

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/athenea.v6i22.116>

Dosificación de hormigón estructural de resistencia por volumen aparente

Mario Ecuador Macías Loor*
<https://orcid.org/0009-0003-0235-0194>
supermario2929@hotmail.com
Empresa Megarok C.A
Portoviejo, Ecuador

Jhon Jairo Molina Moreira
<https://orcid.org/0009-0001-1374-061X>
jimm.momo1990@hotmail.com
Universidad San Gregorio de Portoviejo
Portoviejo, Ecuador

*Autor de correspondencia: supermario2929@hotmail.com

Recibido (18/07/2025), Aceptado (01/11/2025)

Resumen. El trabajo se basa en el análisis y presentación de una propuesta técnica de dosificación de hormigón estructural por volumen aparente, donde la mezcla entre el cemento, la arena y la piedra requiere proporciones bajo medidas establecidas según su requerimiento. Se utilizó una metodología cuantitativa con ensayos de compresión realizados en laboratorio, verificando que esta mezcla alcanza o supera los 210 kg/cm² a los 28 días, luego de analizar cementos de uso común en la región para validar su desempeño frente a la resistencia objetivo especificada. Además, se diseñaron elementos de medición que permiten reproducir la mezcla con precisión en obra. El propósito fue mejorar la calidad del hormigón sin depender de equipos especializados, facilitando su aplicación en contextos constructivos reales. Los resultados permiten concluir que, con técnicas fiables, es posible diseñar mezclas por volumen con calidad controlada.

Palabras clave: dosificación volumétrica, resistencia a la compresión, hormigón estructural, mezclas de hormigón.

Proportioning of Structural Concrete by Apparent Volume for Strength

Abstract. This study presents a technical proposal for the volumetric mix design of structural concrete, in which the proportions of cement, sand, and coarse aggregate are determined according to predefined measurement criteria. A quantitative methodology was applied through compressive strength tests conducted in a laboratory setting, confirming that the proposed mixture reaches or exceeds 210 kg/cm² at 28 days. Commonly used regional cements were analyzed to validate their performance against the specified target compressive strength. Additionally, practical measurement tools were developed to ensure accurate on-site replication of the mixture. The purpose of the study was to improve concrete quality without reliance on specialized equipment, facilitating its applicability in real construction environments. The results demonstrate that, with reliable techniques, it is possible to design volumetric concrete mixes with controlled and consistent quality.

Keywords: volumetric mix design, compressive strength, structural concrete, concrete mixtures.

I. INTRODUCCIÓN

La dosificación del hormigón, ya sea por peso o por volumen, constituye un proceso esencial para garantizar su resistencia y durabilidad. Esta acción implica definir las proporciones de cada uno de los componentes, como cemento, agregados y agua, en función de un volumen determinado, con el fin de satisfacer los requisitos estructurales del proyecto y las condiciones de fabricación. En la práctica constructiva, especialmente en contextos de obra *in situ*, la calidad del hormigón depende directamente de la precisión en la dosificación, lo que ha motivado múltiples estudios sobre métodos empíricos y normativos para su diseño [1].

La Unión Europea expresa que la construcción representa la mitad de los materiales utilizados, con un tercio de agua en cada mezcla. En un estudio realizado se determinó que el sector genera un tercio de los residuos y contribuye a las presiones ambientales que se producen en las diferentes fases del ciclo de vida de los edificios, incluida la fabricación de productos de construcción, edificaciones, renovación, utilización y gestión de residuos. En países como Argentina y Chile se mantiene un control de calidad en la dosificación por volumen para las obras de construcción. El control de calidad comprende el conjunto de acciones y decisiones orientadas a cumplir especificaciones o comprobar su adecuado cumplimiento. En tal caso, resulta imprescindible mantener un control apropiado tanto en las obras de hormigón como en la tecnología de sus componentes [2].

En Ecuador, la dosificación por volumen aparente, utilizando unidades como palas o baldes, es una práctica extendida en obras de pequeña escala y autoconstrucción. A pesar de los avances en métodos normativos como ACI, Fuller o Bolomey, esta técnica sigue siendo la más empleada por maestros de obra y trabajadores empíricos. Sin embargo, su uso genera incertidumbre respecto a la resistencia final del hormigón, ya que las proporciones tradicionales no siempre se correlacionan con resultados estructurales confiables [2]. Diversas guías prácticas, como las del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) o las cartillas de Holcim Ecuador, proponen mezclas por volumen para elementos estructurales sin especificar la resistencia esperada. Por ejemplo, se recomienda una dosificación de 1 saco de cemento (50 kg), 2 parihuelas de arena, 2,5 de piedra y 25 litros de agua, pero no se indica si esta mezcla alcanza los 210 kg/cm^2 a los 28 días. Esta falta de precisión técnica puede derivar en problemas de calidad, sobrecostos y riesgos estructurales [3].

El objetivo de esta investigación fue determinar la dosificación de hormigón estructural por volumen aparente mediante el desarrollo de pruebas de laboratorio para evaluar y estimar la resistencia necesaria a obtener. Esta meta busca validar una práctica tradicional mediante ensayos técnicos que permitan establecer parámetros confiables, accesibles y replicables en obra.

Se pretende analizar el desempeño del hormigón dosificado por volumen aparente desde la perspectiva de resistencia y comportamiento en obra. Lo mencionado permitirá generar información relevante para mejorar el control de calidad en obra y contribuir a reducir la vulnerabilidad estructural en edificaciones construidas con métodos empíricos, ofreciendo una guía técnica útil tanto para profesionales como para trabajadores sin formación académica.

II. DESARROLLO

El método de expresar en proporciones de volúmenes aparentes la mezcla de hormigón es una práctica de vieja data en el Ecuador y sigue siendo utilizada. Por ejemplo, la resistencia se determinaba variando la cantidad de las proporciones, de manera que se usaba más o menos cemento; así, una mezcla rica era 1:3:1, la estándar 1:2:4, y se establecía para un hormigón de 210 kg/cm^2 una cantidad de 7,2 sacos de 50 kg por m^3 , equivalente a 360 kg por m^3 [4]. Además, se recomendaban cantidades de agua de amasado para asentamientos de 10 a 13 cm [5].

Cabe destacar que las proporciones tradicionales de dosificación, como la estándar 1:2:4 para obtener 210 kg/cm^2 , han ido variando con el tiempo, generando confusión tanto en profesionales como en trabajadores empíricos [6]. Actualmente, se proponen mezclas que combinan peso y volumen, enfocadas en elementos estructurales sin especificar directamente la resistencia esperada. Por ejemplo, la Guía Práctica N. 7 del MIDUVI [7] sugiere para vigas, columnas y losas una dosificación de 1 saco de cemento (50 kg), 2 parihuelas de arena, 2,5 de piedra y 25 litros de agua, con parihuelas de 30–33 cm de lado. De forma similar, Holcim [8] recomienda una mezcla por volumen aparente con parihuelas de $40 \times 40 \times 20 \text{ cm}$, utilizando 8 sacos por m^3 y cemento tipo GU, como se muestra en la primera figura [9]. No obstante, en ninguno de los casos se indica la resistencia final obtenida, lo que genera dudas sobre si

estas dosificaciones realmente alcanzan los 210 kg/cm² a los 28 días [10]. Lo mencionado se sostiene bajo normas internacionales ISO/TC 71, enfocadas en la estandarización de tecnologías relacionadas con el hormigón, el hormigón armado y el hormigón pretensado.

Esto hace que la calidad del hormigón elaborado por volúmenes aparentes genere una interrogante relevante sobre su desempeño, pudiendo provocar desajustes que deriven no solo en una reducción de la resistencia a la compresión, sino también en una valoración inadecuada de su costo y en implicaciones de orden estructural [11]. Por ello, este estudio aborda el tema y propone una dosificación que asegure una resistencia característica del concreto a la compresión (f'_c) no menor de 210 kg/cm² (21 MPa), garantizando la calidad del hormigón en las obras [12].

III. METODOLOGÍA

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y de alcance descriptivo, orientado a validar una dosificación de hormigón estructural por volumen aparente que garantice una resistencia de 210 kg/cm². Se aplicaron ensayos de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, utilizando probetas cilíndricas de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura, conforme a la norma ASTM C39. Esta metodología permite establecer una curva de madurez del hormigón, útil para evaluar el desarrollo progresivo de la resistencia en función del tiempo de curado.

Las mezclas fueron elaboradas siguiendo una proporción tradicional ampliamente utilizada en Ecuador: 1 saco de cemento (50 kg), 2 partes de arena seca, 2,5 parihuelas de piedra seca y 25 litros de agua, empleando parihuelas de 40×40×20 cm como instrumento para medir el volumen. Se excluyó el uso de aditivos para replicar las condiciones reales de obra informal. La equivalencia volumétrica del cemento fue determinada en laboratorio, calculando su densidad aparente y real, valores que no se encuentran disponibles en las fichas técnicas de los fabricantes locales.

Se utilizaron tres marcas de cemento tipo GU: Holcim Fuerte, Cemento Chimborazo y Selvalegre, clasificadas según la norma ASTM C1157 y la NTE INEN 2380:2011 [9]. La densidad aparente fue determinada experimentalmente, estableciendo que un saco de 50 kg ocupa aproximadamente 0,04 m³. Los agregados fueron caracterizados conforme a las normas INEN 696:2010 (granulometría), INEN 856:2010 e INEN 857:2010 (densidad relativa y absorción) [12]. Esta caracterización es coherente con los procedimientos aplicados por Narváez y Orellana [13], quienes evaluaron la resistencia a la compresión en mezclas convencionales y modificadas en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.

El agua utilizada fue potable, cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma ACI 211 [14]. Los agregados de arena y piedra de granulometría continua fueron seleccionados de la cantera de la empresa Megarok, garantizando uniformidad y buena calidad. Se realizaron ensayos de asentamiento mediante el cono de Abrams, con el fin de evaluar la funcionalidad de cada mezcla. Esta metodología permitió correlacionar la dosificación empírica con parámetros técnicos verificables, contribuyendo al desarrollo de propuestas accesibles para mejorar la calidad del hormigón en obra [14].

IV. RESULTADOS

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados y cementos empleados en la dosificación. Estos parámetros resultan fundamentales para establecer equivalencias en el diseño por volumen aparente. En la Tabla 1 se presentan los valores de densidad suelta y compactada de las marcas de cemento analizadas. Se observa que las densidades compactadas son consistentemente superiores a las densidades sueltas, lo cual responde a la reducción del volumen de vacíos al compactar el material. Estos valores son esenciales para calcular con precisión las equivalencias en las dosificaciones por volumen aparente.

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados y densidad según las marcas de cemento.

Propiedades físicas y mecánicas	Peso unitario suelto (kg/m ³) ASTM C29	Módulo de finura ASTM C136	Densidad (kg/m ³) ASTM C117	Humedad (%) ASTM C566	Absorción (%) ASTM C129
Agregado grueso	1460	1,87	2575	14	3
Agregado fino	1410	6,84	2610	3	4

Se analizaron dos dosificaciones principales utilizadas en el medio, las cuales se comparan en la Tabla 2, considerando los materiales empleados en cada preparación.

Tabla 2. Dosificación.

Marca de cemento	ρ_{suelta} (kg/m ³)	$\rho_{\text{compactada}}$ (kg/m ³)
Holcim Fuerte	1006	1240
Chimborazo	1000	1210
Selvalegre	1027	1306

Los cilindros moldeados fueron ensayados a edades de 3, 7, 14 y 28 días, obteniendo valores superiores a los 210 kg/cm² en la dosificación ajustada. En las primeras pruebas, la mezcla presentó asentamientos bajos (3–5 cm), lo que motivó un redimensionamiento hasta alcanzar un trabajo adecuado con revenimientos de 8 a 13 cm. Tras los ajustes realizados, la dosificación definitiva por volumen aparente para un saco de cemento de 50 kg quedó establecida en proporción 1:2:2.5 con 27 litros de agua. La equivalencia a 1 m³ de hormigón se resume en la Tabla 3.

Tabla 3. Dosificación por volumen aparente de 1:2:2.5.

Materiales	Sacos por m ³	Dosificación (kg)	Cantidad en kg para 1 m ³	Densidades (unidades)	Volumen (unidades)
Cemento	8,5	50	425	2920	0,146
Agregado fino	8,5	78,8	670	2575	0,26
Agregado grueso	8,5	112,84	959	2600	0,369
Agua	8,5	27	230	1000	0,23
Volumen obtenido					1,005

Se seleccionaron dos marcas de cemento para verificar, mediante 10 ensayos, que la dosificación por volumen aparente con 1 saco de 50 kg alcanza o supera los 210 kg/cm² a los 28 días, estableciendo un sobrediseño que garantiza confiabilidad estructural ante variaciones en obra y ausencia de control técnico, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Trazabilidad de confianza del cemento Holcim.

Material	Proporción 1:2:2.5	Proporción 1:1.6:2	Volumen (unidades)	Densidad aparente (kg/m ³)	Densidad real (unidades)
Cemento	50 kg	1	0,04	1250	2920
Arena	2	1.6	0,064	1460	2575
Piedra	2,5	2	0,08	1410	2600
Agua	25	25	0,025	1000	1000
Volumen total: 0.032 m ³ / 0.04 m ³					

Los resultados obtenidos para el cemento Holcim a los 28 días de curado, como muestra la Figura 5 presentan un comportamiento mecánico favorable en términos de resistencia a la compresión. Las diez muestras ensayadas presentaron valores que oscilaron entre 187,44 kg/cm² y 227,26 kg/cm², con una resistencia promedio de 214,975 kg/cm². En cuanto al porcentaje de cumplimiento respecto al diseño especificado ($f'_c = 210$ kg/cm²), se observó que ocho de las diez muestras superaron el 100% de la resistencia nominal, alcanzando valores entre 101,84% y 108,22%. Solo dos muestras (1 y 6) registraron valores ligeramente inferiores al esperado, con 91,74% y 89,26% respectivamente. Estos resultados evidencian que el cemento Holcim cumple satisfactoriamente con los requisitos estructurales establecidos, logrando en promedio superar la resistencia de diseño, lo cual garantiza un margen de seguridad adecuado para su aplicación en elementos de concreto armado.

Tabla 5. Resultados de la confianza del cemento Holcim.

Muestra	Edad (días)	Cilindro 1 (kN)	Cilindro 2 (kN)	Resistencia (kg/cm ²)	Cumplimiento (%)
1	28	147,42	149,36	192,66	91,74
2	28	161,73	167,73	213,87	101,84
3	28	169,27	168,79	219,45	104,50
4	28	173,05	167,96	221,37	105,42
5	28	172,91	177,18	227,26	108,22
6	28	146,63	142,11	187,44	89,26
7	28	170,73	167,37	219,48	104,51
8	28	172,15	171,18	222,88	106,13
9	28	169,28	168,25	219,11	104,34
10	28	173,34	175,16	226,23	107,73
Promedio				214,975	

Con base en los datos presentados en las tablas, se realizó una repetición de pruebas que permitió establecer un f'_c promedio sobre la base de un hormigón de 210 kg/cm². En la Figura 1 se presenta la distribución de los resultados, con el fin de mostrar de manera clara la resistencia obtenida en cada muestra y los niveles altos y bajos alcanzados durante el proceso de verificación.



Fig. 1. Resistencia a la compresión de las muestras, Selvalegre.

La otra marca de cemento analizada fue Selvalegre. Lo que normalmente se denomina sobrediseño corresponde al margen de confianza establecido para asegurar que, en lo posible, ningún valor se ubique por debajo del f'_c especificado, considerando que la mezcla de hormigón está sujeta a múltiples variables y que los hormigones dosificados en obra carecen, en su mayoría, de un control de calidad adecuado.

Dado que la información estadística disponible es limitada, la evaluación basada en 10 ensayos permite verificar que el diseño propuesto cumple con la resistencia requerida, proporcionando un margen de confianza apropiado, siendo representado esto en la Tabla 6.

Tabla 6. Trazabilidad del margen de confianza con cemento Selvalegre.

Muestra	Edad (días)	Cilindro 1 (kN)	Cilindro 2 (kN)	Resistencia (kg/cm ²)	Cumplimiento (%)
1	28	172,51	168,54	221,31	105,38
2	28	165,30	163,28	213,30	101,57
3	28	169,64	168,15	219,28	104,42
4	28	170,43	170,52	221,33	105,40
5	28	150,98	153,86	197,91	94,24
6	28	167,15	169,12	218,29	103,95
7	28	168,39	169,01	219,03	104,30
8	28	171,11	171,18	222,10	105,76
9	28	166,50	164,10	214,61	102,20
10	28	170,25	170,77	221,38	105,42
Promedio				216,854	

El gráfico de resistencia se presenta en la Figura 2 y muestra de forma eficiente lo expuesto en la tabla. Este diseño asegura un margen de sobre-resistencia, garantizando que el valor de f'_c sea igual o superior a 210 kg/cm² a los 28 días, cumpliendo con los parámetros recomendados.



Fig. 2. Resistencia a la compresión de las muestras, Holcim.

A. Discusión

La dosificación por volumen aparente validada en este estudio demuestra que, bajo control técnico y trazabilidad de materiales, es posible alcanzar resistencias estructurales superiores a 210 kg/cm². Esta afirmación contrasta con el enfoque racional propuesto por el Instituto del Cemento Portland Argentino [15], que sostiene que las mezclas deben diseñarse exclusivamente mediante métodos normativos que consideren economía, trabajabilidad y durabilidad, descartando el uso de proporciones empíricas en obra. Sin embargo, este estudio evidencia que, al establecer equivalencias volumétricas precisas y realizar ensayos de laboratorio, la dosificación por volumen puede ser una alternativa viable en contextos donde el acceso al diseño normativo es limitado.

Uno de los aportes más relevantes de la investigación es la trazabilidad del cemento y la verificación estadística de la resistencia mediante 10 ensayos. Esto contrasta con el estudio de Sarmiento et al. [16], quienes evidencian que en muchas obras latinoamericanas se omite el control de calidad, lo que genera fallas estructurales por mezclas mal dosificadas. La propuesta presentada, aunque empírica en origen, se fortalece con datos técnicos que permiten replicabilidad y confiabilidad, incluso en contextos sin un laboratorio permanente.

La mezcla propuesta mantiene un asentamiento entre 4 y 6 pulgadas, lo que garantiza una adecuada trabajabilidad sin comprometer la resistencia. El cálculo de equivalencia volumétrica para un saco de cemento de 50 kg se basa en la densidad aparente determinada en laboratorio, lo que permite establecer una dosificación reproducible en obra. Esta solución responde a la crítica planteada en [17], que advierte que la falta de información técnica sobre densidades reales y aparentes en fichas comerciales impide una dosificación precisa, especialmente cuando se trabaja por volumen. La investigación no solo valida la mezcla tradicional, sino que aporta una herramienta técnica que permite superar esta limitación, facilitando un diseño empírico con respaldo experimental.

CONCLUSIONES

La dosificación propuesta, consistente en un saco de cemento (50 kg), dos partes de arena y 2,5 partes de piedra, fue verificada mediante ensayos de laboratorio que demuestran su capacidad para alcanzar una resistencia estructural igual o superior a 210 kg/cm². Esta proporción, utilizada con frecuencia en obras de construcción, fue sometida a un control técnico que permitió establecer su equivalencia volumétrica en función de parámetros como la densidad aparente del cemento y la masa unitaria de los agregados. Los resultados obtenidos permiten afirmar que esta dosificación es reproducible y confiable, siempre que se mantenga la calidad de los materiales y se controle adecuadamente el contenido de agua, convirtiéndose en una alternativa válida para proyectos que requieren eficiencia sin comprometer el desempeño estructural.

El análisis de las marcas de cemento Holcim Fuerte y Selvalegre permitió comprobar que, bajo condiciones controladas y con una dosificación definida, ambas alcanzan la resistencia especificada de 210 kg/cm² a los 28 días. Esta verificación técnica confirma que el cemento tipo GU, cuando se utiliza con agregados correctamente caracterizados y en proporciones adecuadas, responde favorablemente a los requerimientos estructurales. La trazabilidad implementada en el estudio demuestra que es posible garantizar el cumplimiento del f'_c en obra, incluso en contextos donde el control de calidad es limitado, siempre que se apliquen criterios técnicos mínimos y se utilicen cementos certificados.

El diseño validado en laboratorio permite reducir la variabilidad en obra, facilitando la preparación de mezclas que cumplen con los requisitos estructurales. Además, al vincular las dimensiones y propiedades físicas de los materiales, se proporciona una herramienta práctica que mejora la calidad del hormigón y optimiza el proceso constructivo sin necesidad de equipos especializados.

De esta forma, se concluye que la dosificación propuesta puede implementarse en obras de pequeña y mediana escala, siempre que se realice una caracterización previa de los materiales y se establezca un protocolo básico de control del contenido de agua y del proceso de mezcla, lo que permitirá mantener la consistencia estructural sin requerir equipos avanzados.

REFERENCIAS

- [1] J. Santamaría, L. Morales, and J. Pilaluisa, "Modelo para dosificación de mezclas de hormigón utilizando lógica difusa," *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, vol. 5, no. 1, pp. 54–65, 2018.
- [2] W. Almeida, "Análisis comparativos de métodos de diseño de mezclas de un hormigón de alta resistencia conformado por agregados procedentes de la cantera de pintag," Master's thesis, Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [3] C. Videla, "Dosificaciones de hormigón," Master's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador, 2020.
- [4] B. C. V. Parráles, "Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón," *Dialnet*, vol. 8, no. 1, pp. 600–613, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9252197>

- [5] J. Santamaría, "Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen," *Novasinerгия*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.37135/ns.01.07.05.
- [6] N. H. J. Manso, "Caracterización e idoneidad de la utilización de triturado de palas de aerogenerador en la producción de hormigón," Repositorio Institucional Universidad de Burgos, 2023. [Online]. Available: <https://riubu.ubu.es/handle/10259/10198>
- [7] B. A. Aguiar R., "Rigideces efectivas de vigas de concreto reforzado para diseño sísmico: mitos y realidades," *Revista de Ingeniería en Estructuras*, vol. 24, 2019, accedido: ene. 2025. [Online]. Available: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1165>
- [8] H. Ecuador, "Recomendaciones para la dosificación de hormigón," 2023.
- [9] A. C. A. Ríos, "Diseño de mezclas de hormigón en escoria de fundición," *Horizonte Académico*, vol. 4, no. 2, pp. 67–89, 2024, doi: 10.70208/3007.8245.v4.n2.33.
- [10] J. A. C. Bustamante, "Estudio comparativo de mezclas de hormigón tradicional y hormigón con ripio," *Dialnet*, vol. 6, no. 7, pp. 1254–1268, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9556442>
- [11] R. Z. B. Baque, "Diseño de mezclas de hormigón recicladas aplicando el método del volumen de mortero equivalente," Repositorio UNESUM, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7104>
- [12] A. M. A. Pesántes, "Uso de plásticos reciclados en reemplazo de agregados finos para la fabricación de hormigón estructural y su aplicación en el cantón azogues," Repositorio Digital Universidad Católica de Cuenca, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/e3714f1d-1521-4adf-8341-eb91479ee0d0>
- [13] J. E. Narváez and V. M. Orellana, "Análisis de la resistencia a la compresión de $f'c = 240$ kg/cm² entre un hormigón convencional y un hormigón con mezcla de vidrio molido," Universidad Técnica Salesiana, 2024.
- [14] ACI Committee 211, *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavy-weight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute, 2002.
- [15] ICPA, "Diseño racional de mezclas de hormigón – método icpa," Instituto del Cemento Portland Argentino, 2022.
- [16] A. Sarmiento, C. C. Sierra, C. Uribe, and C. Logreira, "Resistencia a la compresión del concreto," Universidad Tecnológica de Bolívar, 2018.
- [17] Polpaico. (2023) Manual del constructor – diseño de mezcla. Acceso: 22-02-2025. [Online]. Available: <https://manualdelconstructor.polpaico.cl/3-el-hormigon/3-4-diseno-de-mezcla/>

AUTORES



Mario Ecuador Macías Loor es ingeniero civil, graduado de la Universidad Técnica de Manabí. Se desempeña como Gerente de Calidad en la empresa Megarok y es especialista en control de calidad de hormigones y agregados.



Jhon Jairo Molina Moreira es ingeniero civil con una maestría en Ingeniería Civil y Construcciones Civiles. Se desempeña como docente universitario y coordinador académico, además de ejercer como técnico y diseñador estructural en obras públicas y privadas. Posee dominio de diversas herramientas especializadas vinculadas al ámbito de la construcción.