

## Construcción de obras de pavimentación con Building Information Modeling y metodología tradicional en Chota, Cajamarca

Construction of paving works with Building Information Modeling and traditional methodology in Chota, Cajamarca

Gilmer Burga Muñoz<sup>\*</sup> , Osmar Regalado Huanambal<sup>1</sup> , Luis A. Díaz Muñoz<sup>1</sup> ,  
Elmer N. Chávez Vásquez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

\*Autor de correspondencia [e-mail: [gilmerbm.ing04@gmail.com](mailto:gilmerbm.ing04@gmail.com)]

### RESUMEN

La infraestructura vial juega un rol fundamental en el desarrollo social y económico del país, por tanto, la adecuada gestión de los proyectos debe cumplir con la aplicación de la triple restricción de tiempo, costo y alcance. El objetivo en este estudio fue analizar la gestión de la construcción en una obra de pavimentación utilizando la metodología Building Information Modeling (BIM) y el método tradicional en Chota, Cajamarca. Inicialmente se realizó una inspección visual y metódica a las calles Jr. Fray José Arana y Jr. Francisco Cadenillas, y se analizó la documentación de cada expediente técnico. Los resultados mostraron que la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) permitió mayor precisión en elaboración de planos, metrados, cronograma y presupuesto de obra. Además, demostró ser más efectiva en el cumplimiento de la triple restricción de alcance, plazo y costo, a diferencia de la metodología tradicional, cuya obra se concluyó ocho días después de lo programado. Los índices de productividad también fueron más altos en la obra donde se aplicó BIM (103.38%) en contraste con la obra tradicional (84.91%). En conclusión, se determinó que la implementación de la metodología BIM en proyectos de pavimentación puede mejorar significativamente la gestión y eficiencia de la obra.

*Palabras clave:* alcance, tiempo, eficiencia, eficacia, efectividad.

### ABSTRACT

Road infrastructure plays a fundamental role in the social and economic development of the country; therefore, the proper management of projects must comply with the application of the triple constraint of time, cost and scope. The objective of this study was to analyze the construction management in a paving project using the Building Information Modeling (BIM) methodology and the traditional method in Chota, Cajamarca. Initially, a visual and methodical inspection was carried out on Jr. Fray José Arana and Jr. Francisco Cadenillas streets, and the documentation of each technical file was analyzed. The results showed that the application of the Building Information Modeling (BIM) methodology

allowed greater precision in the preparation of plans, measurements, schedules and budgets for the work. In addition, it proved to be more effective in complying with the triple constraint of scope, deadline and cost, unlike the traditional methodology, whose work was completed eight days after the scheduled time. Productivity rates were also higher in the work where BIM was applied (103.38%) in contrast to the traditional work (84.91%). In conclusion, it was determined that the implementation of the BIM methodology in paving projects can significantly improve the management and efficiency of the work.

*Keywords:* scope, time, efficiency, efficacy, effectiveness.

## INTRODUCCIÓN

Para los proyectos de pavimentos, la gestión eficiente de las operaciones es crítico, considerando que, durante la fase de construcción de un pavimento se impide el paso vehicular y de transeúntes (Alvarez et al., 2021), por lo que, los modelos Building Information Modeling (BIM) pueden convertirse con relativa facilidad y rapidez en modelos analíticos que luego se pueden utilizar durante la construcción (Vignali et al., 2021).

BIM es un proceso que implica la generación y gestión de modelos digitales que muestra las características físicas y funcionales de un objeto (Intignano et al., 2021), además, es reconocida como la metodología más adecuada para la elaboración de proyectos de edificación e infraestructura (Fabozzi et al., 2021) por haber revolucionado el campo de la ingeniería y la construcción desde hace unos años (Biancardo et al., 2021).

BIM proporciona al proyecto una base de datos integrada y realista de información de ingeniería (Geng, 2020), se puede utilizar en proyectos desde su planificación hasta el monitoreo y control (Antonio et al., 2022); pero, la búsqueda se ha visto obstaculizada por la falta de experiencia, información y recursos (Patel & Ruparathna, 2021). En cambio, la metodología tradicional se caracteriza por la gran escala, alto costo, alto riesgo y baja

eficiencia en la realización de proyectos (Zhang et al., 2022), la falta de integración y colaboración entre los involucrados pueden afectar la eficiencia, los costos, la comunicación y la calidad del proyecto (Díaz & Aponte, 2021).

En el país, se espera que, al año 2030 se implemente la metodología BIM en la gestión de los proyectos de infraestructura (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021), ya que trata de llevar a cabo proyectos de construcción de manera efectiva y eficiente (Halpin & Senior, 2010) acatando la necesidad de cumplir con los requisitos legales, los reglamentos y la industria las cuales también son causas importantes en la gestión de la construcción (Al-Kharashi & Skitmore, 2009), en tal sentido la gestión de la construcción mejora la calidad y seguridad de un proyecto (Harris et al., 2021).

En la ciudad de Chota, no existen investigaciones que, hayan aplicado la "Metodología BIM", en la etapa constructiva en proyectos de pavimentación, siendo así, es pertinente analizar la aplicación de esta metodología para comprender los retos que, involucran la aplicación de herramientas, información e inteligencia BIM, y como estos pueden coadyuvar a la efectividad en la gestión de la construcción.

En base a lo descrito, el objetivo en este estudio fue analizar el uso de la

metodología Building Information Modeling (BIM) y el método tradicional en la construcción de una obra de pavimentación en Chota, Cajamarca

semifrío pluvioso, con temperaturas mínimas y máximas de 10 °C y 25 °C, respectivamente, 80.5% de humedad relativa y precipitación pluvial de 115 mm (MPCH, 2021).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Chota, situada en las coordenadas UTM WGS84 759836.69 E, 9274099.30 S, y a una altitud de 2 380 m.s.n.m., el clima es

Para el estudio, se ubicaron dos proyectos de pavimentación, el primero en el Jr. Fray José Arana y el segundo en el Jr. Francisco Cadenillas (Figura 1 y Tabla 1). El registro de los trabajos se ha realizado entre los meses de junio y setiembre del 2023.

1

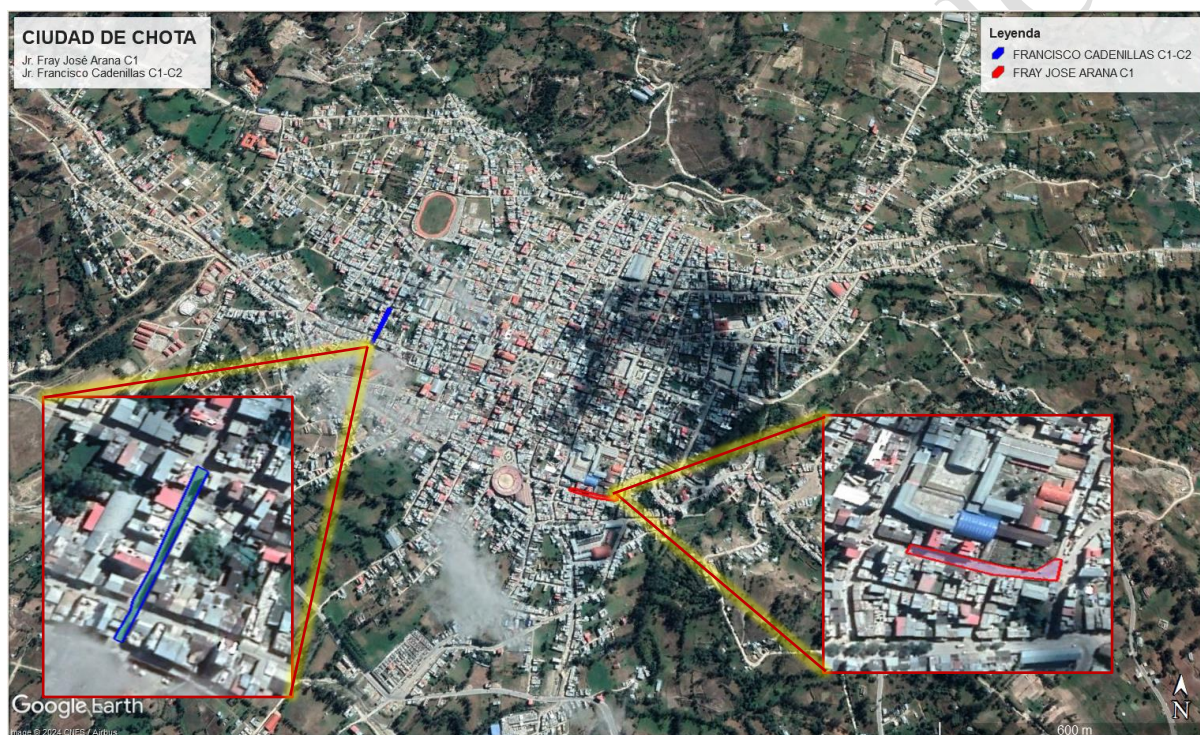


Figura 1. Ubicación del Jr. Fray José Arana y Jr. Francisco Cadenillas en la ciudad de Chota.

Tabla 1. Coordenadas de las calles analizadas en el distrito de Chota, Cajamarca.

Calle (C)	Este m E	Norte m S	Elevación m.s.n.m
Jr. Fray José Arana C1	759957.050	9273786.210	2382.000
Jr. Francisco Cadenillas C1-C2	759433.645	9274166.279	2387.600

### Colecta y procesamiento de datos

En un principio, con la aprobación de la empresa ejecutora se procedió a la colecta de datos (expedientes técnicos)

de metrados, presupuesto y cronogramas de ejecución por partidas similares, prevaleciendo la partida de concreto en pavimento (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comparación de índices de costo y tiempo en metrados de los dos proyectos de pavimentación.

	Jr. José Arana	Jr. Francisco Cadenillas
Concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para pavimento	1246.6	749
Valor referencial	609,710.45	401,969.32
Tiempo	60	45
Comparable del costo (%)	0.20	0.19
Comparable del tiempo (%)	20.78	16.64

Entre tanto, para la evaluación visual se realizó el modelamiento 3D con Revit 2023, y la simulación 4D con Navisworks Manage, donde se identificaron las diferentes irregularidades presentadas en los expedientes tradicionales (Tabla 3), puesto que, al vincular un modelo 3D con

los datos de programación creando un BIM 4D, este muestra la secuencia de acontecimientos, como la logística y las fases de instalación de las estructuras en cada etapa del proceso de construcción a través de un medio visual (Charlesraj & Dinesh, 2020).

**Tabla 3.** Comparación de los modelos en AutoCAD y Revit 3D para identificar las diferencias y semejanzas de ambos métodos.

Modelo AUTOCAD	Modelo REVIT
1. Conceptos concretos 2D	1. Conceptos concretos 3D
2. Prototipo AutoCAD 2D	2. Prototipo REVIT 3D
a) Ubicación bidimensional X e Y	a) Ubicación 3D
b) Topografía 2D	b) Topografía 3D
c) Compuesto estructural 2D	c) Compuesto estructural 3D
d) Metrados (.xls)	d) Metrados (.xls)
Desarrollo: Manual	Desarrollo: Automático
• No se agrupan elementos (Trabajo manualmente de los planos 2D y no existe automatización de datos).	• Agrupamiento de elementos.
	• Tablas de metrados REVIT según partidas.
3. Pres. y APU S10.	3. Pres. y APU S10.
4. Cronograma Ms Project.	4. Cronograma Ms Project y Navisworks.
5. Construcción virtual 2D no existe integración de datos.	5. Construcción Virtual 3D con integración de datos.

Posteriormente, en base a la gestión de la construcción de los pavimentos, se determinó que en el proyecto se aplique la triple restricción de alcance, costo y tiempo (PMI, 2017), para evaluar la

eficiencia, eficacia y efectividad (Eby, 2023), llegando a obtener los mejores resultados en términos de seguridad y calidad de obra (Figura 2).



(Eby, 2023).

**Figura 2.** Triángulo combinado de la triple restricción de alcance, costo y tiempo evaluar la eficiencia, eficacia y efectividad en la construcción civil.

### Diseño experimental

El estudio fue de diseño no experimental porque no se manipuló a la variable, es de corte transversal porque la recopilación de información se efectuó en un momento determinado y es de enfoque cuantitativo porque la medición, descripción y explicación de la variable se realizó a través del análisis matemático y estadístico (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La muestra fue definida de forma no probabilística por conveniencia y estuvo conformada por dos proyectos de pavimentación que se ejecutaron durante el año 2023 por contrato en el ámbito del distrito de Chota.

### Variables evaluadas

Las variables independientes fueron: Metodología Building Information Modeling (BIM) y Metodología Tradicional, la cual se determinó de manera descriptiva y exploratoria teniendo en cuenta la información recopilada del expediente técnico con BIM, de otro lado, la variable dependiente evaluada fue: gestión de la construcción en sus dimensiones: eficiencia, eficacia y efectividad, las cuales fueron calculados por medio de las ecuaciones 1, 2 y 3 (Fewings & Henjewe, 2019). Para definir la eficiencia (Ecuación 1) se aplicó el costo por partida dado en el expediente técnico sobre el costo real de ejecución.

$$Eficiencia = \frac{\text{Costo dado en el expediente técnico}}{\text{Costo real}} \quad (1)$$

Para determinar la eficacia se asumió la duración de la partida proporcionado en el cronograma del expediente

técnico, sobre el tiempo real de ejecución (Ecuación 2)

$$Eficacia = \frac{\text{Tiempo dado en el expediente técnico}}{\text{Tiempo real}} \quad (2)$$

Para determinar la efectividad de los proyectos, se realizó mediante el

producto de las variables antes evaluadas (Ecuación 3).

$$Efectividad = Eficiencia \times Eficacia \quad (3)$$

Finalmente, se utilizaron tablas dinámicas (tablas de cuantificación) para la exportación de datos (partidas definidas por ítem y cálculo de metros) del programa Revit 2023 a Microsoft Excel para comparar las metodologías (BIM y tradicional), utilizadas en la planificación y ejecución de las obras de pavimentación.

reportados por Rodríguez (2022), trabajando en la aplicación de la metodología VDC/BIM para el rediseño y construcción del proyecto de infraestructura vial en el distrito de Tacabamba, Chota.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Chota, la implementación de la metodología BIM en la obra de pavimentación del Jr. Fray José Arana ha demostrado ser eficiente, dado que ha permitido cumplir con los objetivos establecidos de alcance, plazo y costo, es decir, se ha gestionado eficientemente el presupuesto asignado de S/. 599,758.82. Además, se ha completado la obra en un tiempo de 59 días, dentro del plazo estipulado. Resultados similares fueron

Por otro lado, la obra de pavimentación en el Jr. Francisco Cadenillas, donde se aplicó la metodología tradicional, se ha mantenido dentro del presupuesto asignado de S/. 401,969.32, pero, no se ha podido finalizar dentro del plazo establecido, no obstante, se esperaba que la obra concluya en 45 días, pero se extendió a 53 días. Al respecto, Tang et al., (2020); Vignali et al. (2021); Cortes (2022); Moran & Pinilla (2022) señalan que el enfoque circular de gestión en la construcción con BIM permite mayor eficiencia y reducción de costos en comparación con la gestión lineal de la metodología tradicional (Figura 3).

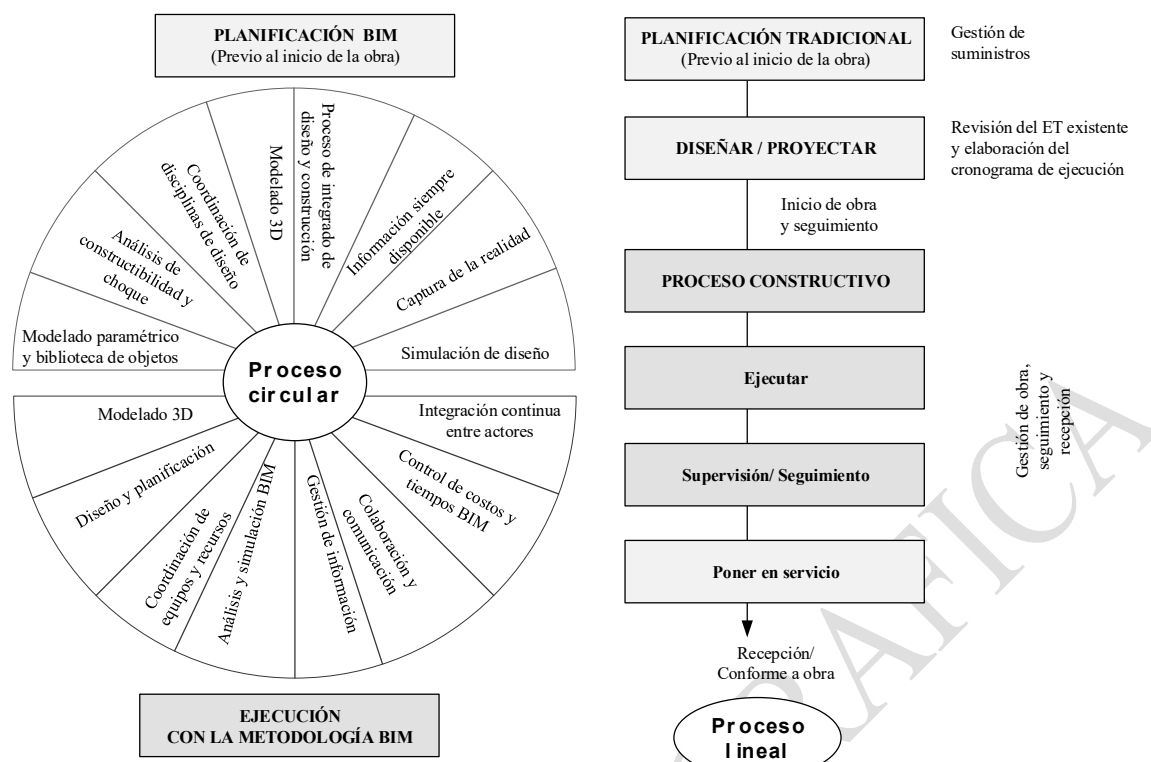


Figura 3. Proceso de gestión de la construcción con la metodología BIM (Circular) y con la metodología Tradicional (Lineal).

El proyecto del Jr. Francisco Cadenillas tuvo éxito en el cumplimiento de las restricciones de alcance y costo, pero falló en cumplir con el tiempo estipulado debido a problemas de interferencias con los planos de diferentes especialidades, lo que se pudo haber evitado con la aplicación de la metodología BIM. Por

otro lado, el proyecto del Jr. Fray José Arana cumplió con la triple restricción, logrando todas las metas físicas a tiempo y con un menor costo. Es decir, en términos de alcance, en ambos proyectos, a pesar de los cambios realizados, lograron cumplir con las metas establecidas (Tabla 4).

Tabla 4. Metas físicas de las obras de pavimentación en el Jr. Fray José Arana y Jr. Francisco Cadenillas de la ciudad de Chota, Cajamarca.

Metas físicas		Jr. Francisco Cadenillas	Jr. Fray José Arana
Demolición de pavimento existente	m <sup>2</sup>	826.00	1364.15
Demolición de veredas existentes	m <sup>2</sup>	22.38	269.20
Pavimentos	m <sup>2</sup>	749.00	1246.60
Buzones	Und	4.00	2.00
Señalización	m <sup>2</sup>	37.08	30.56
Veredas	m <sup>2</sup>	186.90	287.14
Rampas	m <sup>2</sup>	14.56	17.76
Cunetas en las calles	m <sup>2</sup>	71.59	88.29
Alcantarillas	m <sup>2</sup>	7.50	11.00
Badenes	m <sup>2</sup>	23.33	0.00

En términos de costo, la obra de pavimentación del Jr. Francisco Cadenillas fue del 100% del presupuesto base distribuido quincenalmente en las tres primeras cotizaciones y luego de una semana (4°), sin embargo, en la obra de

pavimentación del Jr. Fray José Arana el costo fue menor al dado en el expediente técnico tradicional, pero cercano al costo dado sugerido con BIM (Tabla 5 y Tabla 6).

**Tabla 5.** Costo de construcción quincenal de la obra de pavimentación en el Jr. Francisco Cadenillas.

Jr. Francisco Cadenillas	Presupuesto Base	Costo quincenal				Costo total
		1°	2°	3°	4°	
Costo directo	298229.49	45778.22	90124.95	72022.42	90303.88	298229.49
Gastos Generales	27511.01	4222.94	8313.82	6643.90	8330.33	8330.33
Utilidad	14911.47	2288.91	4506.24	3601.12	4515.19	4515.19
Sub-total	340651.97	52290.07	102945.02	82267.45	103149.41	311075.01
I.G.V. (18 %)	61317.3546	9412.21	18530.10	14808.14	18566.89	55993.50
Total	401969.325	61702.29	121475.13	97075.59	121716.31	367068.52
Porcentaje	100.00%	15.35%	30.22%	24.15%	30.28%	100.00%

**Tabla 6.** Costo de construcción quincenal de la obra de pavimentación en el Jr. Fray José Arana.

Jr. Fray José Arana	Presupuesto Base	Costo quincenal				Costo total
		1°	2°	3°	4°	
Costo directo	440536.68	79478.99	135013.31	103879.99	114902.11	433274.40
Gastos Generales	37886.15	6835.19	11611.14	8933.68	9881.58	37261.59
Utilidad	30837.57	5563.53	9450.93	7271.6	8043.15	30329.21
Sub-total	509260.4	91877.71	156075.38	120085.27	132826.84	500865.20
I.G.V. (18 %)	91666.87	16537.99	28093.57	21615.35	23908.83	90155.74
Total	600927.27	108415.7	184168.95	141700.62	156735.67	591020.94
Porcentaje	100.00%	18.04%	30.65%	23.58%	26.08%	98.35%

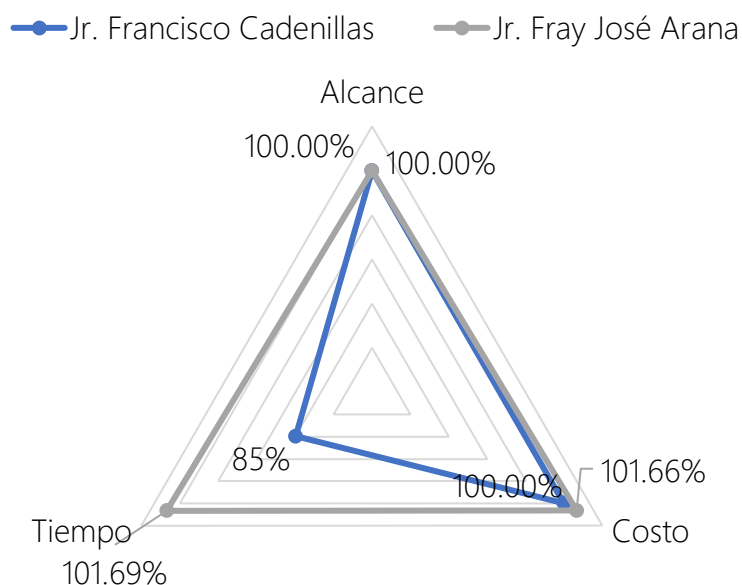
En base al tiempo, la obra de pavimentación del Jr. Francisco Cadenillas tuvo una duración programada de 45 días calendarios para su ejecución. Sin embargo, en este tiempo, solo se logró completar el 90.20% de la obra. Esto significó que sería necesario una semana adicional de trabajo para finalizar la construcción de forma adecuada. Como resultado, la obra se concluyó a los 53

días.

Por otro lado, en la obra de pavimentación del Jr. Fray José Arana se estableció un tiempo programado de 60 días calendarios de ejecución. Sin embargo, a diferencia de la primera obra, lograron finalizar a los 59 días, un día antes del plazo señalado en el expediente técnico de aprobación de la obra. Estos resultados demuestran las ventajas de utilizar BIM en comparación con

la metodología tradicional, verificándose en el triángulo de la triple restricción (Figura 4).

### Triángulo de verificación de la triple restricción



**Figura 4.** Triángulo comparativo de la triple restricción de tiempo, alcance y costo en la ejecución de los proyectos de pavimentación.

En base a lo descrito, la eficiencia, eficacia y efectividad de las obras de pavimentación se determinó lo siguiente: la obra realizada utilizando la metodología tradicional logró utilizar todo el presupuesto asignado, lo cual indica una eficiencia del 100%. Sin embargo, su eficacia fue del 84.91% debido a que el plazo de ejecución estipulado fue de 45 días calendarios, pero finalmente el proyecto se completó en 53 días. Esta demora ocasionó disminución de la eficacia del proyecto en 20%.

De manera similar, obtuvieron 84.91% de efectividad, dado que no se cumplió con el plazo establecido. Por otro lado, en la obra donde se aplicó la metodología BIM, se logró una eficiencia del 100.66%, es decir, el costo estipulado en el expediente

utilizando la metodología tradicional fue mucho mayor al costo real ejecutado en obra.

El expediente elaborado con la metodología BIM se acercó más al costo real y al tiempo de ejecución estimado, logrando concluir la obra en 59 días, a pesar de que el tiempo programado inicialmente fue de 60 días calendarios. Esto demuestra una alta eficacia del 101.69%, lo cual llevó a una efectividad del 103.38%.

Se ha demostrado, de esta manera, que el uso de la metodología BIM contribuyó al logro de una mayor efectividad en la obra de pavimentación, además de que el expediente técnico elaborado con Revit se aproximó más a los precios reales y al tiempo proyectado para la ejecución del proyecto (Tabla 7 y Tabla 8).

**Tabla 7.** Resultados encontrados sobre eficiencia, eficacia y efectividad con la metodología tradicional.

	Expediente tradicional						
	Exp. Tradicional	C. Real	Eficiencia	Exp. T. Real	Eficacia	Efectividad	
Jr. Fray José Arana c1	S/ 609,710.4	S/ 599,758.8	101.66%	60	59	101.69%	103.38%
Jr. Francisco Cadenillas c1-c2	S/ 401,969.3	S/ 401,969.3	100.00%	45	53	84.91%	84.91%

**Tabla 8.** Resultados encontrados sobre eficiencia, eficacia y efectividad de la construcción con la Metodología BIM.

	Expediente Revit						
	Exp. Revit	C. Real	Eficiencia	Expediente	T. Real	Eficacia	Efectividad
Jr. Fray José Arana C1	S/ 600,927.2	S/ 599,758.8	100.19%	60	59	101.69%	101.89%

Al comparar estos resultados, se puede inferir que la obra del Jr. Fray José Arana tuvo una mayor complejidad y requerimiento de recursos en comparación con la obra del Jr. Francisco Cadenillas, no obstante, los proyectos son significativamente similares, se ha comparado la aplicación de la "Metodología BIM" en el proyecto más complejo (Jr. Fray José Arana) y se ha conservado la metodología tradicional en la obra del Jr. Francisco Cadenillas.

Por tanto, la implementación de la metodología BIM en la obra de pavimentación en el Jr. Fray José Arana ha demostrado ser exitosa, permitiendo cumplir con los objetivos establecidos de alcance, costo y plazo. Al respecto, Tang et al., (2020); Cortes, (2022) y Quntanilla, (2022), que resaltan los beneficios de utilizar BIM en la ejecución de obras. Sin

embargo, la obra en el Jr. Francisco Cadenillas evidencia las limitaciones de la metodología tradicional en términos de gestión del plazo. Esto destaca la importancia de considerar nuevas metodologías, como el BIM, para mejorar la eficiencia en la ejecución de obras de construcción.

## CONCLUSIONES

La aplicación de Building Information Modeling (BIM) ha demostrado ser más efectiva en el cumplimiento de la triple restricción (alcance, plazo y costo) en la construcción de obras de pavimentación en la ciudad de Chota.

Los índices de productividad (eficiencia y eficacia), en la construcción de la obra de pavimentación del Jr. Fray José Arana, fueron significativamente más

altos utilizando Building Information Modeling (BIM) en comparación con la obra del Jr. Francisco Cadenillas donde se aplicó la metodología tradicional.

### Agradecimiento

Se agradece el apoyo y colaboración del ingeniero Jaime Santana, coordinador y especialista en Building Information Modeling de Colombia.

### Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento o patrocinio para ejecutar el trabajo de investigación.

### Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo científico.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Al-Kharashi, A., & Skitmore, M. (2009). Causes of delays in Saudi Arabian public sector construction projects. *Construction Management and Economics*, 27(1), 3-23. doi:<https://doi.org/10.1080/01446190802541457>
- Alvarez, A. P., Ordieres-Meré, J., Loreiro, Á., & de Marcos, L. (2021). Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT. *Journal of Air Transport Management*, 90(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101941>
- Antonio, S., Oreto, C., Viscione, N., Russo, F., Ausiello, G., & Dell'Acqua, G. (2022). Stone Pavement Analysis Using Building Information Modeling. *Transportation Research Record*, 2676(1), 105-117. doi:<https://doi.org/10.1177/03611981211035751>
- Beraud, H., Barroca, B., Serre, D., & Hubert, G. (2011). Making urban territories more resilient to flooding by improving the resilience of their waste management network. A methodology for analysing dysfunctions in waste management networks during and after flooding. *Hall Science Ouverte*, 425-432. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01456647>
- Biancardo, S. A., Intignano, M., Viscione, N., Guerra De Oliveira, S., & Tibaut, A. (2021). Procedural modeling-based BIM approach for railway design. *Journal of Advanced Transportation*, 2021(1), 1-17. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/8839362>
- Charlesraj, V. P., & Dinesh, T. (2020). Status of 4D BIM implementation in Indian construction. In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 37(1), 199-206. doi:[https://www.researchgate.net/profile/V-Paul-Charlesraj/publication/343451976\\_Status\\_of\\_4D\\_BIM\\_Implementation\\_in\\_Indian\\_Construction/links/5fd362dd92851c13fe793f7a/Status-of-4D-BIM-Implementation-in-Indian-Construction.pdf](https://www.researchgate.net/profile/V-Paul-Charlesraj/publication/343451976_Status_of_4D_BIM_Implementation_in_Indian_Construction/links/5fd362dd92851c13fe793f7a/Status-of-4D-BIM-Implementation-in-Indian-Construction.pdf)
- Cortes, G. A. (2022). Metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos de construcción. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/47490>

- Díaz, H. O., & Aponte, K. D. (2021). Nuevas tendencias en gestión de proyectos de la construcción. [Trabajo final de grado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/28915>
- Eby, K. (26 de febrero de 2023). La triple restricción: El triángulo de la gestión de proyectos: alcance, tiempo y costo. Obtenido de smartsheet: <https://es.smartsheet.com/triple-constraint-triangle-theory>
- Fabozzi, S., Biancardo, S. A., Veropalumbo, R., & Bilotta, E. (2021). I-BIM based approach for geotechnical and numerical modelling of a conventional tunnel excavation. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 108(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103723>
- Fewings, P., & Henjewe, C. (2019). *Construction project management: an integrated approach*. Routledge. doi:<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZT33DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=construction+project+management&ots=B8w6J8ir3D&sig=GpNraKAdGxoTuh7lzi0LEwz6o#v=onepage&q&f=false>
- Geng, T. (2020). *BIM Technology in Underground Transportation Engineering*. [Bachelor's Thesis, Metropolia University of Applied Sciences]. Obtenido de <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202003304153>
- Halpin, D. W., & Senior, B. A. (2010). *Construction management*. John Wiley & Sons. doi:<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ky1GHdiORn4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=construction+manag>
- ement++&ots=WLtf6apeFx&sig=hNMkMmokO-7PLqAZ5lfLcHeOvmQ#v=onepage&q=construction%20management&f=false
- Harris, F., McCaffer, R., Baldwin, A., & Edum-Fotwe, F. (2021). *Modern construction management*. John Wiley & Sons. doi:<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oTUGEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=construction+management++&ots=-4xxvglFHg&sig=F8WJ0r4g4fd9sdr1EOIEKNrvfYs#v=onepage&q=construction%20management&f=false>
- Intignano, M., Biancardo, S. A., Oreto, C., Viscione, N., Veropalumbo, R., Russo, F., & Dell'Acqua, G. (2021). A scan-to-BIM methodology applied to stone pavements in archaeological sites. *Heritage*, 4(4), 3032-3049. doi:<https://doi.org/10.3390/heritage4040169>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Plan de implementación y hoja de ruta del plan BIM Perú - Plan BIM Perú. Ministerio de Economía y Finanzas. Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/anexos/anexo\\_RD0002\\_2021EF6301.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo_RD0002_2021EF6301.pdf)
- Moran, V., & Pinilla, L. (2022). *Sistema de la Gestión BIM-LEAN: Efectos de su Aplicación en el Desarrollo de Proyectos de Construcción Civil*. [Tesis de grado, Universidad de Crtagena Facultad de Ingeniería]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11227/15529>
- Municipalidad Provincial de Chota. (2021). *Ubicación geográfica distrito de Chota*. Chota.

- Patel, K., & Ruparathna, R. (2021). Life cycle sustainability assessment of road infrastructure: a building information modeling-(BIM) based approach. *International Journal of Construction Management*, 1(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1080/15623599.2021.2017113>
- Paz, M. G. (2019). Aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el diseño de una glorieta en la carretera CV-310PK 15+750 en la provincia de Valencia. España: [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/130864>
- PMI. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Project Management Institute: EEUU.
- Quntanilla, C. O. (2022). Plan Estratégico para la Implementación de la Metodología BIM para Lograr Reducción de Costos y Plazos en Proyectos Menores en Fase de Construcción en Ambiente Colaborativo Internacional para Minera Escondida LTDA. [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. Obtenido de URI: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191252>
- Rodríguez, J. (2022). Aplicación de Metodología VDC/BIM para el Rediseño y Construcción en Proyecto de Infraestructura Vial. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4613>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (Agosto de 2022). SENAMHI. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Tang, F., Zhang, J., Guan, Y., & Chen, L. (2020). Integrating three-dimensional road design and pavement structure analysis based on BIM. *Automation in Construction*, 113(1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103152>
- Vignali, V., Acerra, E. M., Lantieri, C., Di Vincenzo, F., Piacentini, G., & Pancaldi, S. (2021). Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure. *Automation in Construction*, 128(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103752>
- Zhang, F., Chan, A. P., Darko, A., Chen, Z., & Li, D. (2022). Integrated applications of building information modeling and artificial intelligence techniques in the AEC/FM industry. *Automation in Construction*, 139(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104289>

#### Contribución de autoría

1. Gilmer Burga Muñoz: Concepción y elaboración del manuscrito.
2. Osmar Regalado Huanambal: Concepción y elaboración del manuscrito.
3. Luis A. Diaz Muñoz: Análisis de datos.
4. Elmer N. Chávez Vásquez: Concepción y elaboración del manuscrito.

Recibido: 2504-2024 Aceptado: 11-07-2024 Publicado:31-07-2024