration,
Clean energy

The city of Oruro faces a growing problem in the management of urban solid waste (USW), with generation rates exceeding the absorption capacity of its current infrastructure, particularly the saturated Huajara sanitary landfill. This situation causes significant negative impacts on public health and the environment, exacerbated by the lack of effective environmental education among the population. This study proposes the implementation of a comprehensive management and treatment system for USW based on incineration with energy recovery, aimed at generating electricity and steam for local consumption. An experimental approach was used, including analysis of official municipal data and energy simulation. The results indicate that incineration can reduce waste volume by up to 90%, produce 36 MWe, and improve urban environmental quality. The technical, environmental, and social advantages of this alternative are discussed, along with the limitations and challenges for its implementation in the local context. The proposal represents a significant technological advance for the sustainable industrialization of the municipality and contributes to environmental protection and improved quality of life.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) se ha convertido en uno de los principales retos ambientales y sociales para las ciudades en crecimiento, especialmente en países en desarrollo como Bolivia. La ciudad de Oruro enfrenta una problemática severa debido al incremento constante en la generación de residuos que ha saturado su infraestructura existente, principalmente el relleno sanitario de Huajara, que funciona como vertedero a cielo abierto y genera problemas de contaminación del aire, suelo y agua, además de riesgos para la salud pública.

El desaprovechamiento de residuos reciclables y la falta de una cultura ambiental sólida en la población exacerbaban la situación, limitando la eficiencia de la gestión actual. En Bolivia, el reciclaje alcanza solo el 5 % de la generación total de residuos, en comparación con países desarrollados que reciclan hasta el 90 %.

En este contexto, la implementación de tecnologías innovadoras y sostenibles, como la incineración con recuperación energética, surge como una alternativa viable que no solo reduce el volumen y la toxicidad de los residuos, sino que también genera energía limpia para consumo local, contribuyendo a la industrialización y sostenibilidad del municipio de Oruro.

Este estudio presenta un análisis integral de la situación actual, fundamentado en datos oficiales y una revisión tecnológica, para proponer una solución técnica y socialmente viable que impulse el desarrollo sostenible de Oruro y promueva la protección del medio ambiente y la salud ciudadana.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo General

Proponer la implementación de un sistema integral de gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos en el municipio de Oruro basado en la tecnología de incineración con recuperación energética, para minimizar los impactos negativos ambientales y sanitarios, y generar energía limpia que contribuya al desarrollo sostenible local.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la generación y gestión de residuos sólidos urbanos en Oruro.
- Describir las tecnologías de incineración y recuperación energética aplicables al tratamiento de RSU.
- Evaluar las ventajas y limitaciones técnicas, ambientales y económicas de la propuesta tecnológica.
- Elaborar una propuesta de tratamiento que integre la gestión medioambiental de residuos en el municipio de Oruro.

3. METODOLOGÍA

Se aplicó un enfoque descriptivo y analítico basado en la revisión documental y análisis técnico.

La metodología consistió en las siguientes etapas:

Recolección de información secundaria, se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos sobre la generación, composición y gestión de residuos sólidos urbanos en Oruro. Las fuentes incluyeron informes técnicos de la Empresa Municipal de Aseo Oruro (EMAO), publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, y literatura académica relevante.

Análisis técnico comparativo, se evaluaron diferentes tecnologías de tratamiento de residuos sólidos, con especial énfasis en la incineración con recuperación energética. Se analizaron experiencias implementadas en otros contextos nacionales e internacionales, comparando factores como eficiencia energética, viabilidad operativa, impacto ambiental y costos.

Estudio normativo y contextual, se revisó el marco legal y normativo vigente en Bolivia y en el ámbito internacional para validar la factibilidad de implementar un sistema de incineración con recuperación energética en Oruro, considerando las exigencias ambientales, sanitarias y sociales.

Formulación de propuesta técnica, con base en el análisis anterior, se elaboró una propuesta estructurada que incluye el diseño del sistema de tratamiento, su justificación técnica y los beneficios esperados en términos de sostenibilidad, salud pública y generación de energía limpia.

4. MARCO TEÓRICO

La gestión de residuos sólidos se ha convertido en una prioridad para los gobiernos y sociedades que buscan un desarrollo sostenible, considerando no solo los impactos ambientales, sino también los efectos sociales y económicos que genera una inadecuada disposición de desechos (Leibson et al., 2009).

- Conceptualización de residuos sólidos

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son materiales descartados por la población en zonas urbanas como resultado de actividades cotidianas. Su clasificación puede ser física (orgánicos, inorgánicos, peligrosos), funcional (domésticos, comerciales, institucionales), o por estado (sólido, líquido, gaseoso) (Leibson et al., 2009).

La basura, según la Ley N.º 1333, se refiere a aquellos materiales sin valor aparente para el usuario y que son desechados tras su uso, aunque puedan tener potencial de reciclaje o tratamiento (Gobierno de Bolivia, 1992).

Se denomina generador de residuos a toda persona natural o jurídica que, en el ejercicio de sus actividades, produce desechos sólidos, siendo este un concepto clave para establecer políticas de responsabilidad compartida (Leibson et al., 2009).

- Tratamiento de residuos

Las principales formas de tratamiento de residuos sólidos son:

Relleno sanitario, que consiste en el entierro técnico de residuos con controles ambientales.

Incineración, que permite la recuperación de energía, pero requiere estrictos sistemas de filtración.

Reciclaje, proceso que recupera materiales reutilizables como vidrio, cartón, plásticos y metales.

Reutilización, que prolonga la vida útil de productos sin necesidad de procesos industriales complejos (Romero, 2007).

- Generación de residuos en Bolivia

Bolivia genera más de 4.700 toneladas de basura por día, de las cuales un 84 % proviene de zonas urbanas (La Prensa, 2012). El departamento de Oruro produce cerca del 4 % de los residuos

nacionales, con una generación diaria promedio de 141 toneladas, cifra que se incrementa hasta más de 470 toneladas en épocas de carnaval por la cantidad de personas visitantes al municipio.

- **Contexto legal de la gestión de residuos**

La Constitución Política del Estado Plurinacional asigna a los gobiernos municipales la competencia exclusiva para el manejo y tratamiento de residuos sólidos en su art. 302. La Ley de Medio Ambiente N.º 1333 y sus reglamentos complementarios establecen el marco normativo para la gestión de residuos, promoviendo su reducción, aprovechamiento y disposición final adecuada.

Por otro lado, la Ley N.º 71 de Derechos de la Madre Tierra establece el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, lo cual obliga al Estado y a la sociedad a gestionar adecuadamente los residuos para evitar impactos negativos (Gobierno de Bolivia, 2010).

- **Situación actual en Oruro**

La generación de residuos sólidos en la ciudad de Oruro ha superado la capacidad de las infraestructuras existentes para su manejo adecuado, lo que ha provocado impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente. Este contexto demanda una evaluación detallada para diseñar estrategias eficaces de gestión y tratamiento de residuos. En este apartado se analizará:

La generación de residuos en Oruro, base fundamental para cualquier propuesta de gestión o tratamiento efectivo.

El sistema actual de tratamiento de residuos, incluyendo las infraestructuras disponibles y el rol de la Empresa Municipal de Aseo de Oruro (EMAO) como entidad encargada del servicio público de recolección y manejo.

Gestión de residuos en Oruro

El manejo de residuos en Oruro enfrenta importantes desafíos debido al aumento constante en la cantidad generada, especialmente de residuos sólidos urbanos (RSU). La infraestructura y los servicios actuales, a cargo de Empresa Municipal de Aseo Oruro (EMAO), muestran limitaciones para absorber esta demanda creciente, afectando la calidad ambiental y la salud de la población.

Es fundamental comprender la composición y características de los residuos generados para optimizar la gestión y minimizar los impactos negativos.

Generación de Residuos, La información sobre la generación de residuos en Oruro proviene de un muestreo aleatorio realizado por la EMAO, con un nivel de confianza del 95 %, representativo de las diferentes zonas urbanas de la ciudad.

La muestra incluyó variables como la cantidad diaria de residuos recolectados, la población estimada por distritos, y la densidad aparente de los residuos, que corresponde al volumen ocupado por unidad de peso, dato útil para planificación logística y diseño de infraestructuras.

Tabla 1:

Generación de residuos en Oruro según muestra de EMAO.

Zona	Promedio recolectados diarios (kg)	RS	Población estimada (2012)	Densidad aparente (kg/m ³)	RS	Producción per cápita (kg/hab/día)	Producción total RS (kg/día)
1	965		58.685	100,45		0,533	31.279,11
2	740		63.984	78,32		0,449	28.728,82
3	771		64.125	82,74		0,449	28.792,13
4	610		65.420	64,89		0,410	26.822,20
5	694		64.170	75,46		0,400	25.668
Total	3.780		316.384	401,86		0,448	141.290,25

FUENTE: DATOS EXTRAÍDO DE EMAO, 2015

La producción promedio de residuos sólidos urbanos en Oruro es de 0,448 kg por habitante por día, cifra que se asemeja a la de otros países en desarrollo en América del Sur, como Birmania (0,44 kg/hab/día) y Paraguay (0,60 kg/hab/día) (Banco Mundial, 2018). En contraste, los países desarrollados generan tasas significativamente mayores, por ejemplo, Estados Unidos esta con 2,30 kg/hab/día y España con 2,13 kg/hab/día.

Cabe señalar que existe una variación importante entre las zonas de la ciudad; la Zona 1 presenta una producción per cápita superior (0,533 kg/hab/día) en comparación con la Zona 5 (0,400 kg/hab/día), lo que indica diferencias en los patrones de consumo y generación de residuos.

Figura 1:

Zona N° 1 centro de la Ciudad de Oruro producción media de 0,533 kg/hab/día.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Composición física de residuos sólidos

En la Tabla 2 podemos observar la composición física de los residuos sólidos en Oruro fue analizada mediante una muestra representativa de la EMAO. Conocer esta composición es clave para implementar sistemas de reciclaje y compostaje.

Tabla 2:

Composición física de los RS generados en Oruro

Material	Peso (Tn)	%
Materia orgánica	70,65	50
Residuos de jardín	5,65	4
Papel y cartón	7,06	5
Plásticos	28,12	20
Vidrios	2,12	1,5
Metales	6,36	5
Residuos especiales	13,42	9
Otros	7,07	5
Total	141,3	100

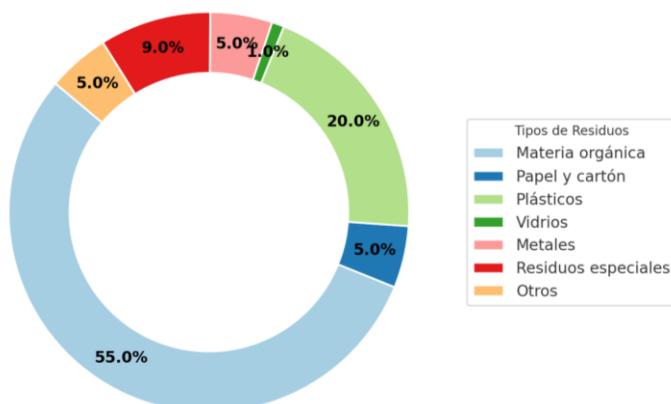
FUENTE: DATOS EXTRAÍDO DE EMAO, 2015

Para la elaboración de esta composición la tierra y residuos de jardín se clasificaron dentro de materia orgánica; residuos sanitarios, especiales y peligrosos como residuos especiales; textiles y otros en la categoría “Otros”.

Los resultados indican que la materia orgánica representa la mayor proporción (55 %), seguida de los plásticos (20 %) y los residuos especiales (9 %), estos últimos por su potencial impacto ambiental y sanitario. En la Figura 2 podemos observar los diferentes porcentajes de los residuos sólidos.

Figura 2:

Composición física de la generación de RS en Oruro



NOTA. ELABORADO POR LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EMAO

- Relleno Sanitario de Huajara

El Relleno Sanitario de Huajara, ubicado a 7 km en la carretera a Cochabamba, al noreste de Oruro (zona Nº 4), este lugar es de disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la ciudad.

Aunque fue diseñado para ser un espacio seguro con controles ambientales que minimizaran impactos en la salud y el entorno, actualmente está casi al límite de su capacidad, con un 98 % de saturación, almacenando alrededor de 294.000 toneladas de residuos sólidos (ver Tabla 3). Esta saturación ha generado conflictos sociales, especialmente con los vecinos de la zona, quienes protestan por las malas condiciones sanitarias y la presencia de vectores que propagan enfermedades, como lo señala los informes del Servicio Departamental de Salud Oruro.

Tabla 3:

Características de la capacidad del Relleno Sanitario de Huajara.

Característica	Valor
Capacidad total	300.000 Tn
Porcentaje de saturación	98 %
Residuos sólidos almacenados	294.000 Tn

NOTA. DATOS EXTRAÍDO DE EMAO, 2015

El manejo actual de los residuos es prácticamente incontrolado, funcionando más como un vertedero a cielo abierto. Aunque el Ministerio de Medio Ambiente y Aseo de Bolivia informa sobre el tratamiento de lixiviados mediante evaporación y el monitoreo ambiental por medio de pozos, el relleno no cumple con los estándares físicos y ambientales originales, especialmente considerando su proximidad a la pista del Aeropuerto Internacional de Oruro.

Tabla 4

Características técnicas del Relleno Sanitario de Huajara.

Característica	Descripción
Impermeabilización	Arcilla
Piscina de lixiviados	Sí
Tratamiento de lixiviados	Evaporación
Captación de gases	Sí
Quema de gases	No
Monitoreo de pozos	Sí
Celda para residuos infecciosos	Sí

NOTA. DATOS EXTRAÍDO DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y SALUD.

Estas medidas técnicas, contempladas en el diseño inicial, han quedado insuficientes frente a la realidad actual del sitio, que requiere urgente intervención para evitar daños mayores a la salud pública y el medio ambiente.

- **Nuevo Relleno Sanitario**

La Ordenanza Municipal N° 093/13 declara como bien dominio municipal el área del Ex-Fundo Cochiraya, ubicada en el noreste del Distrito 2 de Oruro, con una superficie de 449.357,30 m² donde se plantea el nuevo relleno sanitario. En la Tabla 5 se observa sus coordenadas geográficas del sitio.

Tabla 5:

Coordenadas geográficas del terreno

Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte
1	693.741,640	8.017.073,958
2	694.182,781	8.016.990,086
3	693.981,870	8.016.007,498
4	693.840,729	8.016.091,370

NOTA. ELABORACIÓN REALIZADO A TRAVÉS DE LA ORDENANZA MUNICIPAL N° 093/13

Aunque destinado al manejo de residuos sólidos, el nuevo relleno sanitario corre el riesgo de convertirse en un vertedero a cielo abierto similar al de Huajara, sin una adecuada política ambiental ni visión de gestión, lo que podría generar futuros problemas sanitarios y ambientales para el municipio.

5. PROPUESTA

Esta se orienta a plantear una solución integral y sostenible para la gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos en el municipio de Oruro, considerando las problemáticas identificadas en la saturación del relleno sanitario, la deficiente infraestructura de tratamiento y la falta de educación ambiental.

- **Matriz de Gestión del Tratamiento de Residuos**

A continuación, en la Tabla 6 se presenta la matriz que resume los impactos ambientales asociados a los principales métodos de tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU).

Tabla 6:

Matriz de Gestión: Efectos Ambientales por Tipo de Tratamiento

Medio / Tratamiento	Vertederos	Compostaje	Incineración	Reciclado
Aire	Emisión de CH ₄ , CO ₂ y olores	Emisión de CO ₂ y olores	Emisión de SO ₂ , HCl, HF, compuestos orgánicos volátiles, CO, CO ₂ , N ₂ O y metales pesados (Zn, Pb, Cu, As)	Emisión de polvo
Agua	Lixiviados con sales, metales pesados y compuestos orgánicos a capa freática		Deposición de sustancias peligrosas en aguas superficiales	Vertido de aguas residuales
Suelos	Acumulación de sustancias peligrosas		Depósito de escorias, cenizas y chatarra en vertederos	Depósito de residuos finales en vertederos
Paisajes	Ocupación del suelo, impide otros usos	Ocupación del suelo, impide otros usos	Impacto visual, impide otros usos	Impacto visual
Ecosistemas	Contaminación y acumulación en cadena trófica		Contaminación y acumulación en cadena trófica	
Zonas Urbanas	Exposición a sustancias peligrosas		Exposición a sustancias peligrosas	Ruido

NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA (2025)*

- Propuesta de Gestión de Tratamiento

Se propone la incineración como método principal para el tratamiento integral de los RSU generados en Oruro. La incineración reduce el volumen de RSU entre un 85 % y 90 %, la masa entre 60 % y 90 %, y prácticamente elimina la materia orgánica. Existen principalmente dos tipos de hornos: a) Reja móvil (moving grate furnace), tecnología robusta estándar industrial y b) Lecho fluidizado (fluidized bed furnace), más eficiente en control, pero complejo y más caro, en declive en algunos países como China (Cho, B. H. et al. 2020). En la Tabla 7 observamos sus principales ventajas e inconvenientes.

Esta tecnología permitirá la generación de energía eléctrica y térmica, así como la producción de agua y materiales para asfalto, sin emitir contaminantes a la atmósfera.

Tabla 7:

Características del tratamiento por incineración de los RSU

Ventajas:	Desventajas:
<ul style="list-style-type: none">- Simplificación en la gestión y tratamiento de residuos.- Reducción de la carga ambiental y social.- Producción de energía a partir de residuos.	<ul style="list-style-type: none">- Alta inversión inicial.- Pérdida del valor material intrínseco de los residuos al no fomentar el reciclaje o reutilización.

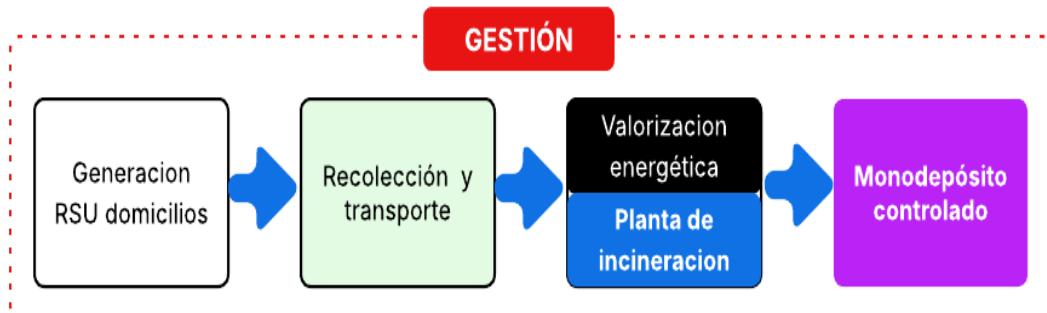
NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

La incineración con recuperación energética se propone como una solución viable para Oruro, “ya que permite la reducción de residuos y la generación de energía limpia” (Choi & Lee, 2019). Sin embargo, “su implementación requiere una gran inversión inicial, y existen preocupaciones sobre la falta de incentivos para el reciclaje” (Xue, et al, 2020).

Por lo tanto, se centra en una gran infraestructura de incineración que comprende a la totalidad de RSU generados en la ciudad de Oruro.

Figura 3:

Escenario propuesto



NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

La infraestructura propuesta contempla la incineración total de los residuos con generación de escorias y gases (aproximadamente 35 kg por tonelada de residuos), los cuales serán depositados en un mono depósito controlado para minimizar impactos ambientales y riesgos para la salud pública.

- Propuesta de gestión integral y tratamiento de residuos sólidos

Con base en el análisis técnico y ambiental, se propone implementar una planta de incineración con recuperación energética para los residuos sólidos urbanos generados en Oruro. Esta planta permitirá:

- Reducción significativa del volumen de residuos: mediante la combustión controlada, disminuyendo la necesidad de rellenos sanitarios.
- Generación de energía eléctrica y térmica: se estima una producción de hasta 36 MW, que podrá abastecer aproximadamente a la mitad de la ciudad.
- Manejo adecuado de emisiones: a través de tecnologías de filtración avanzada como precipitadores electrostáticos, filtros de manga y sistemas catalíticos de reducción (SCR) que minimizan la contaminación atmosférica.
- Disposición controlada de residuos finales: escorias y cenizas serán confinadas en un mono depósito controlado para evitar impactos ambientales.
- **Componentes tecnológicos y operativos de la planta**

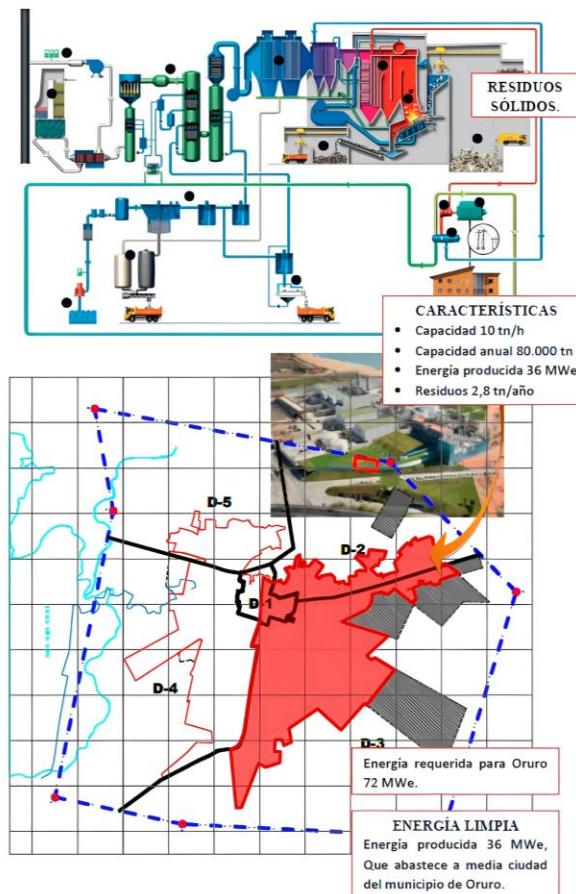
La planta propuesta incluye los siguientes componentes:

- **Parrilla de incineración:** estructura que garantiza la combustión eficiente y homogénea de los residuos.
- **Caldera de vapor:** recupera el calor generado para producir vapor sobrecalegado a 420 °C y 40 bares de presión.
- **Generador y turbina:** convierten el vapor en energía eléctrica, optimizando la producción.
- **Sistemas de tratamiento de gases:** tecnologías especializadas para la captura de partículas, gases tóxicos y contaminantes (precipitador electrostático, filtros de manga, ciclones, lavadores Venturi, reducción catalítica selectiva).
- **Centro de monitoreo y control:** asegurando la operación eficiente y el cumplimiento normativo ambiental.

En la Figura 4 podemos observar el esquema del proceso de obtención de energía limpia a partir de los residuos sólidos mediante este sistema de incineración.

Figura 4:

Proceso de obtención de energía limpia a partir de los RS



NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

Finalmente, frente a esta situación, se propone la instalación de una planta de incineración con recuperación energética, capaz de tratar hasta 80.000 toneladas anuales de residuos y generar hasta 36 MW de energía, suficiente para abastecer a media ciudad de Oruro. *“Esta tecnología incluye sistemas de control de emisiones como filtros de manga, precipitadores electrostáticos y sistemas catalíticos de reducción de NOx”* (Romero, 2007). En la Tabla 8 observamos el detalle.

Tabla 8:

Capacidad de incineración y producción de energía

Infraestructura	Capacidad	Otros
Conjunto de residuos a tratar	141,29 Tn/día × 365 días = 51.570 Tn/año	51.570 Tn/año a 80.000 Tn/año; Por cada tonelada de residuos incinerados, se extraen aproximadamente 35 kg de escorias.
Planta incineradora	80.000 Tn/año	1 línea de 10 Tn/h; Energía producida: 36 MW

NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Tras la revisión bibliográfica del tema de investigación podemos mencionar que la generación diaria de RSU en Oruro alcanza las 141 toneladas, con una composición predominante de materia orgánica y plásticos. El relleno sanitario de Huajara está saturado y genera riesgos ambientales y de salud.
- La simulación de la planta de incineración demostró una reducción de volumen de residuos del 85-90 %, con producción de energía eléctrica estimada en 36 MW bajo condiciones óptimas de operación. El tratamiento propuesto de gases, incorporando precipitadores electrostáticos y filtros, cumple con los límites legales de emisión.
- Se evidencia un significativo potencial para mejorar la calidad ambiental urbana y reducir riesgos sanitarios de la población de Oruro. La generación energética contribuye a la matriz eléctrica local, promoviendo un modelo de economía circular y sostenible.
- Los costos iniciales son elevados para implementar este sistema, requiriendo inversión pública o privada. También es necesario implementar dentro la población orureña un programa paralelo de educación ambiental para optimizar la separación y reducción de residuos en origen, aumentando la eficiencia del sistema.

7. CONCLUSIONES

La simulación de la capacidad de tratamiento de los residuos sólidos urbanos a incinerar se encuentra en el rango de 51.570 a 80.000 toneladas por año, lo que coincide plenamente con la capacidad operativa de la planta incineradora propuesta (80.000 Tn/año). Esto demuestra que, desde el punto de vista técnico, la infraestructura puede dar respuesta adecuada al volumen de residuos sólidos urbanos (RSU) generado en el municipio de Oruro.

El sistema permite una considerable reducción del volumen de los residuos, generando solo 35 kg de escorias por tonelada incinerada, lo cual facilita el manejo posterior de estos subproductos. Esta eficiencia en la reducción volumétrica también implica menores requerimientos de disposición final y un menor impacto ambiental.

Con una capacidad de tratamiento diario de 141,29 Tn/día, la planta está diseñada para operar de forma continua a lo largo del año, lo cual permite proyectar su funcionalidad tanto para la situación actual de generación de residuos como para un posible crecimiento poblacional y económico en el futuro cercano.

La planta incineradora cuenta con una línea de procesamiento de 10 Tn/h y tiene una producción energética estimada de 36 MW, lo que representa un potencial significativo de generación de energía limpia. Este aprovechamiento energético contribuye directamente al desarrollo sostenible local, al sustituir fuentes de energía tradicionales por una fuente renovable y gestionada a partir de residuos.

Finalmente, la implementación de un sistema integral de incineración con recuperación energética para RSU en Oruro es viable y estratégica, aportando soluciones tecnológicas que reducen el impacto ambiental y mejoran la salud pública. La generación de energía limpia fortalece la independencia energética local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050 (Urban Development Series)*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Cho, B. H., Nam, B. H., An, J., & Youn, H. (2020). *Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Ashes as Construction Materials—A Review*. *Materials*, 13(14), 3143.
- Choi, Y., & Lee, H. (2019). *La incineración con recuperación energética: Una solución para la reducción de residuos y la generación de energía limpia*. *Journal Name, Volume(Issue)*, page range.
- Dadario, N., Gabriel Filho, L. R. A., Cremasco, C. P., dos Santos, F. A., Rizk, M. C., & Mollo Neto, M. (2023). Waste to Energy Recovery from Municipal Solid Waste: Global Scenario and Prospects of Mass Burning Technology in Brazil. *Sustainability*, 15(6), 5397. <https://doi.org/10.3390/su15065397>
- Gao, C., Bian, R., Li, P., Yin, C., Teng, X., Zhang, J., Gao, S., Niu, Y., Sun, Y., & Wang, H. (2025). Analysis of carbon reduction potential from typical municipal solid waste incineration plants under MSW classification. *Journal of Environmental Management*, 373, 123844. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123844>
- Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. (1992). *Ley del Medio Ambiente N.º 1333*. Gaceta Oficial.
- Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. (2009). *Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*. Gaceta Oficial.
- Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. (2010). *Ley N.º 71 de Derechos de la Madre Tierra*. Gaceta Oficial.
- La Prensa. (2012). Bolivia genera 4.782 toneladas de basura cada día. Recuperado de http://www.laprensa.com.bo/diario/actualidad/la-paz/20120920/bolivia-genera-4782-toneladas-de-basura-cada-dia_34175_54637.html
- Leibson, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2009). *Diagnóstico de manejo integral de desechos sólidos de la Ciudad de Cochabamba*. Cochabamba, Bolivia.
- PNUMA. (2020). *El tratamiento integral de residuos sólidos con incineración contribuye al modelo de economía circular, mejorando la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en las ciudades*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Romero, A. (2007). *Planta de incineración de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía*. Madrid, España.
- Xue, J., Li, W., & Zeng, M. (2020). *Consideraciones sobre la inversión y la falta de incentivos para el reciclaje en la incineración con recuperación energética*. *Journal Name, Volume(Issue)*, page range

IMPLEMENTACIÓN DEL VDC COMO METODOLOGÍA DE GESTIÓN, EN LA ETAPA DE DISEÑO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOLIVIA.

M. Sc. Arq. Nelson Achá Gonzales

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Correspondencia: nel.neoacha@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-0798-0746>

RESUMEN

Palabras clave: VDC, Sesiones ICE, Lean Bolivia.

La presente investigación aborda el desafío estructural de la industria de la construcción en Bolivia, marcada por la persistencia de metodologías tradicionales que limitan la eficiencia en la etapa de diseño técnico. A través del estudio de caso de un proyecto residencial, se propone la implementación de la metodología VDC (Virtual Design and Construction), apoyada en tecnologías como BIM (Building Information Modeling), sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering) y gestión Lean. El objetivo es acortar la brecha digital en los procesos de gestión, estableciendo una base metodológica y técnica que permita optimizar costos, tiempo y calidad en la construcción. La metodología de investigación empleada es de carácter cualitativo con enfoque exploratorio-descriptivo, complementada por análisis documental y propuesta proyectual. Se presentan métricas de desempeño como herramientas clave para la toma de decisiones y la evaluación de compatibilidades entre disciplinas. Los hallazgos sugieren que la aplicación del VDC en la etapa de diseño genera mejoras sustanciales en la coordinación, reduce los reprocesos y fortalece el trabajo colaborativo. Este estudio propone, además, la necesidad de una política pública que institucionalice el uso de tecnologías digitales en el diseño arquitectónico, levando al país con estándares internacionales de productividad y sostenibilidad.

Implementation of VDC as a Management Methodology in the Design Stage: In the Construction Industry in Bolivia

ABSTRACT

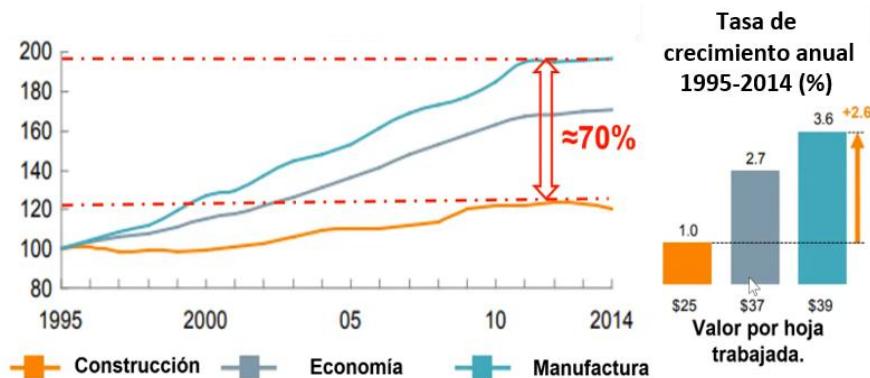
Keywords: VDC, ICE Sessions, Lean Bolivia.

This research addresses the structural challenge of the construction industry in Bolivia, characterized by the persistence of traditional methodologies that limit efficiency during the technical design stage. Through a case study of a residential project, it proposes the implementation of the VDC (Virtual Design and Construction) methodology, supported by technologies such as BIM (Building Information Modeling), ICE sessions, and Lean management. The objective is to bridge the digital gap in management processes by establishing a methodological and technical foundation that optimizes cost, time, and quality in construction. The research methodology is qualitative with an exploratory-descriptive approach, complemented by documentary analysis and project-based proposals. Performance metrics are presented as key tools for decision-making and evaluating compatibility across disciplines. The findings suggest that applying VDC during the design stage significantly improves coordination, reduces rework, and strengthens collaborative workflows. Furthermore, the study highlights the need for public policy to institutionalize the use of digital technologies in architectural design, aligning the country with international standards of productivity and sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Bolivia ha mantenido un modelo de gestión tradicional que contrasta con los avances digitales en otros sectores. A pesar del crecimiento del sector entre 2000 y 2020 (Ver Figura 1), el rendimiento continúa rezagado en términos de productividad, eficiencia y planificación. En países desarrollados, metodologías como el VDC han transformado radicalmente el ciclo de vida del proyecto, integrando diseño, construcción y operación mediante entornos colaborativos y tecnologías como BIM y Lean. En Bolivia, estas metodologías aún no se han institucionalizado ni estandarizado, lo cual representa una barrera estructural y técnica para la modernización del sector.

Figura 1:
Crecimiento de la Productividad % por Años.



NOTA. "REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTER TO HIGHER PRODUCTIVITY", MCKINSEY & COMPANY REPORT FEBRUARY 2017.

Para poder reducir los problemas en la construcción se necesita de un soporte de diseño y construcción virtual (VDC) basado en un modelo de información de construcción (BIM) para satisfacer los objetivos del proyecto y aumentar la productividad de manera efectiva en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La metodología VDC con el uso de herramientas tecnológicas como el BIM hacen posible que la información sea la más detallada en la fase de diseño. El método VDC enfatiza fuertemente el uso de los modelos que pueden ser descritos y evaluados por múltiples partes interesadas. Solo los modelos visuales tienen el poder de respaldar la descripción y la evaluación de una amplia clase de partes interesadas, es decir, uso de organigramas visuales; el uso de diagramas de red de actividades visuales y gráficos de barras de programación, que tienen significado para los profesionales, y animaciones de programación 4D que la mayoría de las partes interesadas pueden entender (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La implementación del diseño virtual y la construcción (VDC) sigue siendo un desafío ya que las empresas no comprenden las estrategias de su implementación y su relación con otros esfuerzos de mejora importantes, como la gestión eficiente¹⁵ que es un sistema de entrega de proyectos basado en la gestión de producción que enfatiza la entrega confiable y rápida de valor. El objetivo es construir un proyecto mientras se maximiza el valor, se minimiza el desperdicio y se busca la perfección para el beneficio de todos los interesados en el proyecto (Womack y Jones, 2010).

Por otra parte, la etapa de diseño es fundamental debido a que de esta depende el resultado del costo y tiempo estimado para la construcción, es un proceso que es elaborado por profesionales de diferentes especialidades de manera separada por lo que usualmente muestran discrepancia entre ellos. En la planificación realizada durante el diseño para iniciar la ejecución de una obra, todos estos inconvenientes que no fueron tomados en cuenta, generan un retraso en el tiempo de ejecución de obra y también una serie de replanteos que terminan incluso modificando el diseño y los planos de obra.

Los países que operan el soporte con el uso de la metodología VDC basado en la tecnología BIM de manera más sistemática son el Reino Unido y los Estados Unidos. El Reino Unido ha desarrollado una legislación para el soporte del sistema VDC y BIM mediante el comité de la institución de Estándares Británicos (BSI), y ha implementado una estrategia de hoja de ruta BIM. La Administración de Servicios Generales de Estados Unidos (GSA) ha desarrollado las directrices para el BIM, mientras que el sector privado ha establecido tecnologías relacionadas para aplicar el BIM. Para aumentar la productividad de la industria de la construcción con el sistema VDC, es necesario mejorar estos métodos y el entorno para el desempeño del trabajo. Para lograr este objetivo, se requiere el desarrollo y la aplicación de tecnología, así como el apoyo público y los desarrollos en sistemas y entornos (Kang, T.2015).

Mientras que el futuro de la construcción ya está presente en muchos de los países del mundo, en Bolivia recién empieza a hacer eco el concepto de VDC (Virtual Design & Construction), una metodología que permite modelar y construir edificios cada vez más inteligentes y más adaptados al entorno, además de posibilitar que en un solo modelo trabajen todos los profesionales que participan en el ciclo de vida del proceso constructivo. En este punto se debe recalcar la importancia de la obligatoriedad de incorporar estos estándares a toda obra pública y privada del Estado. Su

¹⁵ Se usa el término gestión eficiente en lugar de construcción eficiente para mantener una visión más amplia.

implementación no supone un costo adicional para nadie, ni para el Estado ni para el Contratista, todo lo contrario, ambos salen favorecidos.

La serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para que los organismos internacionales puedan colaborar en proyectos para minimizar las actividades ineficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (IBNORCA, 2021).

Cabe señalar que Bolivia está en camino de iniciar la estandarización de la metodología BIM con el pronunciamiento de entidades como el Instituto de Normalización y Calidad (IBNORCA), presentando en 30 de agosto del 2021 el anteproyecto de Norma Boliviana APNB ISO19650-1. Que somete a consulta pública los siguientes Anteproyectos de Norma Boliviana:

- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-1- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 1: Conceptos y principios.
- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-2- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

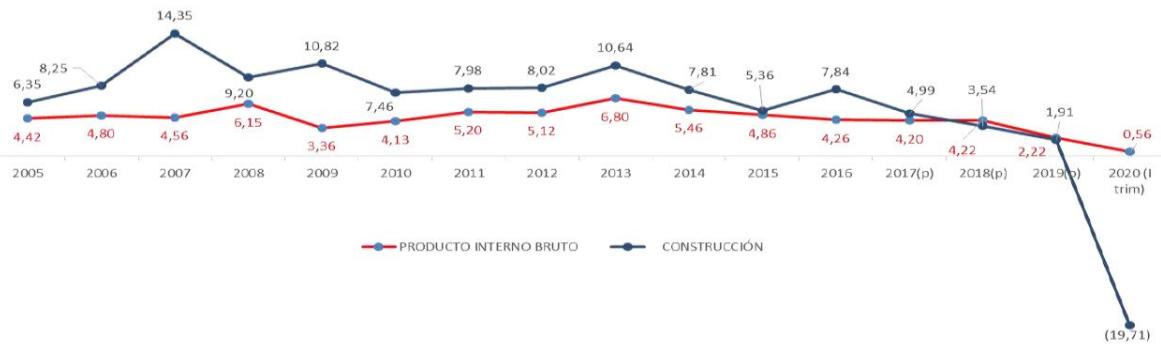
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los datos mostrados en las estadísticas basadas en la industria de la construcción y su problemática en Bolivia, muestran coincidencias que son reveladores donde la construcción todavía no ha abrazado con fuerza el cambio hacia el nuevo sistema de Gestión y Planificación de obras.

En la Figura 2 podemos observar la variación del Producto Interno Bruto (PIB) del sector de la construcción desde el año 2005 al 2020, donde en los últimos años presenta un descenso importante en el PIB.

Figura 2:

Bolivia: Variación del Producto Interno Bruto a Precios Constantes, 2005-2020 (I trimestre), (En porcentaje).



NOTA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, ELABORACIÓN: CABOCO, 2020.

El crecimiento en la industria de la construcción, presenta un grave problema en el desarrollo normal de sus actividades, siempre ha desempeñado un rol importante en el avance del país. Sin embargo, a comparación de otras industrias, está algo atrasada en el campo de la *"Tecnologías de construcción y Digitalización"*. En la Tabla 1 podemos observar los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos en Bolivia.

Tabla 1:

Modelo Tradicional de la Industria de la construcción.

N.º	MODELO TRADICIONAL
1	Industria Fragmentada, priman las necesidades individuales y presenta dificultades en el trabajo colaborativo
2	Procesos ineficientes entre los diferentes involucrados
3	Procesos de construcción artesanales y arcaicos en la industria
4	Diferencias entre las experiencias de los profesionales, métodos de trabajo y sistemas de información.

NOTA. ELABORACIÓN PROPIA (2025)

Ante esta situación se plantea el siguiente problema: ¿Cómo implementar de manera efectiva la metodología VDC en la etapa de diseño de la industria de la construcción boliviana, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional?

Justificación:

La industria de la construcción boliviana enfrenta desafíos estructurales y operativos en el proceso de diseño, caracterizados por la fragmentación, la escasa colaboración interdisciplinaria, y una limitada digitalización. Estos factores han contribuido a ineficiencias como retrabajos, falta de

coordinación, sobrecostos y cronogramas poco realistas que causan diferentes problemas durante el diseño y ejecución de los proyectos.

Frente a este escenario la implementación del VDC busca reducir los retrabajos, aumentar la productividad y mejorar la toma de decisiones en las fases tempranas del proyecto. Se plantea como una alternativa viable para transformar estructuralmente el proceso de diseño, fortaleciendo la colaboración interdisciplinaria y elevando la calidad de las obras construidas.

El uso del BIM como soporte tecnológico del VDC y la aplicación de los principios Lean, orientados a la eficiencia y la eliminación de desperdicios, permiten transformar el diseño en un proceso más predecible y transparente. Sin embargo, la adopción de VDC en Bolivia aún es inicial, debido a factores como la resistencia al cambio, la falta de conocimiento técnico y la carencia de modelos adaptados al contexto local.

En este sentido, es crucial investigar y proponer un camino de implementación viable que permita mejorar el enfoque tradicional hacia uno más integrado, eficiente y sostenible, alineado con estándares internacionales y las necesidades del contexto boliviano.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar una estrategia integral para la implementación efectiva de la metodología VDC (Virtual Design and Construction) en la etapa de diseño de proyectos de construcción en Bolivia, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional mediante la integración de modelos BIM, procesos colaborativos y principios Lean que mejoren la coordinación, eficiencia y toma de decisiones en el sector.

3.2. Objetivos específicos

Se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar las principales limitaciones del enfoque tradicional en la etapa de diseño dentro de la industria de la construcción boliviana.
- Analizar el nivel de madurez digital y las capacidades actuales de las empresas bolivianas en relación con BIM, Lean y tecnologías VDC.

- Definir los componentes clave de la metodología VDC (incluyendo BIM, ICE y PPM) que sean aplicables y adaptables para el contexto boliviano.
- Evaluar el potencial de la implementación de VDC en términos de productividad, coordinación interdisciplinaria y reducción de procesos en la etapa de diseño.

4. MARCO TEÓRICO

Se adoptó el término Virtual Design and Construction el año 2001 como parte de la misión y los métodos del Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas (CIFE – Center for Integrated Facility Engineering) en la Universidad de Standford. El VDC no hubiera sido posible sin el trabajo realizado por Levitt equipo de diseño virtual (VDT) que es un modelo informático genérico de equipos de diseño. El Integrated Concurrent Engineering (ICE) es el proceso en el que los representantes de los equipos multidisciplinarios de diseño/construcción/operación trabajan en colaboración a lo largo de un tiempo para especificar, crear, verificar y aplicar los modelos y ajustarlos gradualmente durante la vida útil del proyecto basado en lo que desea el cliente y utilizando las métricas de rendimiento del proyecto. (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La industria en la construcción en cualquier tipo de proyectos sufre un aumento en los costos por las ordenes de cambio y la reelaboración del expediente técnico en un 15 % al 20 % al iniciar la etapa de la construcción debido a errores humanos, la falta de detalles constructivos para los contratistas que terminan en RFI (solicitudes de información), incompatibilidades entre los diferentes componentes de diseño. Para reducir estos problemas se realiza un proceso simplificado donde el diseño y la colaboración se llevan en el escritorio: el proyecto se construye digitalmente para identificar errores, conflictos y una vez rectificados en el modelo en 3D se puede usar para la construcción, planificando y secuenciando la calidad de materiales y los procesos constructivos, reduciendo así el tiempo y costos (Bennett T., 2010).

Si bien la adopción de BIM en el ámbito de proyectos de infraestructuras verticales ha sido bastante rápida, la adopción de infraestructura para proyectos horizontales ha sido más lenta por las siguientes razones: uso de acrónimo BIM, falta de requisitos del propietario, proveedores de software que se centran en el mercado de la construcción vertical, métodos contractuales que no conducen al modelado y la colaboración, poca comprensión de como la tecnología influencia en la productividad en el campo (Russell, D 2014).

Para poder reducir los problemas en la construcción se necesita de un soporte de diseño y construcción virtual (VDC) basado en un modelo de información de construcción (BIM) para satisfacer los objetivos del proyecto y aumentar la productividad de manera efectiva en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La metodología VDC con el uso de herramientas tecnológicas BIM hacen posible que la información sea la más detallada posible en la fase de diseño.

El método VDC enfatiza fuertemente el uso de modelos que pueden ser descritos y evaluados por múltiples partes interesadas. En nuestra experiencia, solo los modelos visuales tienen el poder de respaldar la descripción y la evaluación de una amplia clase de partes interesadas, es decir, uso de organigramas visuales; y el uso de diagramas de red de actividades visuales y gráficos de barras de programación, que tienen algún significado para los profesionales, y animaciones de programación 4D que la mayoría de las partes interesadas pueden entender. (Kunz & Fischer, Diseño y Construcción Virtual, 2022).

La implementación del diseño virtual y la construcción (VDC) sigue siendo un desafío ya que las empresas no comprenden las estrategias de implementación y su relación con otros esfuerzos de mejora importantes, como la gestión eficiente (usamos el término gestión eficiente en lugar de construcción eficiente para mantener una visión más amplia) es un sistema de entrega de proyectos basado en la gestión de producción que enfatiza la entrega confiable y rápida de valor. El objetivo es construir un proyecto mientras se maximiza el valor, se minimiza el desperdicio y se busca la perfección para el beneficio de todos los interesados en el proyecto (Womack y Jones, 2010).

La etapa de diseño es fundamental debido a que de esta depende el resultado de costo y tiempo estimado para la construcción, es un proceso que es elaborado por profesionales de diferentes especialidades de manera separada, comenzando a evidenciar problemas desde la etapa de diseño y evidenciados en los planos los cuales usualmente muestran discrepancia entre ellos. En la planificación realizada durante el diseño para iniciar la ejecución de una obra, todos estos inconvenientes que no fueron tomados en cuenta, generan un retraso en el tiempo de ejecución de obra y también una serie de replanteos que terminan incluso modificando el diseño y los planos de obra.

Los países que operan el soporte con el uso de la metodología VDC basado en la tecnología BIM de manera más sistemática son el Reino Unido y los Estados Unidos. El Reino Unido ha desarrollado una legislación para el soporte del sistema VDC y BIM, que es el comité de la institución de Estándares Británicos (BSI), y ha implementado una estrategia de hoja de ruta BIM. Estados Unidos ha desarrollado

la directriz de la Administración de Servicios Generales (GSA), mientras que el sector privado ha establecido tecnologías relacionadas para aplicar BIM. Para aumentar la productividad de la industria de la construcción con el sistema VDC, es necesario mejorar estos métodos y el entorno para el desempeño del trabajo. Para lograr este objetivo, se requiere el desarrollo y la aplicación de tecnología, así como el apoyo público y los desarrollos en sistemas y entornos (Kang, T.2015).

Mientras que el futuro de la construcción ya está presente en muchos de los países del mundo, en Bolivia recién empieza a hacer eco el concepto de VDC (Virtual Design & Construction), una metodología que permite modelar y construir edificios cada vez más inteligentes y más adaptados al entorno, además de posibilitar que en un solo modelo trabajen todos los profesionales que participan en el ciclo de vida del proceso constructivo.

Es en este último punto donde se debe recalcar la importancia de la obligatoriedad de incorporar estos estándares a toda obra del Estado. No es ningún costo adicional para nadie, ni para el Estado ni para el Contratista, todo lo contrario, ambos salen favorecidos.

Por otro lado, la serie EN ISO 19650 es un conjunto de normas internacionales que definen el marco, los principios, y los requisitos, para la adquisición, uso y gestión de la información en proyectos y activos, tanto de edificación como de ingeniería civil, a lo largo de todo el ciclo de vida del Proyecto. La publicación de ISO 19650 crea una oportunidad para organismos internacionales que colaboran en proyectos para minimizar las actividades ineficientes y aumentar la previsibilidad del coste y la duración, a través de un enfoque común para la gestión de la información. Para aquellos que trabajan localmente, supone una oportunidad de demostrar alineación con las mejores prácticas reconocidas de la industria a la vez que se construye resiliencia y diferenciación. (IBNORCA, 2021).

Bolivia está en camino de iniciar la estandarización de la metodología BIM con el pronunciamiento de entidades como el Instituto de Normalización y Calidad (IBNORCA), presentando en 30 de agosto del 2021 el anteproyecto de Norma Boliviana APNB ISO19650-1. Que somete a consulta pública los siguientes Anteproyectos de Norma Boliviana:

- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-1- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 1: Conceptos y principios.
- ANTEPROYECTO DE NORMA BOLIVIANA APNB ISO 19650-2- Gestión de la información al utilizar BIM (Building Information Modelling)- Parte 2: Fase de desarrollo de activos.

5. MARCO CONCEPTUAL

VDC: Metodología que integra diseño, construcción y operación a través de herramientas digitales colaborativas. Según CIFE, los pilares fundamentales del VDC son:

Modelos de Producto (Product Models): Modelos digitales (normalmente en BIM) que representan los aspectos físicos, funcionales y espaciales del proyecto.

Modelos de Organización (Organization Models): Representación de las responsabilidades, roles, flujos de trabajo y relaciones entre los actores del proyecto.

Modelos de Procesos (Process Models): Secuencia de actividades necesarias para lograr los objetivos del proyecto, incluyendo métodos de planificación colaborativa como el Last Planner System.

KPIs (Key Performance Indicators): Medición del desempeño en costo, tiempo, calidad y cumplimiento de objetivos. La metodología VDC también promueve el uso de sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering), que buscan la toma de decisiones rápida y colaborativa entre equipos multidisciplinarios en tiempo real, optimizando la coordinación entre los diferentes especialistas.

BIM: Modelado de información para gestionar digitalmente el ciclo de vida del proyecto. Según la ISO 19650, BIM permite mejorar la comunicación entre partes interesadas y facilita una toma de decisiones informada durante todo el ciclo de vida del proyecto (diseño, construcción y operación).

Lean Construction: Filosofía que busca eliminar desperdicios y aumentar el valor a través de una gestión eficiente. Herramientas como el **Last Planner System (LPS)**, ampliamente utilizado dentro del marco VDC, buscan mejorar la planificación mediante compromisos realistas y medibles a corto plazo, y fomentar la responsabilidad colectiva del equipo de diseño.

Sesiones ICE: Reuniones de trabajo colaborativo e interdisciplinario que permiten toma de decisiones en tiempo real.

Tabla 2:

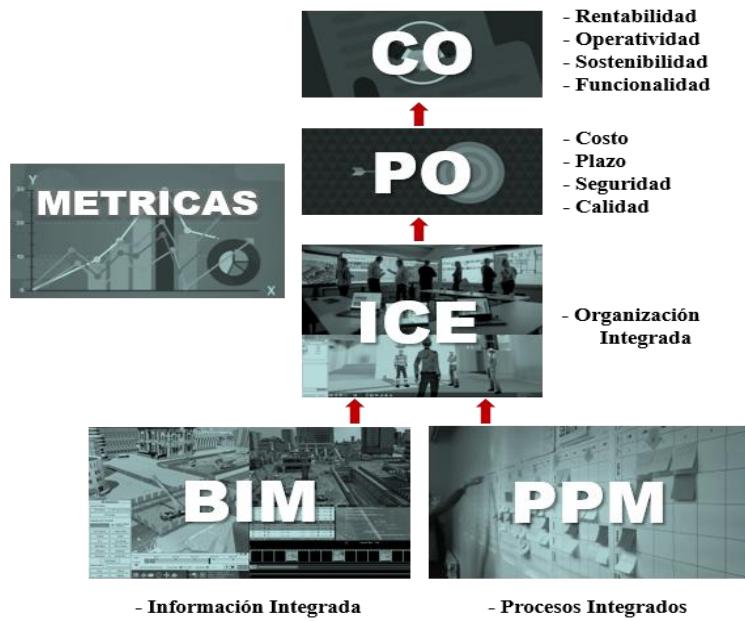
Características de las diferentes metodologías

BIM	Lean Construction	VDC y LPS
Identificar interferencias (clash detection) entre disciplinas.	Eliminar desperdicios (tiempo, materiales, mano de obra).	Diseño colaborativo (set-based design).
Reducir errores y retrabajos.	Maximizar el valor para el cliente.	Integración temprana de los stakeholders.
Coordinar y visualizar soluciones constructivas antes de ejecutarlas físicamente.	Mejorar la confiabilidad de la planificación.	Decisiones basadas en valor y no solo en costo.
Centralizar la información del proyecto en un entorno común de datos (CDE).	Fomentar la mejora continua.	

FUENTE: *ELABORACIÓN PROPIA (2025)*

En la Figura 3 podemos la estructura del VDC propuesto por el Professor Martin Fischer.

Figura 3:
Estructura Virtual Design Construction (VDC).



FUENTE: *FROM PROFESSOR MARTIN FISCHER PHD - CIFE STANDFORD 2019.*

- Interrelación entre VDC, BIM y Lean

El VDC no es una tecnología, sino una metodología de integración. Su efectividad radica en la sinergia entre: a) BIM: Tecnología que permite visualizar y coordinar, b) Lean: Filosofía que guía cómo diseñar con eficiencia, c) VDC: Marco que organiza personas, procesos y tecnología para maximizar el valor del proyecto. Esta tríada propone un cambio de paradigma desde una gestión fragmentada y secuencial hacia una gestión integrada y colaborativa, fundamental en proyectos complejos como los de construcción. Autores como Kunz & Fischer (Stanford) fundamentan el uso de VDC desde principios del siglo XXI.

6. METODOLOGÍA

El tipo de la investigación es exploratorio, porque se examina un tema poco estudiado del cual se tienen muchas dudas, a su vez que existe escasa bibliografía sobre el tema. La orientación de la investigación es aplicada, ya que se realizó en gabinete la mejora del expediente técnico debido a que se explora un nuevo conocimiento que es el marco de trabajo de VDC, para ser operado en la mejora de la gestión de proyectos en la etapa de diseño en la Industria de la Construcción.

El enfoque de la investigación es cualitativo, porque es un estudio que se concentra más en la comprensión y la profundidad, es decir, entender cómo funciona o cómo se comporta el marco de trabajo de VDC en la mejora de la gestión de proyectos de edificaciones. Asimismo, involucra la recolección de información, utilizando técnicas que no pretenden hacer medición numérica, sino el uso de recopilación y revisión de documentos y datos donde la fidelidad de la información es un aspecto importante. La metodología utilizada fue el método cuantitativo ya que se realizó un análisis comparativo entre el presupuesto realizado con metodología VDC y la metodología tradicional, así también comparando el tiempo de ejecución de obra con la metodología VDC. Esta comparación de metodologías se realiza en la fase de diseño proyectual de un proyecto piloto de vivienda residencial. Finalmente, se desarrollan de métricas de gestión y desempeño del modelo propuesto.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El uso del VDC en la etapa de diseño permitió detectar incompatibilidades tempranas, mejorar la visualización del proyecto y establecer procesos colaborativos efectivos. Las sesiones ICE lograron reducir los tiempos de coordinación y toma de decisiones.

Tabla 3:

Modelo propuesto de mejora del proceso para la implementación progresiva del VDC.

Objetivos de la Aplicación VDC		
Desarrollar la aplicación teórica de la metodología VDC de gestión colaborativa VDC en el proyecto.		
Objetivos del Cliente	Objetivos del Proyecto	
<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de anteproyecto y Diseño de interiores y exterior. - Cumplir plazo proyectado de la etapa de anteproyecto para su futura ejecución del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar tecnologías VDC en la etapa de Diseño. - Reducir en 5% el tiempo de construcción. En la fase de anteproyecto. 	
Modelado de Información de Construcción (BIM)	Ingeniería Concurrente Integrada (ICE)	Gestión de Producción del Proyecto (PPM)
<ul style="list-style-type: none"> - Modelar de Disciplinas que integran el Proyecto con herramientas BIM. - Modelado de Diseño de Interior y exterior. - Modelo BIM, Simulación y Análisis de Sostenibilidad. - Innovación herramientas tecnológicas BIM. <ul style="list-style-type: none"> 1. Aplicación, de la Realidad Virtual, Realidad Aumentada. 2. Aplicación, de Dron levantamiento del Terreno y Entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar sesiones ICE con el objetivo de acelerar el diseño mediante el involucramiento de los diversos actores. - Resolver más del 90% de observaciones en el modelo BIM y confirmar la constructibilidad del proyecto de las especialidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación Last Planner System. - Integración de modelos BIM en la fase de Planificación. - Simulación Modelo 4D.
Métricas de Producción / Factores Controlables / Metas		

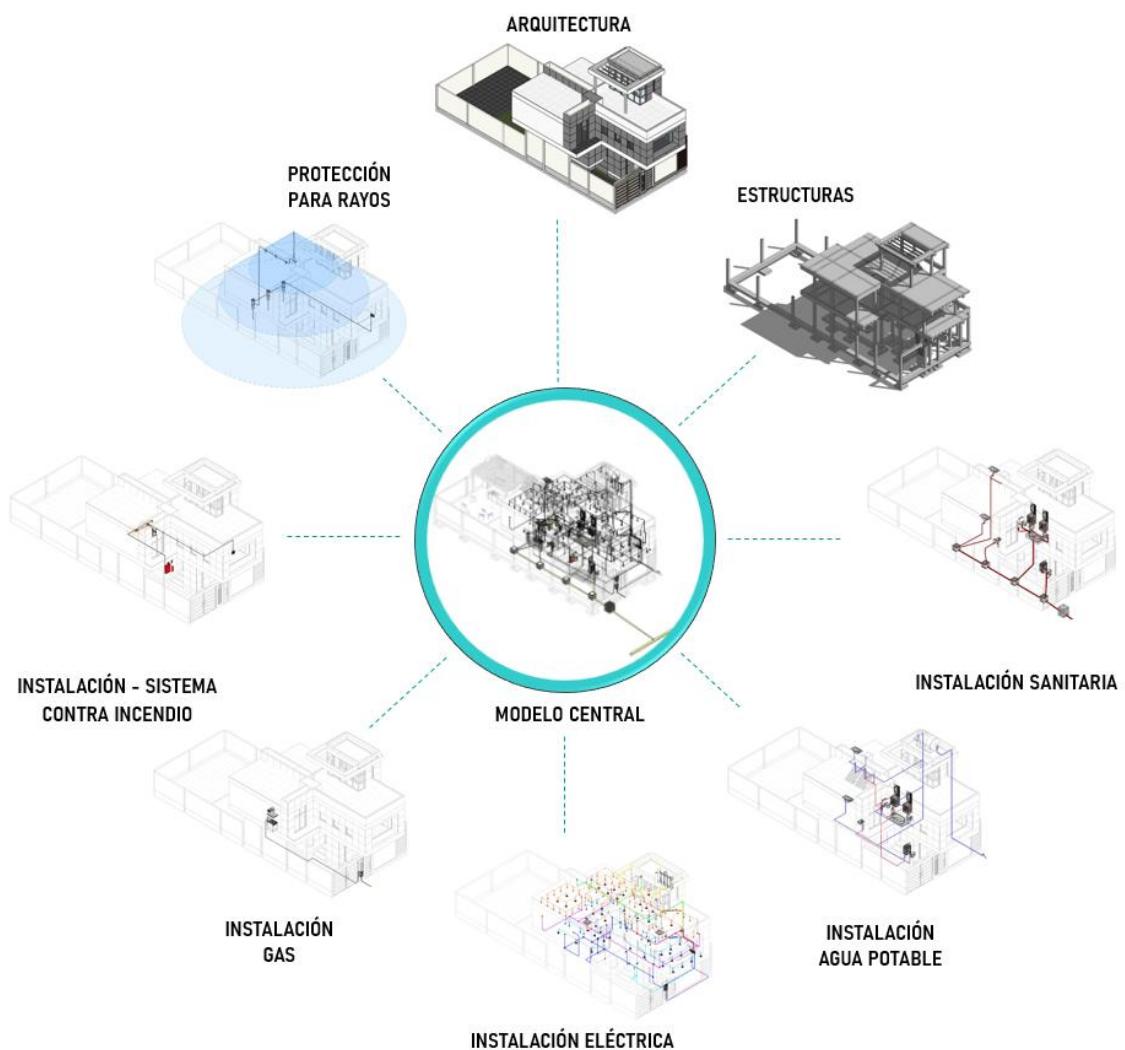
NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

- **Integración de modelos BIM:**

Con la integración entre las tecnologías, es posible mejorar los datos de información como elemento central de todo el proceso, la gran cantidad de información contenida en un modelo BIM con el uso de herramientas será posible generar un Modelo central o federado, como la unión de diferentes modelos digitales especializados del proyecto (modelo estructural de la obra, instalaciones, arquitectura, mobiliario, etc.) y tienen la finalidad de proporcionar el completo modelo del proyecto para facilitar el intercambio de información, la coordinación entre las disciplinas involucradas.

Figura 4:

Muestra del Modelo Central y sus diferentes especialidades.



NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

- **Sesiones ICE o Coordinación:**

Se propone la implementación de las sesiones ICE (Integrated Construction Engineering), la Ingeniería integrada concurrente, que consiste en la reunión de todos los involucrados en el proyecto, juntándolos ya establecida una agenda y con objetivos claros, estos, expondrán sus ideas, dudas, y se resolverán problemas e interferencias entre las especialidades, con esto se aumentará la productividad del proyecto durante el proceso de diseño y construcción, asimismo se mejora los flujos de comunicación, teniendo a todos los especialistas trabajando por un mismo objetivo, optimizando tiempo y recursos.

Figura 5:

Muestra de una posible configuración de la Sala Big Room para las sesiones ICE.



NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

El Coordinador BIM, o también llamado BIM Manager, es el responsable de agendar las sesiones de trabajo ICE, y de convocar a los participantes, de realizar el seguimiento de lo pactado a través de actas, de contactar a los participantes, de generar las estadísticas de los resultados obtenidos y de gestionar el control de avance de la gestión.

Se debe contar con un espacio de trabajo para las reuniones ICE, este espacio debe contar con al área suficiente, y mobiliario adecuado para el desenvolvimiento correcto de la reunión, tendrá el equipamiento tecnológico necesario para visualizar y analizar el modelo en 3D, e interoperar con todas las especialidades al mismo tiempo.

- **Last Planner System:**

Cumple un papel importante debido a que permite tener un mejor control del proceso productivo de la obra del personal. Por ello, es importante planificar la sectorización bajo nuevos procesos de planificación.

Para lograr este objetivo, se debe incluir modelos 3D para la simulación 4D del modelo al momento de realizar la sectorización brinda un soporte visual y permite la detección de posibles incoherencias en los procesos constructivos.

Figura 6:

Implementación Lean Construction.



NOTA. *ELABORACIÓN PROPIA 2022.*

- Comparación con Estudios Previos:

En Estados Unidos y Reino Unido, el uso obligatorio de BIM y VDC ha generado impactos positivos en productividad. Bolivia aún se encuentra en fase inicial, aunque con avances lentos como la propuesta normativa APNB ISO 19650.

8. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que el enfoque tradicional es ineficiente frente a metodologías integradas como VDC. La implementación de BIM y Lean genera mejoras cuantificables en costos, tiempo y calidad. Sin embargo, su aplicación requiere cambios organizacionales y normativo. A continuación, mencionas las conclusiones más importantes de este estudio:

- El uso de modelos BIM integrados permitió anticipar problemas de diseño y mejorar la coordinación entre especialidades, generando un flujo de información más transparente y trazable. Además, las sesiones ICE facilitaron la toma de decisiones colaborativas, reduciendo tiempos de revisión y validación, y generando mayor compromiso dentro el equipo de diseño.
- La implementación del Last Planner System en etapa de diseño fue clave para mejorar la planificación a corto plazo, logrando altos niveles de cumplimiento del plan (PPC) y una reducción efectiva del tiempo del anteproyecto, siendo el VDC una metodología viable y efectiva para la gestión del diseño en proyectos de construcción. Su implementación mejora la colaboración, reduce retrabajos y permite anticiparse a problemas futuros.
- Las métricas de gestión y desempeño aplicadas permitieron validar cuantitativamente los beneficios del modelo VDC propuesto, confirmando su potencial para ser replicado en otros proyectos similares del sector de la construcción.
- El modelo propuesto sienta las bases para una estrategia de implementación progresiva del VDC, orientada a la mejora continua, la integración tecnológica y la transformación de la cultura organizacional en la industria de la construcción boliviana ya que propone herramientas de gestión aplicables a proyectos públicos y privados, sentando las bases para una futura política pública en Bolivia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. (01 de Agosto de 2022). *Google*. Obtenido de
https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/7923/Almeida_cuarta_revolucion_industrial_industria_construccion.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Blasco Mira, J. E., & Pérez Turpín , J. A. (2007). *METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LAS CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE: AMPLIANDO HORIZONTES209*. ESPAÑA.
- CABOCO. (2020). *DATOS ESTADÍSTICOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION*.
- CABOCO. (2020). *Datos Estadísticos del Sector de la Construcción*. Obtenido de
<http://www.caboco.org/normativa/datos-estadisticos-del-sector-de-la-construccion>
- IBNORCA. (2021). *Norma Boliviana*.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2022). Diseño y Construcción Virtual. *Construction Management and, Construction Management and Economics*, 1–9.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2022). Diseño y Construcción Virtual. *Construction Management and, case Studies and Implementation Suggestions*, 14 (1), 1-53.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Fundación Laboral de la Construcción.
Obtenido de <http://www.juanfelipepons.com>
- Koskela, L, (1992). Application of the new production philosophy to construction, Technical Rep. No. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford Univ., Stanford, California.
- Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, Gestión de la información para inversiones desarrolladas con BIM
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2014). *Lean Construcción y La Planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
Obtenido de <http://www.juanfelipepons.com>
- Luis Morales 2020, LinkedIn, Founder, https://www.linkedin.com/posts/miquel-%C3%A1ngel-vichi-monterrosas_bim-activity-6942251512429469696-5JqE/?trk=public_profile_share_view&originalSubdomain=mx
- Rischmoller, L. (2014). Ingeniería y Gestión de la Construcción a través de Virtual Design and Construction.III Seminario Internacional Ingeniería Civil - UPC. Lima, Perú.
- Taboada, J., Alcántara, V., Lovera, D., Santos, R., & Diego, J. (2011). Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM.
- UC, B. a. (13 de Octubre de 2022). *Investigación Aplicada*. Obtenido de Bibliotecas Duoc UC:
<https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada#>

COSECHA DE AGUA EN ORURO: SOSTENIBILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS DISPERSAS

M. Sc. Arq. Magaly Choquevillca Ibáñez

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Correspondencia: magalychoquevillca@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-1000-5291>

RESUMEN

Palabras clave:

Vulnerabilidad en Oruro, sistema de cosecha de agua, sequía del agua.

La escasez de recursos hídricos, un problema persistente y de impacto significativo, se manifiesta con mayor intensidad en las zonas vulnerables a sequías. Esta investigación aborda directamente esta problemática urgente al proponer el diseño e implementación de un sistema de recolección de agua como una solución viable y sostenible. Para lograrlo, se adoptó un enfoque metodológico descriptivo que permitió caracterizar de manera exhaustiva los procesos inherentes a la recolección de agua. Este análisis se enriqueció mediante el estudio detallado de casos de proyectos similares y las buenas prácticas en la gestión del agua.

Los resultados revelan que un grupo específico de municipios que en Oruro —incluyendo Caracollo, El Choro, Corque, Choquecota, Salinas de Garci Mendoza, Pampa Aullagas, Chipaya, Andamarca, Totora, Todos Santos y Carangas— se encuentra entre los más susceptibles al cambio climático. La instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia surge como una alternativa crucial que representa una estrategia de mitigación efectiva frente a la escasez hídrica y las recurrentes sequías, sino que también ofrece una solución práctica para las limitaciones existentes en la infraestructura de suministro de agua en estas áreas dispersas. La implementación de estos sistemas contribuirá significativamente a mejorar la resiliencia y la seguridad hídrica de los habitantes de Oruro ante los desafíos climáticos.

Water Harvesting in Oruro: Sustainability and Climate Change Adaptation in Dispersed Areas

ABSTRACT

Keywords: Vulnerability in Oruro, water harvesting system, water drought.

The scarcity of water resources, a persistent problem with significant impact, manifests itself with greater intensity in areas vulnerable to droughts. This research directly addresses this urgent problem by proposing the design and implementation of a water harvesting system as a viable and sustainable solution. To achieve this, a descriptive methodological approach was adopted to comprehensively characterize the processes inherent to water harvesting. This analysis was enriched by detailed case studies of similar projects and good practices in water management. The results obtained are compelling and reveal that a specific group of municipalities in the department of Oruro - including Caracollo, El Choro, Corque, Choquecota, Salinas de Garci Mendoza, Pampa Aullagas, Chipaya, Andamarca, Totora, Todos Santos and Carangas - are among the most susceptible to the adverse impacts of climate change. In these communities, the installation of rainwater harvesting and storage systems emerges as a crucial alternative for harvesting. This approach not only represents an effective mitigation strategy in the face of water scarcity and recurrent droughts, but also offers a practical solution to existing water supply infrastructure constraints in these dispersed and often underserved areas. Ultimately, the implementation of these systems will contribute significantly to improving the resilience and water security of Oruro's inhabitants in the face of climate challenges.

1. *Introducción*

La presente investigación describe la implementación de sistemas que promueven el desarrollo sostenible, considerando medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, así también se caracteriza sistemas de captación para la cosecha de agua como una alternativa de recolección y almacenamiento, siendo esta una propuesta de mitigación frente a la escasez de agua, sequías o limitaciones en la infraestructura de suministro de agua en áreas dispersas y vulnerables del departamento de Oruro.

La situación actual de Bolivia con respecto al cambio climático y la falta de agua es crítica, porque el cambio climático está afectando la disponibilidad de agua en el país debido a una crisis hídrica crítica por la sequía y la escasez de agua, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la sequía afecta al 70 % del territorio boliviano (SENAMHI, 2022). Las sequías y la escasez de agua afectaron a más de 1 millón de personas y 300.000 hectáreas de cultivos (Ministerio de Medio Ambiente y Agua., 2022), esta situación afecta con mayor intensidad en las áreas rurales dispersas ya que la cobertura es crítica en comunidades, donde solo el 10 % tiene acceso a agua potable (Ministerio de Medio Ambiente y Agua., 2022). Además, la mala gestión de agua, aumento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para el año 2050 (PNUD, 2021).

Una de las problemáticas en nuestro país está relacionado con la dotación de agua de forma segura debido a los escases y el mal uso del este recurso, la situación se agrava en sectores alejados o dispersos donde cada 3 de 10 personas cuentan con acceso al agua potable (UDAPE, 2012).

Según datos de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) de Naciones Unidas, la incidencia de la pobreza en poblaciones rurales de Bolivia alcanza un 39,1 % y la pobreza extrema rural un 15,2 %, tasas por encima del promedio latinoamericano. Asimismo, los datos del Instituto Nacional de Estadística obtenidos del Censo de 2012 no indica que más de 3,2 millones de habitantes del Estado Plurinacional de Bolivia viven en áreas rurales, lo que corresponde al 32,7 % de la población, registrando una de las mayores tasas de población rural en América Latina.

Los proyectos de cosecha de agua están siendo implementados en diversas partes del mundo para abordar la escasez de agua, la cosecha de agua es una técnica implementada para abordar la escasez de agua en muchas partes del mundo. Según el Banco Mundial, alrededor de 2000 millones de personas no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura.

La cosecha de agua en el mundo se fundamenta en un análisis crítico de varios estudios relevantes que abordan diferentes aspectos de este tema. Según Bin Aftab et al., (2012), evaluar la idoneidad de los sistemas de cosecha de agua de lluvia en los techos como una alternativa al agua subterránea son soluciones adecuadas al almacenamiento y la gestión de excedentes en temporadas pico de lluvia para garantizar la disponibilidad de agua durante todo el año. Los hallazgos sugieren que los "Programas de Cosecha de Aguas Lluvias" (RWH, por sus siglas en inglés) son una opción de bajo costo que mejora el acceso geográfico y temporal a las fuentes de agua, lo que ayuda a reducir los efectos de las temporadas secas.

Es importante mencionar que, según las técnicas de cosecha de agua utilizadas en los asentamientos antiguos de las regiones secas del Mediterráneo y Asia occidental, siguen siendo relevantes hoy en día y proporciona información valiosa para ingenieros y planificadores. Al clasificar los sistemas de cosecha de agua según las fuentes de agua, se establece un marco para entender la evolución y la viabilidad de las tecnologías de suministro de agua en el "Viejo Mundo", siendo estas prácticas empleadas antiguamente en áreas críticas que contribuyen a soluciones sostenibles. (Beckers et al., 2013).

El estudio de Oyedayo (2019), con la cosecha de agua de lluvia en los techos en las colinas de Taita en Kenia, explora el estado actual y la necesidad de los datos científicos concretos para guiar a los responsables de las políticas para la implementación efectiva de la cosecha de agua. A través del uso de datos obtenidos por LiDAR y GIS, el autor subraya la importancia de considerar tanto el contexto espacial como el espacio temporal en la evaluación del potencial de cosecha de agua. Este enfoque es crucial para superar las limitaciones de estudios anteriores que se han centrado en áreas pequeñas, utilizando métodos de digitalización manual.

Entonces el conjunto de estos estudios proporciona una visión integral de las técnicas de cosecha de agua, desde sus aplicaciones modernas hasta sus raíces históricas, destacando la importancia de la investigación continua y la adaptación de estas tecnologías en diferentes contextos geográficos y temporales bajo un contexto internacional, buscando soluciones al problema del agua.

El objetivo de este estudio está enfocado, en describir estrategias que contribuyen y coadyuvan al desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático, mediante la implementación de sistemas de captación de agua en áreas vulnerables y críticas del altiplano boliviano, estudiando proyectos similares como el proyecto "Cosechando Agua-Sembrando Luz Potosí" y su contribución efectiva a la

captación del agua. Además, también se describe estrategias que promueven medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, aplicables en las áreas rurales dispersas, con estrategias de captación de agua pluvial superficial que mediante los planes de generación de actividades fomenten el desarrollo comunitario y fortalezcan a las poblaciones beneficiarias.

El objetivo general del estudio centra Elaborar una propuesta técnica, racional y viable, que permita resolver la problemática de la escasez del agua en zonas vulnerables del departamento de Oruro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarca en un enfoque metodológico mixto, que combina métodos cualitativos y cuantitativos, con una orientación predominantemente descriptiva. La investigación comienza con un análisis exhaustivo de la problemática de la escasez hídrica en Bolivia, un fenómeno que se ve directamente exacerbado por los efectos del cambio climático. Para fundamentar este análisis, se ha realizado una recolección y revisión documental minuciosa, utilizando fuentes oficiales y confiables. Entre estas se incluyen datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE) y el ATLAS de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos indicadores y estadísticas son fundamentales para contextualizar la situación hídrica actual del país, lo que permite comprender la magnitud del desafío a nivel nacional.

Complementariamente, se ha llevado a cabo un estudio técnico riguroso basado en datos climáticos actuales y proyecciones específicas para el departamento de Oruro. Este análisis detallado es fundamental para identificar y delimitar con precisión las áreas geográficas más vulnerables a la escasez de agua y a los impactos del cambio climático en la región. La información climática se cruza y contrasta con los datos técnicos y las lecciones aprendidas del exitoso proyecto "Cosechando Agua, Sembrando Luz" implementado en Potosí. Esta comparación y correlación de datos son clave para evaluar la viabilidad técnica y operativa, así como para definir las características de implementación de sistemas de cosecha de agua adaptados a las condiciones particulares de Oruro. De este modo, el estudio no solo diagnostica una problemática, sino que también establece las bases para proponer soluciones concretas y probadas, ajustadas a la realidad local.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se describe los resultados del presente trabajo de investigación, realizados a partir del diagnóstico mostró existen riesgos en áreas vulnerables y afectación climática en el altiplano boliviano, y también que los sistemas de cosecha de agua pueden ser una solución a este problema.

3.1. Análisis de las áreas vulnerables del departamento de Oruro.

La publicación del MAPA NACIONAL DE VULNERABILIDAD ACTUAL AL CAMBIO CLIMÁTICO 2022, por parte de la autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, indica que 46 municipios (13 % del país) que se encuentran en la categoría de muy alta vulnerabilidad. Los municipios están distribuidos en casi todos los departamentos a excepción de Tarija y Santa Cruz. Son municipios mayoritariamente rurales cuya población depende de las aguas superficiales y aguas subterráneas para desarrollar sus actividades, y estas fuentes de agua están sensibles a los efectos del cambio climático, principalmente a las sequías. De los 46 municipios, ocho se encuentran en una situación crítica (Santiago de Callapa, La Asunta y Chacarilla de La Paz; El Choro y Coipasa de Oruro; Bolpere, San Pedro y Sena de Pando). En la Tabla 1 podemos observar el porcentaje de vulnerabilidad de los diferentes departamentos del país.

Tabla 1:

Vulnerabilidad del sector agua por departamento.

Categoría vulnerabilidad	Nº municipios	%	Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Oruro	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando
0,76- 1,00 Muy alta vulnerabilidad	46	13	2	13	3	8	2	0	0	8	10
0,51- 0,75 Alta vulnerabilidad	181	53	21	56	25	20	25	3	20	7	4
0,26- 0,50 Mediana vulnerabilidad	109	32	5	18	18	7	12	8	36	4	1
0,00- 0,25 Baja vulnerabilidad	5	1	1	0	2	0	2	0	0	0	0

NOTA. (MAPA NACIONAL DE VULNERABILIDAD, 2022).

La sequía es un riesgo recurrente y significativo en el departamento de Oruro, ejerciendo una presión considerable sobre sus ecosistemas y comunidades. Este fenómeno afecta severamente a ocho de sus municipios, donde la producción agrícola, pilar fundamental de la subsistencia local, depende en gran medida de las inestables condiciones climáticas. Esta dependencia extrema convierte a la sequía en un desafío crítico y, a menudo, insuperable, comprometiendo la seguridad alimentaria, los medios de vida y el desarrollo socioeconómico de estas poblaciones. La variabilidad climática y los patrones de precipitación irregulares intensifican esta vulnerabilidad, limitando la capacidad de recuperación de los sistemas productivos. Además de la dependencia climática directa en la agricultura, es crucial destacar que varios municipios del departamento de Oruro presentan índices de vulnerabilidad elevados, que oscilan entre 0.76 y 1.00. Estos valores, detallados en la Tabla 2, indican una alta susceptibilidad a los impactos de eventos climáticos adversos, exacerbada por una baja capacidad de preparación y adaptación. Esta combinación de alta vulnerabilidad y limitada resiliencia se traduce en un mayor riesgo de pérdidas económicas, desplazamiento de poblaciones y deterioro de la calidad de vida. Comprender la distribución geográfica de estos índices de vulnerabilidad es fundamental para diseñar e implementar estrategias de adaptación y mitigación específicas, que fortalezcan la capacidad de respuesta de las comunidades y reduzcan el impacto a largo plazo de las sequías en el departamento de Oruro.

Tabla 2:
Índices municipales de vulnerabilidad para Oruro

Nº	Código municipal	Departamento	Provincia	Municipio	Índice Vulnerabilidad Municipal Sector Alimentos	Índice Vulnerabilidad Municipal Sector Agua	Índice Vulnerabilidad Municipal Sector Salud	Índice Vulnerabilidad Municipal Sector Ecosistemas	Índice Vulnerabilidad Municipal Sector Hábitat	Índice de Vulnerabilidad Actual	Índice de Preparación Económico Municipal	Índice de Preparación Social Municipal	Índice de Preparación Municipal
65	0101	ORURO	cercado	Oruro	,74	,28	,31	,66	,87	,57	,58	,36	,75
66	0102	ORURO	Cercado	Caracollo	,69	,69	,74	,53	,68	,61	,65	,86	,84
67	0103	ORURO	Cercado	El Choro	,6	,97	,77	,54	,66	,76	,52	,72	,57
68	0104	ORURO	Cercado	Paria	,55	,49	,77	,5	,5	,54	,54	,38	,86

69	0201	ORURO	Abaroa	Challapata		,72	,36	,58	,52	,64	,54	,55	,68	,86
70	0202	ORURO	Abaroa	Santuario de Quillacas		,95	,62	,63	,49	,3	,75	,71	,28	,45
71	0301	ORURO	Carangas	Corque		,74	,74	,79	,56	,57	,92	,96	,52	,49
72	0302	ORURO	Carangas	Choquecota		,73	,82	,74	,52	,49	,72	,73	,57	,57
73	0401	ORURO	Sajama	Curahuara de Carangas		,58	,65	,61	,28	,52	,66	,53	,6	,48
74	0402	ORURO	Sajama	Turco		,58	,71	,57	,38	,47	,7	,57	,18	,44
75	0501	ORURO	Litoral	Huachacalla		,63	,42	,53	,3	,61	,63	,45	,27	,59
76	0502	ORURO	Litoral	Escara		,69	,79	,62	,49	,51	,73	,75	,32	,61
77	0503	ORURO	Litoral	Cruz de Machacamarca		,57	,62	,61	,45	,66	,71	,62	,42	,45
78	0504	ORURO	Litoral	Yunguyo del Litoral		,68	,55	,6	,43	,48	,56	,52	,12	,41
79	0505	ORURO	Litoral	Esmeralda		,28	,48	,64	,35	,55	,76	,42	,56	,57
80	0601	ORURO	Poopó	Poopó		,68	,51	,59	,47	,55	,44	,5	,24	,78
81	0602	ORURO	Poopó	Pazña		,62	,54	,58	,45	,29	,7	,47	,27	,63
82	0603	ORURO	Poopó	Antequera		,22	,5	,26	,41	,24	,63	,08	,23	,61
83	0701	ORURO	Pantaleón Dalence	Huanuni		,54	,43	,44	,49	,54	,67	,48	,38	,67
84	0702	ORURO	Pantaleón Dalence	Machacamarca		,7	,55	,44	,45	,53	,4	,41	,52	,78
85	0801	ORURO	Ladislao Cabrera	Salinas de Garcí Mendoza		,86	,64	,9	,52	,56	,92		,39	,77
86	0802	ORURO	Ladislao Cabrera	Pampa Aullagas		,68	,72	,72	,53	,55	,73	,75	,37	,53
87	0901	ORURO	Sabaya	Sabaya		,6	,57	,63	,45	,63	,66	,62	,37	,71
88	0902	ORURO	Sabaya	Coipasa		,66	,94	,67	,38	,47	,68	,74	,6	,38
89	0903	ORURO	Sabaya	Chipaya		,94	,66	,62	,43	,84	,89	,89	,1	,32
90	1001	ORURO	Saucarí	Toledo		,48	,84	,66	,55	,52	,76	,75	,79	,85
91	1101	ORURO	Tomás Barron	Eucaliptus		,76	,55	,62	,23	,61	,77	,53	,5	,72

92	1201	ORURO	Sur Carangas	Andamarca	,76	,74	,68	,49	,45	,81	,78	,87	,62
93	1202	ORURO	Sur Carangas	Belen de Andamarca	,61	,67	,64	,46	,45	,77	,65		,39
94	1301	ORURO	San Pedro de Totora	Totora	,67	,79	,77	,49	,45	,74	,78	,78	,5
95	1401	ORURO	Sebastian Pagador	Santiago de Huari	,82	,57	,59	,48	,52	,63	,66	,82	,6
96	1501	ORURO	Mejillones	La Rivera	,65	,66	,66	,45	,41	,79	,67	,71	,44
97	1502	ORURO	Mejillones	Todos Santos	,49	,8	,67	,45	,54	,9	,76	,62	,37
98	1503	ORURO	Mejillones	Carangas	,75	,89	,69	,45	,66	,82	,82	,72	,46
99	1601	ORURO	Nor Carangas	Santiago de Huayllamarca	,52	,74	,67	,52	,44	,82	,7	,81	,56

NOTA. (MAPA NACIONAL DE VULNERABILIDAD, 2022).

Como se puede observar en la Tabla 2 los municipios de Caracollo, El Choro, Corque, Choque cota, Salinas de Garci Mendoza, Pampa Aullagas, Chipaya, Andamarca, Totora, Todos Santos y Carangas, son los municipios más vulnerables, con índices de alta vulnerabilidad, así también el departamento presenta 2 municipios con índices de vulnerabilidad y con baja capacidad de preparación ante los efectos climáticos adversos.

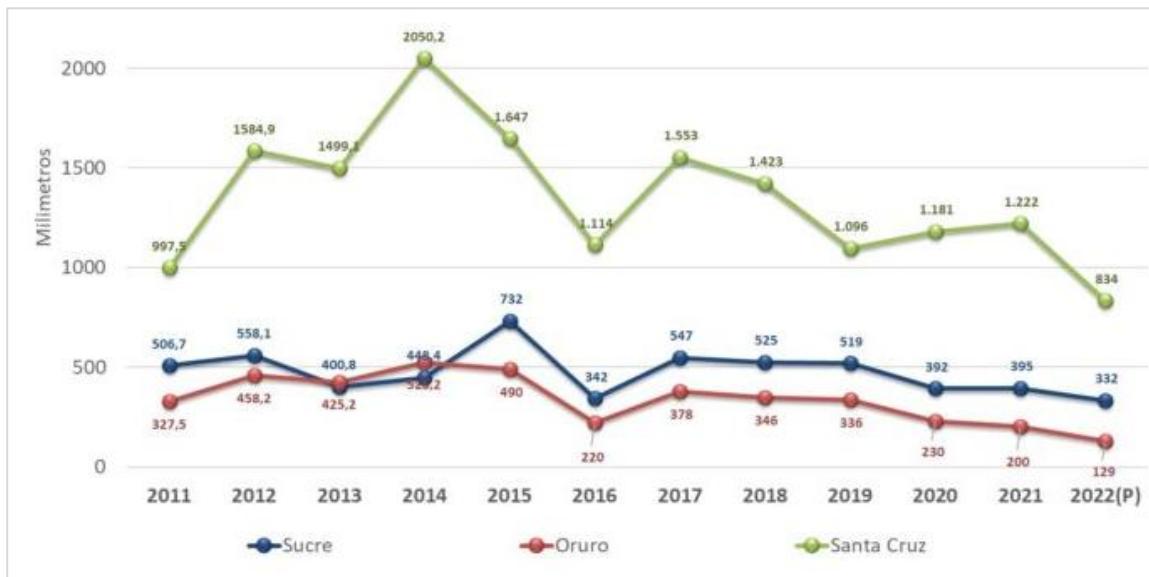
En base a los datos expuestos los municipios con mayores índices de vulnerabilidad ante las sequias, que requieren la intervención con planes de mitigación son; El Choro, Corque, Chipaya y Salinas de Garci Mendoza, dentro estos es preciso incorporar al municipio de Yunguyo el Litoral al ser tener baja capacidad de preparación ante efectos climáticos adversos.

Comportamiento de lluvias: Análisis de datos de pluviometría en áreas vulnerables de departamento de Oruro.

El registro de lluvias en el departamento de Oruro sobrepasó los 129 mm, por tercer año consecutivo y se agravan las bajas precipitaciones pluviales en el departamento altiplánico. En el periodo enero-noviembre del 2020 no superó 230 mm y para la gestión 2021 cayó a 200 mm. Oruro arrastra el problema de déficit hídrico desde la sequía de 2016, que marcó un antes y después. A diciembre, es un hecho que Oruro no alcanzará ni la mitad del registro promedio de los últimos doce años cifrado en 339 mm. En la Figura 1 podemos observar el histórico de precipitaciones pluviales desde la gestión 2011 al 2022.

Figura 1:

Precipitaciones acumuladas por gestiones para Oruro, Sucre y Santa Cruz.



NOTA. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

3.2. Propuesta de implementación de sistemas de captación de agua.

Tras el análisis de la vulnerabilidad frente a las sequias en Oruro, se propone la captación del agua de lluvia como una alternativa para hacer frente al problema de adaptación y mitigación, para resolver la problemática de los escases del agua, en áreas dispersas del departamento de Oruro. El sistema de captación de agua de lluvia se realizará a partir de techos y se propone un almacenamiento adecuado para consumo humano en municipios que son altamente vulnerables como el: El Choro, Corque, Chipaya, Salinas de Garci Mendoza y Yunguyo de Litoral, al ser áreas dispersas del departamento que atraviesan escasez de fuentes de agua. La propuesta prevé el uso de la cubierta y su estructura de soporte, la misma que puede estar adosada o contigua a la vivienda. El escurrimiento superficial en techos es interceptado, colectado y almacenado en un tanque, que trabaja además como un regulador de caudales para el periodo.

El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de captación y aprovechamiento pluvial, para destinar el agua a consumo humano, el tratamiento considera un filtro de arena para la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, este proceso será complementado con capacitaciones en métodos de desinfección para la implementación

del componente Agua Segura, se han definido los probables tipos de sistemas a emplearse, en base al análisis de las zonas de intervención, la región de estudio se ubica en áreas altiplánicas y zonas con una planicie de más de 3600 m de altura, donde hay baja presión atmosférica y menos concentración de oxígeno. Su clima es frío, seco y tiene grandes amplitudes térmicas diarias. Se propone un sistema de captación bajo las siguientes componentes que conforman el sistema de cosechadoras de agua:

- **Componente de captación.** - Se caracteriza por el tener un área apropiada para la posterior recolección del agua de lluvia, el techo debe tener una pendiente apropiada considerando el lugar y las características de escurrimiento en base a los coeficientes de escorrentía de los materiales empleados.
- **Componente de recolección.** - Se caracterizan porque lo conforman canaletas de PVC o de tipo de chapa metálica galvanizada, que no alteren la calidad física – químico del agua recolectada, estas deben estar bien adosadas a la cubierta, se debe aplicar las fórmulas y metodologías apropiadas para el dimensionamiento de los canales, se debe evitar el represamiento del agua con el empleo de uniones herméticas adecuadas.
- **Componente interceptor.** – El volumen de interceptor debe calcularse a razón de un litro de agua de lluvia por metro cuadrado del área de techo drenado, se debe tener un diámetro adecuado en la bajante pluvial, se debe contar con los dispositivos de cierre automático cuando el tanque se llene.
- **Componente de almacenamiento.** – El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de precipitaciones y del área de captación, el mismo debe tener una tapa sanitaria que permita una limpieza del interior de forma adecuada, el interior del tanque debe ser impermeable y garantizar la calidad del agua así también se debe prever el sistema de filtración del agua acopiada, su volumen de diseño del tanque debe ser el 110 % del volumen neto.
- **Tratamiento del agua.** – El agua acopiada debe pasar filtros, seguido de una cloración correspondiente o un proceso de desinfección pertinente.

3.3. Datos de análisis del sistema de captación de agua:

Para el diseño se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Área de captación: Superficie del cuerpo de captación (en m²).

2. Intensidad de lluvia: Cantidad de lluvia caída en un período determinado (en mm/h).
3. Eficiencia de captación: Porcentaje de agua de lluvia recolectada respecto a la lluvia total.
4. Capacidad de almacenamiento: Volumen del depósito de almacenamiento (en m³).
5. Caudal de agua: Volumen de agua que fluye por la tubería en un período determinado (en m³/h).

A partir del cociente de la demanda de agua anual y la precipitación neta de diseño se determinó el área de captación requerida.

Para el diseño de los sistemas, se estimó la precipitación neta de diseño a partir de la precipitación media mensual con probabilidad 75 % y aplicar la siguiente expresión:

$$PN_j = P_j^{75} \times Ce$$

Donde:

PN_j = precipitación neta del mes j (1,2,3,...,12), (mm);

P_j^{75} = precipitación total del mes j (1,2,3,...,12) con una probabilidad de 75%, (mm);

Ce = coeficiente de escurrimiento (adimensional). Ver Tabla 3.

Tabla 3:

<i>Coeficientes de escurrimiento</i>	
Material	Coeficiente de escurrimiento
Concreto	0.6 - 0.8
Teja de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Láminas Metálicas	0.9
Paja	0.6 - 0.7

NOTA. ADAPTADO DE (HERNANDEZ,2017)

Para el diseño del sistema de conducción en primer lugar, se diseñan las canaletas y para conocer el gasto que deberán ser capaces de transportar, basta con multiplicar la intensidad de precipitación por el área efectiva de captación e igualar dicho gasto al obtenido de la ecuación de continuidad, donde la velocidad del caudal se obtiene empleando la expresión de Manning y el área proponiendo las dimensiones de las secciones. Posteriormente se diseña la tubería de bajada a partir de la siguiente expresión (Anaya, 2011).

$$D = 2Q\pi V$$

Donde:

D = diámetro de las tuberías de bajada en m

Q = gasto que debe conducir la canaleta en (m³)

V = velocidad del agua (m s⁻¹).

El sistema de almacenamiento es la parte del sistema de captación del agua de lluvia más costosa, por lo que su dimensionamiento debe determinarse con el volumen del tanque de abastecimiento; teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

Donde:

A_i = abastecimiento correspondiente al mes “i” (m^3)

Pp_i = precipitación promedio mensual (litros/ m^2)

Ce = coeficiente de escorrentía

Ac = área de captación (m^2)

El sistema de captación para los municipios afectados por la sequía propuestos en el presente estudio, se propone a partir de datos recogidos de la estación meteorológica de Opoqueri, la más próxima de los municipios afectados por sequias, tiene los siguientes datos en la Figura 2.

Imagen 1:

Datos de la estación meteorológica Senanhi Opoqueri-Carangas.



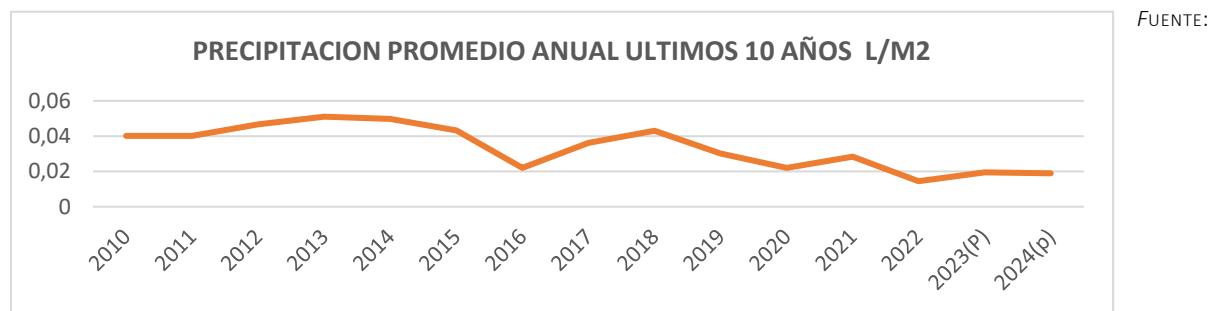
Código	A-1867
Estación	Opoqueri
Activo	Si
Departamento	Oruro
Provincia	Carangas
Municipio	Corque
Latitud	-18.536776
Longitud	-67.899884
Altitud	3777
Tipo	Meteorológica
Sub tipo	Convencional
Propietario	SENAMHI
Operador	SENAMHI
Fecha creacion	2009-12-23

NOTA. RECUPERADO DE DE [HTTPS://SENAMHI.GOB.BO/INDEX.PHP/INICIO](https://SENAMHI.GOB.BO/INDEX.PHP/INICIO)

En la Figura 2 podemos observar los datos que se utilizan en el estudio en función del valor promedio de los últimos 10 años de lluvia en (litros/ m^2).

Figura 2:

Precipitaciones acumuladas por gestiones identificando a los 3 peores de Bolivia.



ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA SENANHI OPOQUERI-CARANGAS

Conforme a los datos relevados de los municipios afectados frente a este fenómeno climático, es evidente la disminución gradual de las precipitaciones pluviales, a lo cual se propone un sistema de almacenamiento de agua conforme la superficie de cubierta. En la Tabla 4 se detallan valores de almacenamiento del sistema de captación de agua de lluvia conforme a los datos de estudio, así también es preciso que la propuesta contemple un sistema de filtro, que es necesario para que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta.

Tabla 4:

Volumen mínimo requerido conforme al área de captación.

Área de techo, m ²	Máximo valor (Volumen de almacenamiento m ³)
50	0,225
60	0,27
70	0,315

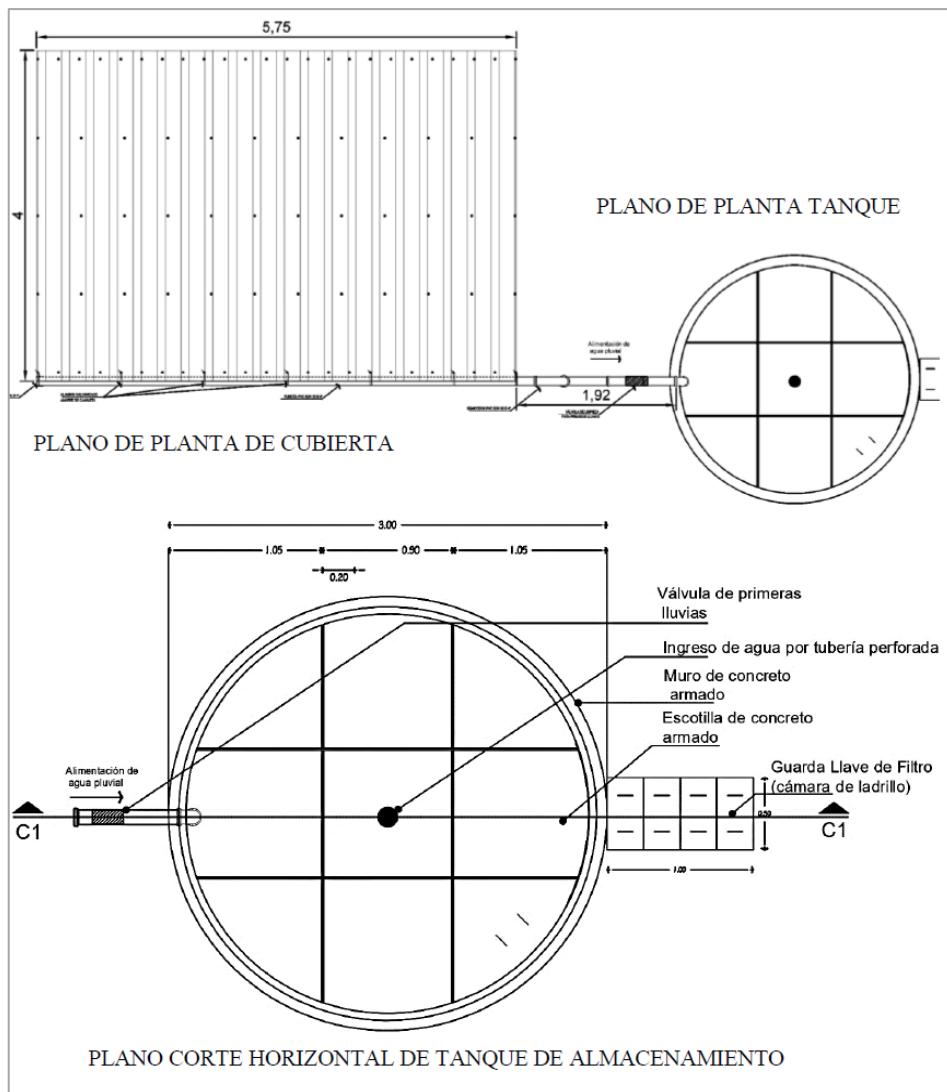
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de un filtro de mesa de arena seguido de la desinfección con cloro. En la Hoja Técnica "HT-04 Filtros de Mesa de Arena" se describe el funcionamiento de este sistema. Se ha detallado los aspectos más relevantes de la propuesta para la cosecha del agua, los resultados vinculados a la problemática a solucionar, los indicadores y los impactos del mismo en lo ambiental, económico y social, como implementación de **SOSTENIBILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO** en favor de la población que se encuentra afectada frente a este tipo de afectos adversos y la evidente escasez del agua en áreas dispersas de departamento de Oruro

en los municipios donde se propone su implementación. En la Figura 3y4 podemos observar la propuesta técnica.

Figura 3:

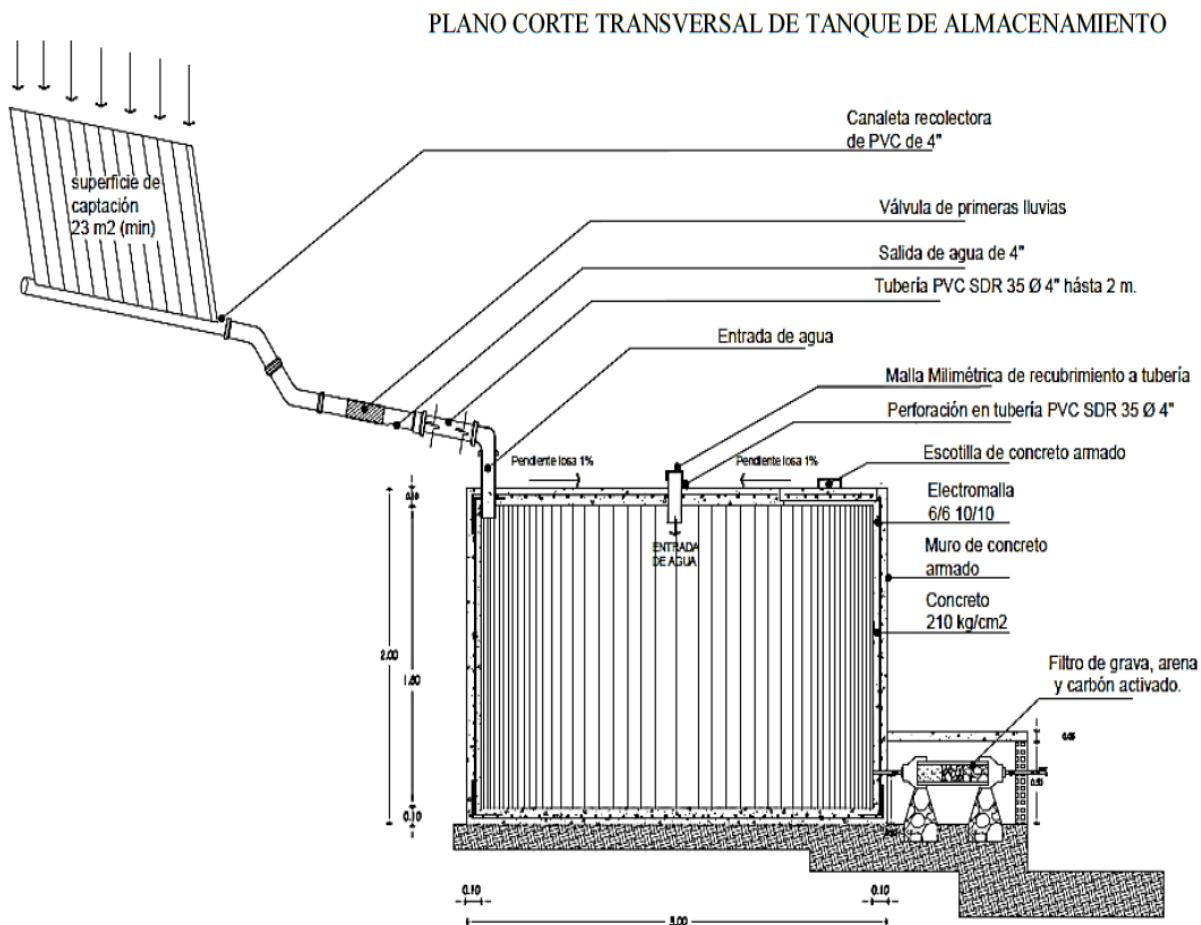
Planos técnicos de la propuesta de un sistema de captación de agua.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Figura 4:

Planos técnicos de la propuesta de un sistema de almacenamiento y filtro del sistema de captación de agua.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Finalmente este estudio y la propuesta se basan en datos e indicadores que caracterizan la situación en la que se encuentra la problemática del cambio climático en el departamento de Oruro, y con la propuesta se espera mejorar la calidad de vida de los habitantes en áreas dispersas, vulnerables ante la sequía y la escasez del agua, siendo esta una alternativa de mitigación y adaptación al cambio climático de manera sostenible, cubriendo necesidades básicas de la poblaciones con altos índices de vulnerabilidad y baja preparación ante los efectos climáticos adversos.

4. CONCLUSIONES

Entre los principales resultados de los sistemas de cosecha de agua se requieren técnicas relativamente sencillas, pero que resultan muy importantes para luchar contra la sequía en zonas vulnerables, conforme a este estudio se plantea las siguientes conclusiones:

- Para los sistemas de cosecha de agua se requieren técnicas relativamente sencillas, pero que resultan muy importantes para luchar contra la sequía en zonas vulnerables.
- Los municipios de Caracollo, El Choro, Corque, Choque cota, Salinas de Garci Mendoza, Pampa Aullagas, Chipaya, Andamarca, Totora, Todos Santos y Carangas, son los municipios orureños más vulnerables, con índices de alta vulnerabilidad tal como lo demuestran los datos del Proyecto Biocultura y Cambio Climático.
- La implementación de sistemas de captación del agua de lluvia se recomienda por su fácil aplicabilidad en áreas dispersas, su aplicabilidad se enmarca en la adaptabilidad de sistemas sostenibles en áreas vulnerables y dispersas del departamento de Oruro.
- El sistema de captación de agua pluvial es altamente eficiente en áreas dispersas, ya que su instalación no requiere sistemas y redes de ampliación de infraestructura, lo que hace que la implementación de este sistema sea sostenible, económico y adaptable en áreas vulnerables.
- Las áreas dispersas que comprende la propuesta, conforme al cálculo y el análisis de pluviometría requieren la instalación de un sistema de almacenamiento de volúmenes entre 250 litros y 500 litros conforme el área de captación dependiendo entre los 50 a 70 m².

Finalmente, las estrategias que promueven el desarrollo sostenible está vinculadas a construir un enfoque responsable de los recursos naturales, promover la reducción de la huella ecológica y enfatizando en la conciencia social, como la implementación de energías limpias y la captación de recursos hídricos tal como lo demuestra el proyecto “Cosechando Agua- Sembrando luz Potosí”, que constituye una medida de adaptación y mitigación frente a los cambios adversos del clima en la región implementada beneficiando de agua en poblaciones que comprendió este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bin Aftab, T., Ali Hasnain, S., & Rashad Iqbal, S. (2012). Save water and safe water: Evaluation of design and storage period on water quality of rainwater harvesting system.

Beckers, B., Berking, J., & Schütt, B. (2013). Ancient Water Harvesting Methods in the Drylands of the Mediterranean and Western Asia.

Boletín informativo CUIDEMOS EL AGUA. La Paz.

Fernández-Duque, B., Vicente Serrano, S. M. Maillard , O. , Domínguez Castro, F. , Peña-Angulo, D. , Noguera, I. , Azorín-Molina, C. y El Kenawy, A. (2023). Cambios observados a largo plazo en la temperatura del aire, la humedad relativa y el déficit de presión de vapor en Bolivia, 1950-2019 . Revista Internacional de Climatología , 43 (14), 6484 – 6504

Foronda, Mauricio. Sequías en Bolivia. Observable. Recuperado de <https://observablehq.com/@mauforonda/sequias-en-bolivia>

MAPA NACIONAL DE VULNERABILIDAD. (2022). MAPA NACIONAL DE VULNERABILIDAD. Autoridad Plurinacional. Ministerio del Medio Ambiente y Agua. (2018). https://smtcc.madretierra.gob.bo/assets/library/pdf/MAPA_VULNERABILIDAD.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2022). Informe sobre la gestión del agua en Bolivia.

PNUD. (2021). Objetivos del desarrollo sostenible Bolivia. Retrieved from <https://www.bo.undp.org/content/bolivia/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

Oyedayo, O. (2019). Spatiotemporal Modelling of Rooftop Rainwater Harvesting with LiDAR Data in the Taita Hills, Kenya.

SENAMHI. (2022). informe sobre la sequía en Bolivia. La Paz Bolivia: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

UDAPE. (2012). AGUA Y SANEAMIENTO BASICO. 7. <https://www.udape.gob.bo/>

UDAPE. (2012). INFORME TECNICO. <https://www.udape.gob.bo/>

APRENDIENDO DE LAS VEGAS: UNA INTERPRETACIÓN PARA UNA ARQUITECTURA EMERGENTE EN BOLIVIA DENOMINADA ARQUITECTURA ANDINA

Ph. D. Arq. Ariel Rey Villca Pozo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia

Correspondencia: ariel.villca@doc.uto.edu.bo

<https://orcid.org/0000-0002-0972-6946>

RESUMEN

Palabras clave: Cholets, Chacana, Cosmovisión andina, Arquitectura transforme.

El presente artículo corresponde a una interpretación del análisis del libro “Aprendiendo de Las Vegas” cuyos conceptos son aplicados a una nueva arquitectura emergente Bolivia denominada arquitectura andina, también comúnmente conocida como “Cholets”, “arquitectura transforme” o “neo andina”. Se podría decir que la estética utilizada en las fachadas de estos edificios no se basa en conceptos abstractos utilizados en el movimiento moderno, sino que se identifican con imágenes concretas con un claro mensaje comercial. Además, estas abstracciones pueden considerarse como elementos textuales más que formales, debido a que están condicionadas por la estética para causar el mayor impacto visual como elemento figurativo.

Learning from Las Vegas: An Interpretation for an Emerging Architecture in Bolivia Called Andean Architecture

ABSTRACT

Keywords: Cholets, Chacana, Andean worldview, Transformative architecture.

This article is an interpretation of the analysis of the book "Learning from Las Vegas," whose concepts are applied to a new emerging architecture in Bolivia called Andean architecture, also commonly known as "Cholets," "transforming architecture," or "neo-Andean." It could be said that the aesthetics used in the facades of these buildings are not based on abstract concepts used in the modern movement, but rather are identified with concrete images with a clear commercial message. Furthermore, these abstractions can be considered textual rather than formal elements, because they are conditioned by aesthetics to create the greatest visual impact as a figurative element.

1. INTRODUCCIÓN

La obra aprendiendo de Las Vegas es un análisis comparativo. Según sus autores, en el strip de Las Vegas, como sistema de comunicación, existen tres tipos de mensajes: i) el heráldico de los letreros; ii) el fisionómico, que comprende los mensajes emitidos por las fachadas de los edificios; y iii) los bungalows, que son una especie de cabaña o casa destinada para el turismo, suburbanos, correspondientes a las capillas, las gasolineras y espacios que ayudan al funcionamiento de las vegas.

Estos tres elementos están íntimamente relacionados: una fachada de un casino se convierte en un letrero, la forma de un edificio refleja su nombre, un letrero refleja dicha forma, y estas combinaciones es el resultado entre arquitectura y simbolismo, entre forma y significado, entre el conductor y la carretera, etc., todos estos elementos afectan a la arquitectura actual.

En este contexto, los letreros son elementos mucho más importantes que la propia arquitectura, están situados de frente a la carretera para que los conductores y pasajeros lo perciban mucho mejor que uno ubicado lateralmente. Atraen mucho más cuando están en movimiento respecto de uno estático, utilizan medios mixtos como palabras, imágenes y esculturas.

“Esta arquitectura de signos y espacios es antiespacial es más una arquitectura de comunicación que de espacio; la comunicación domina el espacio como elemento dentro la arquitectura del paisaje” (Venturi R. et al).

Los caracteres fisionómicos de los edificios tienen mayor importancia en la fachada de entrada al edificio y en la fachada lateral que da al strip, porque se observa a gran distancia desde los automóviles. Pero las fachadas posteriores son las menos extravagantes, carecen de un estilo específico, pues todo se vuelca hacia el frente y nadie ve la parte de atrás.

Las gasolineras, los moteles, restaurantes y otros tipos de edificio, en general son mucho más sencillos, también se ajustan a este sistema que conecta hacia la autopista, sus distribuciones y formas se adaptan a ese entramado.

“Aunque sus edificios sugieren un buen número de estilos históricos, sus espacios urbanos no le deben nada al espacio histórico. El espacio de Las Vegas no está contenido o cerrado como el espacio medieval, ni clásicamente equilibrado y proporcionado como el espacio renacentista, ni se deja llevar por un movimiento rítmicamente ordenado como el espacio barroco, ni fluye como el espacio moderno alrededor de generadores de espacio urbanos extensos”. Venturi R. et al.

En este paisaje aparentemente caótico, existe un cierto orden compartido por las actividades y funciones que se llevan a cabo en esta ciudad de Las Vegas.

1.1. Arquitectura andina

A continuación, utilizando los conceptos aprendidos en la lectura del libro aplicamos los mismos, al Estado Plurinacional de Bolivia, específicamente en la ciudad de El Alto, donde a partir del año 2002 se dio una nueva arquitectura emergente, según su creador Freddy Mamani Silvestre denominada “arquitectura andina”.

En opinión de este autor, Freddy Mamani, sus obras se justifican con los siguientes términos:

“Algunas formas las he sacado del arte andino. Los tiwanacotas usaban un lenguaje de civilización en sus formas: tejidos, cerámicas y ruinas arquitectónicas”.

“Busco darle identidad a mi ciudad recuperando elementos de nuestra cultura originaria”.

“Quería hacer una arquitectura que hablara un lenguaje andino, ya que lo que se enseña en las universidades no tiene nada que ver”.

“En El Alto vivimos en una ciudad frígida, polvorienta, todo es color ocre, no tenemos mucha vegetación. Entonces yo pensé: ¿por qué no puedo dar a mi ciudad un poco de color?”.

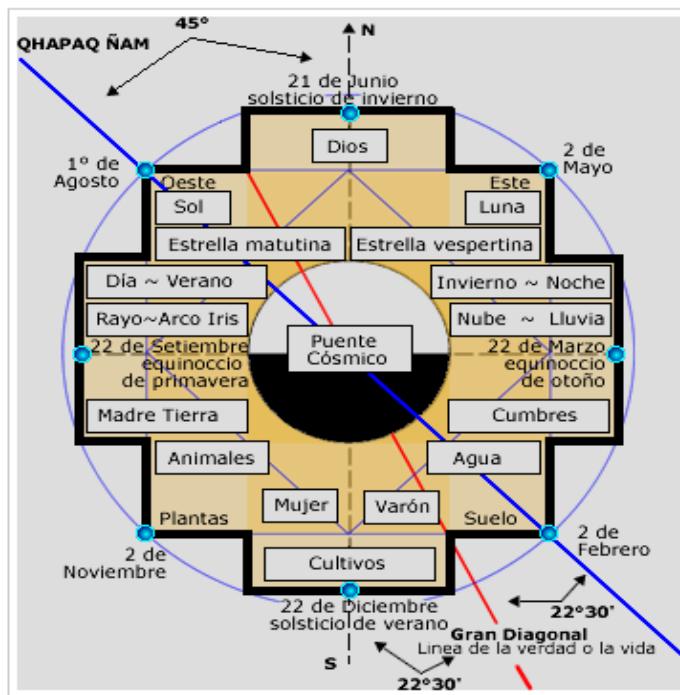
“Yo he tratado de rescatar dos elementos esenciales como son las iconografías andinas de Tiwanaku y los textiles que llevan nuestras madres”.

“Rescatar la identidad a través de su arquitectura”.

2. COSMOVISIÓN ANDINA

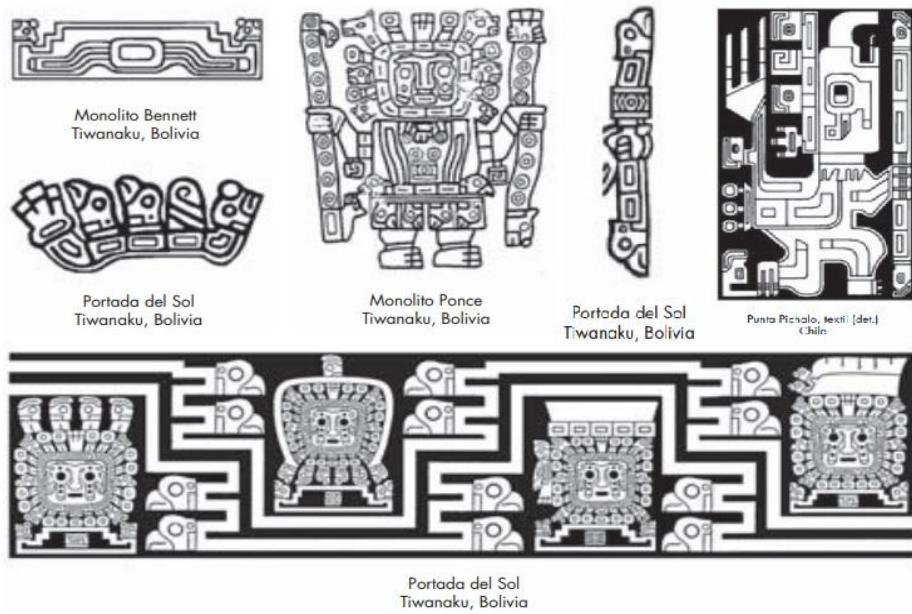
Si bien no es objeto de estudio describir este tema debido a sus niveles múltiples de complejidad, con el fin de ayudar a comprender esta arquitectura, en la Figura 1 se muestra la Chacana (Cruz andina) y en la Figura 2 algunas de las iconografías utilizadas en la cultura Tiwanaku.

Figura 1.
La chacana.



NOTA. RECUPERADO DE [HTTPS://OMARPAL.BLOGSPOT.COM/2013/04/COSMOVISION-ANDINA-LA-CHAKANA.HTML](https://OMARPAL.BLOGSPOT.COM/2013/04/COSMOVISION-ANDINA-LA-CHAKANA.HTML)

Figura 2.
Iconografía de la cultura Tiwanaku.



NOTA: A PARTIR DE [HTTPS://WWW.SAMORINI.IT/DOC1/ALT_AUT/SZ/TORRES_06.PDF](https://WWW.SAMORINI.IT/DOC1/ALT_AUT/SZ/TORRES_06.PDF)

3. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO

La ciudad de El Alto pertenece al departamento de La Paz y este departamento, por ser la sede administrativa de Bolivia, a lo largo de la historia siempre fue un foco atractivo de migración del interior del país, como del área rural. La ciudad del Alto fue creada por diferentes olas de migración campo-ciudad con asentamientos informales, en especial, por personas de origen aymara y, tanto en sus inicios como actualmente, por un crecimiento acelerado de urbanización, donde existen sectores carentes de servicios básicos, infraestructura, espacio público, etc.

El Alto es una de las ciudades con más rápido crecimiento económico del país. El comercio es una actividad característica muy importante de la ciudad y esta actividad se ve reflejado en sus mercados, ferias, locales comerciales, fiestas patronales, etc. Esta actividad es la que dio origen a una nueva clase de burguesía alteña, que comprende a familias dedicadas a la importación de productos y en algunos casos productos de contrabando, ocasionando un gran daño económico al país y a la industria nacional.

Es esta nueva clase social que se manifiesta mediante un nuevo tipo de arquitectura emergente con una propia estética como reivindicación cultural de un colectivo social en particular, la misma surge desde los estratos sociales de la burguesía alteña, con construcciones que van desde los 250.000\$ a 600.000\$ (dólares americanos). Cabe precisar que también se puede tratar de una familia que mediante un préstamo bancario pretende construir su vivienda, donde el futuro propietario influenciado por esta estética en la arquitectura, expresa sus deseos que se debe plasmar en la construcción de su casa.

4. ARQUITECTURA COMO SÍMBOLO

Al igual que la arquitectura de Las Vegas, donde la competencia por tener el mejor impacto visual, con un mensaje comercial persuasivo que impregna todo su entorno (publicidad), la arquitectura emergente de la ciudad de El Alto también centra su importancia en la fachada principal de los edificios, empleando colores brillantes, materiales muy caros, connotando su poder adquisitivo, como una forma de demostración del poder económico de esa familia en particular. La competencia del deseo de poseer la mejor construcción ante este colectivo en particular es muy frecuente, por su interés de marcar la diferencia dentro este mismo estrato social.

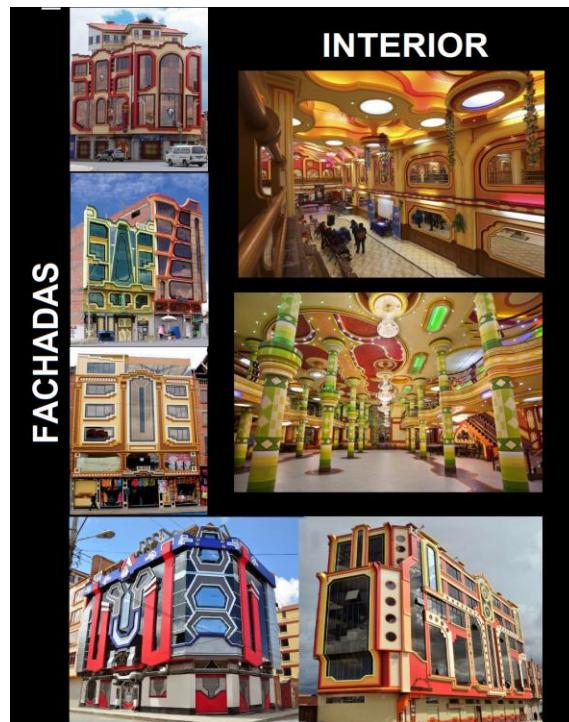
Este tipo de arquitectura aparte de ser una vivienda familiar, también cumple una función económica y social, debido a su configuración interna del edificio. En la planta 0 es donde se ubica las tiendas comerciales para el negocio, la planta del primer y segundo piso suele ser un salón de fiestas para matrimonios, bautizos, graduaciones, pretes, etc. El tercer piso corresponde a los apartamentos para los hijos y la última planta reservada para los padres de familia con una construcción de tipo chalé, cuya tipología rompe con la volumetría rectangular del edificio. Es tipo de construcción puede llegar hasta las 6 plantas, cuando la construcción de una vivienda normal alcanza en promedio hasta 3 o 4 plantas.

Los salones de fiestas cada vez se hacen más extravagantes con el uso de imágenes con un fin en particular, tanto por su exterior como en su interior, para diferenciarse de la competencia, al igual que ocurre con los casinos de la ciudad de Las Vegas.

Este fenómeno arquitectónico como fuente de prácticas sociales, considera los elementos mediáticos como una forma de expresión, en su interés de marcar la diferencia. Junto a otros atractivos turísticos de la ciudad de El Alto, esta nueva arquitectura emergente ha generado una oferta turística, con la visita de estos edificios dentro un circuito turístico. En la figura 3 se muestra algunas imágenes de este tipo de arquitectura.

Figura 3.

Ejemplos de la arquitectura emergente de la ciudad de El Alto.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Según la opinión de sus propietarios, el uso de alguna iconografía andina y la variedad de los colores son una forma de expresar su origen humilde de padres migrantes del área rural y el esfuerzo que hicieron para llegar a ese nuevo estrato social, considerando que en Bolivia todavía existe una gran desigualdad social y económica. El propio arquitecto Freddy Mamani por estas características la denomino como “Arquitectura andina”.

Sin embargo, hay que reconocer que esto es mucho más complejo de lo que aparenta. El uso de los colores está ligado a las diferentes civilizaciones, la distribución interna de los espacios responde a una funcionalidad específica, por tanto, no puede considerarse como una expresión de la cosmovisión andina, porque no corresponde a espacios que buscan las mejores orientaciones, la circulación de las energías, etc., tal como se hace en el Feng Shu. Por ello, este nombre de “Arquitectura andina”, a mi juicio personal, tiene error de concepto. Es por ello que ha suscitado un tema de interés entre los académicos, en la población en general, e incluso una repercusión a nivel internacional, lo que ha generado diferentes nombres a esta arquitectura emergente como: cholets, arquitectura transforme, neo andina, etc.

Tampoco es objeto de estudio analizarlas y, mucho menos justificar y/o enjuiciar este tipo de arquitectura, ya que eso supondría llevar este artículo más allá de sus propósitos. Por ello remito al lector a la bibliografía para que saque sus propias conclusiones, y poder hacer un juicio de valor acertado sobre esta arquitectura. No podemos valorar ni establecer su grado de importancia hasta que seamos capaces de definirlo con un con un nombre específico, considerando que la parte andina de Bolivia corresponden a los departamentos de Oruro, Potosí y parte de La Paz.

Finalmente, cabe indicar que esta arquitectura es de gusto de sus propietarios y son construcciones que están presentes en el espacio de la ciudad de El Alto y siguen en crecimiento, sean o no aceptados en el gusto estético de las personas. Actualmente la evolución de este tipo de arquitectura ya no solamente se basa en iconografía andina, sino que utiliza una iconografía influenciada por el fenómeno de la globalización.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio parecen indicar que la arquitectura contemporánea está cargada de simbolismos, que de alguna manera trata de justificar su propia existencia. La comparación

de dos arquitecturas ubicadas en diferentes lugares del mundo, sugiere que el carácter fisionómico de los edificios tiene un gran valor estético como forma de expresión.

La estética presente en las fachadas de estos edificios no se basa en conceptos abstractos utilizados en el movimiento moderno, sino más bien se identifican con imágenes concretas con un claro mensaje comercial. Como hemos remarcado, estas abstracciones pueden considerarse como elementos textuales más que formales, debido a que están condicionadas a la estética o al impacto visualmente como elemento figurativo.

Proponer nuevos códigos estéticos conforme a una determinada realidad social, podría considerarse como una crítica a la arquitectura moderna del estilo internacional, al tratar de eliminar conceptos de composición, simetría, orden, proporción. Asimismo, una buena técnica publicitaria requiere la distinción del producto en relación de los sentidos, los significados, las impresiones causadas en los usuarios, entre otros aspectos; y este caso en particular son expresados a través de la arquitectura.

Finalmente, podemos concluir señalando que el lenguaje del vidrio en esta arquitectura emergente podría interpretarse como un sólido y no solamente como un elemento que sirve para buscar la iluminación en el edificio, tal como se da en la arquitectura moderna utilizada como un vacío literal con un material transparente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Venturi R., Scott Brown D., Izenour S., 2016, "Aprendiendo de Las Vegas", Edit.: Gustavo Gili SL., Tercera edición, ISBN: 978-84-252-2821-6. Barcelona-España.

Cardenas Plaza R., 2010, "Arquitecturas emergentes en El Alto", Edit.: Plural editores, ISBN: 978-99954-32-78-2. La Paz-Bolivia, disponible en: http://www.pieb.com.bo/2016/BPIEB/BPIEB_28_101_Arquitecturas.pdf (Consultado 3/01/2019)

M. Torrez C., 2004, "Imágenes legibles: la iconografía tiwanaku como significante", N° 9, pp. 55-73, Santiago de Chile ISSN 0716-1530, disponible en:

https://www.samorini.it/doc1/alt_aut/sz/torres_06.pdf (Consultado 3/01/2019)
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6614/ARQUITECTURA%20ALTE%C3%91A.pdf?sequence=1> (Revisado 7/01/2019)

<https://maquispe.files.wordpress.com/2015/01/freddy-mamani-en-somos.pdf> (Revisado 7/01/2019)
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11174/222.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Revisado 7/01/2019)

https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/26510_87437.pdf (Revisado 7/01/2019)

[http://www.fundacionaltiplano.cl/web/wp-content/uploads/material-de-estudio/arquitectura-andina/arquitectura-andina-\(I\).pdf](http://www.fundacionaltiplano.cl/web/wp-content/uploads/material-de-estudio/arquitectura-andina/arquitectura-andina-(I).pdf) (Revisado 7/01/2019)



REVISTA CIENTIFICA FAU 5.0

VOL. 01, N°1

Deposito Legal: 5 -3 -499-2025 P.O.

ISSN : ISSN: 3105-4617 (impreso)