

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la
construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica
de U, Chota, 2023-2024”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Tecnología de la construcción y procesos constructivos

Autor(es):

Karen Lisseth Bustamante Colunche

Luz Maribel Díaz Díaz

Asesor:

Dr. Ing. José Luis Silva Tarrillo

Chota – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



CARTA N° 15-2026-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de Karen Lisseth Bustamante Colunche y Luz Maribel Díaz Díaz.

FECHA : Colpa Matara, 20 de julio del 2026.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) Carta N° 025-2026-LFRCH-PJE-FCI/UNACH / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) CARTA012-2026-UNACH/CSL / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CARTA N° 20-2026-UNACH/MAS. / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESCALERAS DE CONCRETO ARMADO CON FORMA GEOMÉTRICA DE U, CHOTA, 2023-2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **Karen Lisseth Bustamante Colunche y Luz Maribel Díaz Díaz**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
C.O.P.E. N° 127732

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 15-2026.
- 2) Reporte TURNITIN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



Colpa Matara, 20 de julio del 2026.

C.O. N° 15-2026-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESCALERAS DE CONCRETO ARMADO CON FORMA GEOMÉTRICA DE U, CHOTA, 2023-2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Karen Lisseth Bustamante Colunche y Luz Maribel Díaz Díaz**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

Karen Lisseth Bustamante Colunche

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESCALERAS DE C...

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2026
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3614626081

Fecha de entrega

20 jul 2026, 4:55 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 jul 2026, 5:00 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_CON_SUBSANACIÓN_DE_OBSERVACIONES_LUZ_KAREN_V2_TNT.pdf

Tamaño del archivo

4.4 MB

164 páginas

46.323 palabras

229.318 caracteres



José Luis Silva Tarrillo
Asesor de Tesis

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



José Luis Silva Tarrillo
Asesor de Tesis

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	6%
2	Internet	portaluni.unach.edu.pe	<1%
3	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
4	Internet	hdl.handle.net	<1%
5	Internet	www.acerosarequipa.com	<1%
6	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
7	Internet	renzoaldanajimenez.blogspot.com	<1%
8	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	<1%
9	Internet	unach.edu.pe	<1%
10	Trabajos del estudiante	Santa Clara University	<1%
11	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	<1%



José Luis Silva Tarrillo
Asesor de Tesis

12	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
13	Publicación	WSP PERU CONSULTORIA S.A.. "EIA-SD del Proyecto Centro Comercial La Molina d...	<1%
14	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
15	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad de La Laguna	<1%
17	Internet	repositorio.ucp.edu.pe	<1%
18	Internet	vdocuments.com.br	<1%
19	Publicación	Munoz Builes, Diana Marcela. "Estudio Sociolingüístico de la Entonación del Espa...	<1%
20	Internet	pt.scribd.com	<1%
21	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Perú	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio	<1%
24	Internet	journal-iasssf.com	<1%
25	Internet	apirepositorio.unu.edu.pe	<1%


José Luis Silva Tarrillo
Asesor de Tesis

26	Internet	idoc.pub	<1%
27	Trabajos del estudiante	UC - Semipresencial / A distancia	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Privada de Tacna	<1%
29	Internet	vsip.info	<1%
30	Internet	www.udea.edu.co	<1%
31	Internet	biblioteca.cfi.org.ar	<1%
32	Internet	pasosonline.afhostmedia.com	<1%
33	Publicación	Yan Zhang, Zhi-Feng Chen, Yuan-Yuan Zhou. "Efficient Execution of Multiple Quer...	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo	<1%
36	Publicación	Polo Roa, Andrés. "Estudio de la relación entre integración y productividad en un...	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%
38	Publicación	Brito, Mónica Belchior Morais de. "Percursos de Sustentabilidade: Políticas e Práti...	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%



José Luis Silva Tarrillo
Asesor de Tesis

40	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
41	Internet	repositorio.ucsg.edu.ec	<1%
42	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
43	Internet	repositorio.uta.edu.ec	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
45	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
46	Internet	tesis.unsm.edu.pe	<1%
47	Trabajos del estudiante	unj	<1%
48	Internet	www.colombiaaprende.edu.co	<1%
49	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	<1%
50	Internet	www.jove.com	<1%



José Luis Silva Tarrillo
 Asesor de Tesis

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD
DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE
ESCALERAS DE CONCRETO ARMADO CON FORMA
GEOMÉTRICA DE U, CHOTA, 2023-2024**

POR:

KAREN LISSETH BUSTAMANTE COLUNCHE

LUZ MARIBEL DÍAZ DÍAZ

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



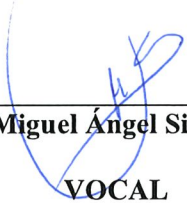
Dr. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

PRESIDENTE



Mg. Ing. Cristhian Saul López Villanueva

SECRETARIO



Dr. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05:00 p.m. del día 04 de agosto, reunidos en la sala de Incuba del local administrativo-UNACH, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: : **Karen Lisseth Bustamante Colunche y Luz Maribel Díaz Díaz**, denominada: **"Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, Chota, 2023-2024"**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobado

CON EL CALIFICATIVO (*)

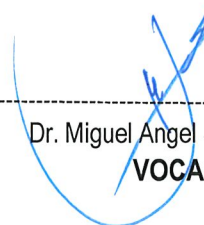
CATORCE (14)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 04 de agosto del 2026.


Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin
PRESIDENTE


Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
SECRETARIO


Dr. Miguel Angel Silva Tarrillo
VOCAL

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, Chota, 2023-2024”** presentado por los bachilleres **Karen Lisseth Bustamante Colunche y Luz Maribel Díaz Díaz**, sustentada el día 04 de agosto del 2026, según Resolución de Decanato N°005-2026-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 10 de agosto de 2026.


Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin
PRESIDENTE


Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
SECRETARIO


Dr. Miguel Angel Silva Tarrillo
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme salud, fortaleza y sabiduría para perseverar en cada etapa de este proceso. A mis padres, por su amor incondicional, sus consejos y el apoyo constante que me permitió avanzar aun en los momentos más exigentes. Asimismo, dedico esta investigación a mis amigos, por su compañía, motivación y palabras de aliento que hicieron más llevadero el camino hacia la culminación de este objetivo académico.

Karen Lisseth Bustamante Colunche

Dedico la presente investigación a Dios, por guiar mis pasos y brindarme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa de formación profesional. A mis padres, por su sacrificio, comprensión y apoyo permanente, que han sido la base fundamental para seguir creciendo con responsabilidad y disciplina. Del mismo modo, dedico este trabajo a mis amigos por su respaldo, ánimo y confianza, que contribuyeron a mantener la constancia y el compromiso durante el desarrollo de la investigación.

Luz Maribel Díaz Díaz

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a Dios por concedernos la vida, la salud y la perseverancia para culminar satisfactoriamente esta investigación. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor, el Dr. Ing. José Luis Silva Tarrillo, por su orientación académica, exigencia técnica y acompañamiento permanente, que fueron determinantes para consolidar el rigor metodológico y la calidad del estudio. Asimismo, agradecemos a los propietarios de las 15 viviendas que formaron parte de la investigación, por su disposición y confianza al permitir el acceso y brindar la información necesaria para el desarrollo del trabajo de campo. De manera especial, reconocemos la colaboración de los maestros de obra, operarios y peones que participaron en la construcción de escaleras con forma geométrica de U en las viviendas de la ciudad de Chota, por su aporte práctico y apertura durante el proceso de observación y registro. Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas que, de forma directa o indirecta, contribuyeron a este logro académico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Justificación.....	18
1.3. Formulación del problema.....	20
1.4. Objetivos.....	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.1.3. Antecedentes regionales.....	28
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. Productividad y rendimiento de la mano de obra en construcción	30
2.2.2. Medición del rendimiento y aporte unitario de la mano de obra	30
2.2.3. Medición de la productividad mediante carta balance.....	31
2.2.4. Flujo de trabajo, pérdidas y enfoque Lean Construction	33
2.2.5. Construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U	33
2.2.6. Compendio CAPECO (2006) rendimientos y aportes unitarios en la construcción de escaleras	34
2.3. Definiciones conceptuales	37
2.3.1. Escaleras de concreto armado con forma geométrica de U	37
2.3.2. Construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U	38
2.3.3. Características geométricas de la escalera	41
2.3.4. Características técnicas de la construcción	42
2.3.5. Mano de obra.....	43

2.3.6. Rendimiento de la mano de obra.....	44
2.3.7. Productividad de la mano de obra.....	45
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	47
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	47
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	49
3.2.1. Ubicación	49
3.2.2. Población.....	50
3.2.3. Muestreo.....	50
3.2.4. Muestra.....	52
3.2.5. Unidad de análisis	55
3.2.6. Unidad de observación.....	56
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.3.1. Técnicas de recolección de datos	57
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos	58
3.4. Hipótesis	59
3.5. Operacionalización de variables	59
3.5.1. Variable independiente: Escalera de concreto armado con forma geométrica de U....	59
3.5.2. Variable dependiente 1: Rendimiento de la mano de obra	60
3.5.3. Variable dependiente 2: Productividad de la mano de obra.....	60
3.5.4. Matriz de operacionalización de variables.....	61
3.6. Procedimientos de recolección de datos	62
3.6.1. Revisión documental de CAPECO y adaptación de rendimientos a las cuadrillas locales para la comparación	63
3.6.2. Visita de campo y selección de viviendas de estudio	70
3.6.3. Aplicación del cuestionario de caracterización de los trabajadores.....	73
3.6.4. Observación directa del proceso constructivo de escaleras con forma geométrica de U.	79
3.6.5. Registro y construcción del flujograma de trabajo	80
3.6.6. Medición y cálculo del rendimiento de la mano de obra	81
3.6.7. Análisis de productividad mediante carta balance	85
3.7. Procedimientos de análisis de datos.....	88

3.8. Material y equipos (descripción del uso).....	88
3.9. Aspectos éticos	90
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	91
4.1. Descripción de resultados	91
4.1.1. Características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado con forma geométrica de U y flujo del proceso constructivo	91
4.1.2. Rendimiento de la mano de obra en el encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto durante la construcción de escaleras con forma geométrica de U	111
4.1.3. Uso de los tiempos de producción durante la construcción de escaleras con forma geométrica de U	123
4.1.4. Flujo de trabajo óptimo en la construcción de escaleras con forma geométrica de U.....	137
4.2. Contrastación de hipótesis.....	144
4.3. Discusión.....	154
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
5.1. Conclusiones.....	166
5.2. Recomendaciones.....	169
REFERENCIAS	170
ANEXOS.....	177
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	177
Anexo 2. Panel fotográfico	178
Anexo 3. Resumen de resultados de rendimiento de la mano de obra	188
Anexo 4. Resumen de resultados de productividad de la mano de obra.....	191
Anexo 5. Datos recolectados en campo	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Rendimientos de la mano de obra en la construcción de escaleras	35
Tabla 2	Análisis de costos unitarios: encofrado y desencofrado de escaleras	35
Tabla 3	Análisis de costos unitarios: vaciado de concreto en escalera	36
Tabla 4	Análisis de costos unitarios: Acero grado 60.....	36
Tabla 5	Criterios de inclusión y exclusión para la selección de viviendas evaluadas.....	52
Tabla 6	Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio.....	54
Tabla 7	Niveles de análisis considerados para evitar seudorreplicación.....	55
Tabla 8	Matriz de operacionalización de variables	61
Tabla 9	Resumen de rendimientos de la mano de obra en la construcción de escaleras según CAPECO (2006).....	63
Tabla 10	Resumen de aportes unitarios de la mano de obra para la partida encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto en la construcción de escaleras.....	66
Tabla 11	Cálculo del rendimiento y aporte unitario en escaleras con datos de CAPECO (2006) y cuadrillas locales.....	69
Tabla 12	Características geométricas del terreno de las viviendas evaluadas	72
Tabla 13	Características constructivas y administrativas.....	72
Tabla 14	Número de trabajadores por partida en las que se construyó escaleras con forma geométrica de U en Chota.....	75
Tabla 15	Categoría de trabajo de la cuadrilla de construcción de escaleras con forma geométrica de U	75
Tabla 16	Distrito de procedencia de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U	75
Tabla 17	Forma de aprendizaje del oficio que desempeñan los trabajadores de construcción	76
Tabla 18	Edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U.....	76
Tabla 19	Experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U	76
Tabla 20	Parámetros de estadística descriptiva de la edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo.....	76
Tabla 21	Parámetros de estadística descriptiva de la experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo.....	77
Tabla 22	Parámetros de estadística descriptiva de la remuneración de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo	77
Tabla 23	Parámetros de estadística descriptiva de la edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda	77

Tabla 24 Parámetros de estadística descriptiva de la experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda	78
Tabla 25 Parámetros de estadística descriptiva de la remuneración de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda.....	78
Tabla 26 Peso nominal de acuerdo al diámetro del acero	83
Tabla 27 Actividades consideradas para la partida de encofrado de escaleras	86
Tabla 28 Actividades consideradas para la partida de acero de escaleras.....	86
Tabla 29 Actividades consideradas para la partida de concreto en escaleras	87
Tabla 30 Materiales y equipos utilizados y descripción de su uso.....	89
Tabla 31 Descripción general de las características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado por vivienda.....	92
Tabla 32 Descripción general del flujo de trabajo por vivienda	94
Tabla 33 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla.....	112
Tabla 34 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores	113
Tabla 35 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda.....	114
Tabla 36 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla	116
Tabla 37 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores.....	117
Tabla 38 Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda	118
Tabla 39 Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla	120
Tabla 40 Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores.....	121
Tabla 41 Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda	122
Tabla 42 Ratios de mano de obra según rendimiento y número de trabajadores en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U	124
Tabla 43 Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla.....	126
Tabla 44 Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores	127

Tabla 45 Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	128
Tabla 46 Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla.....	130
Tabla 47 Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores	131
Tabla 48 Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	132
Tabla 49 Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla.....	134
Tabla 50 Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores	135
Tabla 51 Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	136
Tabla 52 Propuesta de cuadrilla óptima por partida (escalera con forma geométrica de U).....	139
Tabla 53 Distribución de roles y responsabilidades por partida	140
Tabla 54 Flujo de trabajo óptimo propuesto y puntos “de control” de control (flujograma maestro)	141
Tabla 55 Matriz de decisión logística (selección de escenario operativo).....	141
Tabla 56 Análisis de normalidad del rendimiento de la mano de obra	147
Tabla 57 Análisis de normalidad del tiempo productivo (TP) de la mano de obra.....	147
Tabla 58 Estadísticas descriptivas del rendimiento de la mano de obra en la construcción de escaleras en la ciudad de Chota.....	151
Tabla 59 Prueba t de Student de una muestra en el rendimiento de la mano de obra	151
Tabla 60 Estadísticas descriptivas del tiempo productivo de la mano de obra en la construcción de escaleras en la ciudad de Chota.....	152
Tabla 61 Prueba t de Student de una muestra en el tiempo productivo de la mano de obra.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Elementos estructurales de una escalera.....	37
Figura 2	Escalera con forma geométrica de U.....	37
Figura 3	Trazo de la escalera	39
Figura 4	Encofrado de escalera.....	39
Figura 5	Habilitación de acero.....	40
Figura 6	Diseño de investigación.....	48
Figura 7	Ubicación de la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca	49
Figura 8	Ubicación de las viviendas en estudio.....	54
Figura 9	Flujograma de los procedimientos de recolección de datos	62
Figura 10	Visita a las viviendas que formaron parte del estudio	70
Figura 11	Aplicación del cuestionario al personal que labora en la construcción de escaleras	73
Figura 12	Observación del proceso de construcción de las escaleras.....	79
Figura 13	Registro del uso de tiempos productivos en la construcción de escaleras.....	87
Figura 14	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 1	96
Figura 15	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 2.....	97
Figura 16	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 3.....	98
Figura 17	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 4.....	99
Figura 18	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 5.....	100
Figura 19	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 6.....	101
Figura 20	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 7.....	102
Figura 21	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 8.....	103
Figura 22	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 9.....	104
Figura 23	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 10.....	105
Figura 24	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 11	106
Figura 25	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 12.....	107
Figura 26	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 13.....	108
Figura 27	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 14.....	109
Figura 28	Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 15.....	110
Figura 29	Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U	126
Figura 30	Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla.....	127
Figura 31	Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores	127

Figura 32	Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	128
Figura 33	Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U.....	130
Figura 34	Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla.....	131
Figura 35	Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores	131
Figura 36	Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	132
Figura 37	Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U.....	134
Figura 38	Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto por cuadrilla....	135
Figura 39	Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto por número de trabajadores.....	135
Figura 40	Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda.....	136
Figura 41	Flujograma maestro optimizado para la ejecución de escaleras de concreto armado de U, considerando puntos de control.....	142
Figura 42	Circuito de trabajo para preparación–transporte–vaciado de concreto.....	143
Figura 43	Prueba de normalidad del rendimiento en encofrado	147
Figura 44	Prueba de normalidad del rendimiento en acero	148
Figura 45	Prueba de normalidad del rendimiento en concreto	148
Figura 46	Prueba de normalidad del TP en encofrado.....	149
Figura 47	Prueba de normalidad del TP en acero	149
Figura 48	Prueba de normalidad del TP en vaciado de concreto.....	150

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Sigla / abreviatura	Significado
ACU	Análisis de Costos Unitarios
CAPECO	Cámara Peruana de la Construcción
CAP/ Cap.	Capataz
CV	Coeficiente de variación
DE	Desviación estándar
f'_c	Resistencia a compresión especificada del concreto
hh	Hora-hombre
hr	Hora
I.E.	Institución Educativa
Jr.	Jirón
LPS	Last Planner System
MPCH	Municipalidad Provincial de Chota
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
N° / N°	Número
OF/ Of.	Oficial
OP/ Op.	Operario
PE/ Pe.	Peón
Q1 y Q3	Primer cuartil y tercer cuartil
ρ (rho)	Coeficiente de correlación de Spearman
TCTO	Método de compensación tiempo-costo
TC	Tiempo contributorio
TNC	Tiempo no contributorio
TP	Tiempo productivo
V / Viv.	Vivienda
μ (mu)	Media poblacional
α (alfa)	Nivel de significancia
bls	Bolsas de cemento
bls/m ³	Bolsas de cemento por metro cúbico

RESUMEN

En Chota, a pesar de que la Municipalidad Provincial de Chota señala que al menos el 99% de viviendas cuenta con escalera y el 90% de 15 maestros de obra identifica como predominante la tipología de U, no se dispone de parámetros locales de rendimiento y productividad, lo que obliga a referenciar CAPECO. El objetivo fue Evaluar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024. Se utilizó el enfoque cuantitativo y medición directa de rendimientos, complementada con carta balance para estimar TP, TC y TNC de la mano de obra de 15 viviendas. Se registró variabilidad geométrica (ancho 0.80–1.20 m; altura 2.48–4.08 m) y predominio de 2 tramos + 1 descanso (12/15). En encofrado, el rendimiento fue 10.79 m²/día (1.09 CAPECO); en acero, 200.39 kg/día (0.80 CAPECO); y en concreto se alcanzaron máximos de 15.22 m³/día (1.27 CAPECO). La distribución del tiempo evidenció trabajo de apoyo y pérdidas: encofrado TP=35.96%, TC=33.73%, TNC=30.32%; acero TP=48.64%, TC=26.45%, TNC=24.91%; y concreto TP=23.06%, TC=47.33%, TNC=29.61%. En conclusión, el rendimiento local supera a CAPECO en encofrado y concreto, pero muestra disminución en acero y predominio logístico en el vaciado; por ello, se recomienda logística previa y cuadrillas moderadas: encofrado 1 OP + 1 PE, acero 1 OP + 1 PE (exigente 1 OP + 2 PE) y concreto 1 OP + 1 OF + 3–4 PE, con peón logístico solo cuando el acceso o el izaje lo exijan.

Palabras clave: encofrado, habilitación de acero, vaciado de concreto, tiempo productivo.

ABSTRACT

In Chota, despite the fact that the Provincial Municipality of Chota indicates that at least 99% of homes have stairs and 90% of 15 master builders identify the U-shape as the predominant type, there are no local performance and productivity parameters available, which makes it necessary to refer to CAPECO. The objective was to evaluate the performance and productivity of labor in the construction of reinforced concrete staircases with a U-shaped geometric form in homes in the city of Chota, comparing it with the compendium of the Peruvian Chamber of Construction (CAPECO). A quantitative approach and direct measurement of performance were used, supplemented by a balance sheet to estimate TP, TC, and TNC for the labor involved in 15 homes. Geometric variability was recorded (width 0.80–1.20 m; height 2.48–4.08 m) and a predominance of 2 flights + 1 landing (12/15). In formwork, the yield was 10.79 m²/day (1.09 CAPECO); in steel, 200.39 kg/day (0.80 CAPECO); and in concrete, a maximum of 15.22 m³/day (1.27 CAPECO) was achieved. The distribution of time showed support work and losses: formwork TP=35.96%, TC=33.73%, TNC=30.32%; steel TP=48.64%, TC=26.45%, TNC=24.91%; and concrete TP=23.06%, TC=47.33%, TNC=29.61%. In conclusion, local performance exceeds CAPECO in formwork and concrete, but shows a decrease in steel and logistical dominance in pouring; Therefore, prior logistics and moderate crews are recommended: formwork 1 OP + 1 PE, steel 1 OP + 1 PE (demanding 1 OP + 2 PE), and concrete 1 OP + 1 OF + 3–4 PE, with a logistics worker only when access or lifting requires it.

Keywords: formwork, steel fitting, concrete pouring, productive time.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La industria de la construcción es un sector estratégico para la economía, provee infraestructura y condiciones habitabilidad que facilitan el alojamiento y desarrollo de otras actividades económicas (Al-Mamlook et al., 2020). Aunque en las últimas décadas se han incorporado tecnologías en los procesos constructivos, la edificación mantiene una alta dependencia de la mano de obra, debido a que el desempeño del personal continúa siendo determinante en la ejecución de la mayoría de partidas (Ebrahimi et al., 2021). Por lo tanto, la productividad del trabajador se asocia con la eficacia de la calidad, coste y plazo del proyecto (Neve et al., 2020).

A nivel internacional, la escasa productividad laboral y bajo rendimiento en la edificación es la causa principal de los sobrecostos, ampliaciones de plazo y variaciones de calidad en obra (Tucay y Ibanez, 2021). Esta condición adquiere mayor relevancia si se considera que, en diversos países, incluido el Perú, el costo de la mano de obra representa una proporción significativa del costo total del proyecto, estimada entre 30% y 50% (Nguyen et al., 2020). Por tanto, controlar y estimar el rendimiento del personal resulta crítico para la rentabilidad y toma de decisiones en la gestión de proyectos.

En el contexto nacional, los rendimientos empleados en presupuestos y análisis de costos unitarios se sustentan en el capítulo II.5 “*Análisis de costos unitarios (ACU)*” del compendio de la Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO] (2006). Sin embargo, dicho compendio se desarrolló con referencia a condiciones propias de Lima, por lo que sus valores no representan el rendimiento real en otras regiones del país. En consecuencia, se requiere información adaptada al nivel local, de modo que las estimaciones de rendimiento sean coherentes con las características del personal, las condiciones de trabajo y el entorno donde se ejecuta la obra (Nguyen et al., 2020).

El rendimiento y la productividad de la mano de obra pueden variar debido a diferencias en las prácticas constructivas, la disponibilidad de cuadrillas, la logística de abastecimiento y las condiciones climáticas, entre otros factores que afectan la continuidad del trabajo. Además, la complejidad de la actividad influye en la eficiencia productiva, porque las variaciones en forma y dimensiones de los elementos contruidos modifican el flujo de trabajo, el consumo de recursos y los tiempos de ejecución (Janampa, 2021).

Una escalera es un componente imprescindible en edificaciones de más de un nivel, porque garantiza la conectividad y funcionalidad dentro de la vivienda (Alvarez et al., 2019), no obstante, existen diferentes formas geométricas, entre las más usuales se encuentran, la forma recta, de L y de U, cuyo proceso constructivo presenta diferencias sustantivas (Bustos y Velásquez, 2019). Estas diferencias se reflejan en la habilitación y colocación de acero, encofrado y desencofrado, y vaciado de concreto, lo que modifica el flujo de trabajo y la demanda de recursos (Alvarez et al., 2019). En consecuencia, la forma geométrica de la escalera puede generar variaciones en el rendimiento y la productividad de la mano de obra, por lo que resulta pertinente valorar el desempeño del personal en escaleras con geometría de U.

En Chota, según la Municipalidad Provincial de Chota [MPCH] (2018), al menos el 99% de las viviendas cuentan con una escalera como parte de su infraestructura, así mismo, de la consulta realizada a 15 maestros de obra sobre el tipo de escalera más frecuente en viviendas de la ciudad según su forma geométrica, el 90% señaló que predomina la construcción de escaleras con forma geométrica de U. Esta prevalencia local justifica que el análisis del rendimiento y la productividad se enfoque en dicha tipología, dado su impacto directo en la planificación de recursos, el presupuesto y los plazos de obra en viviendas chotanas.

Sin embargo, los rendimientos de referencia disponibles para estas partidas se encuentran expresados en CAPECO (2006), en la hoja N.º 30 para encofrado y desencofrado; en las hojas N.º 55, N.º 56, N.º 57 y N.º 58 para vaciado de concreto; y en la hoja N.º 62 para colocación de acero, dentro del capítulo II.5 de ACU. En la ciudad de Chota, estudios previos (Torres-Torres et al., 2024) han evidenciado que el desempeño y la eficiencia productiva de la mano de obra en partidas como “*Encofrado, desencofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto en columnas y vigas*” resultan menores que los valores de compendios como CAPECO, debido a que estos se ajustan a condiciones de la costa (Lima) y no necesariamente a las características del entorno local. No obstante, dichas evidencias se han obtenido en otros elementos estructurales diferentes a los de escaleras, por lo que persiste una brecha de información local específica. En este marco, el problema se centra en que no se dispone de rendimientos y productividades locales para la construcción de escaleras de concreto armado de U en viviendas de Chota, lo que limita la estimación realista de costos y tiempos y motiva la presente investigación comparativa respecto a CAPECO (2006).

1.2. Justificación

Las escaleras constituyen elementos imprescindibles dentro de una edificación, porque garantizan la conectividad entre niveles. Sin embargo, según su forma geométrica, presentan variaciones constructivas como altura total, número de escalones, número de ciclos o tramos, y dimensiones de huella y contrahuella, entre otros. Estas diferencias modifican el proceso constructivo y pueden causar cambios en el rendimiento y productividad de la mano de obra, debido a que varían la forma de trabajo, tiempos requeridos por actividad, distribución de materiales, secuencia de ejecución y organización de la cuadrilla para adecuarse a la geometría de la estructura.

En el ámbito local, la escalera de concreto armado con geometría de U es una configuración conformada por tramos rectos con descanso(s) intermedio(s), que en planta define un recorrido con cambio de dirección, característico de dicha forma. De acuerdo con la apreciación de maestros de obra de la ciudad de Chota, este tipo de escalera se construye con mayor frecuencia que la escalera recta o en L, principalmente por su eficiencia en el uso del espacio, al adaptarse mejor a plantas reducidas; por criterios de seguridad, al incorporar descansos y cambios de dirección que contribuyen a controlar el desplazamiento; por razones estéticas, al integrarse con diversos acabados y diseños arquitectónicos; y por su flexibilidad, al ajustarse a distintas necesidades de la vivienda. En consecuencia, su alta incidencia y pertinencia práctica justifican su elección como objeto de análisis desde la perspectiva de rendimiento y productividad.

La investigación se justifica, además, por la ausencia de estudios locales orientados a estimar y contrastar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado de U, lo que evidencia un vacío de información útil para presupuestos y programación de obra. Asimismo, parte de la premisa de que la geometría de la estructura influye en el desempeño del personal, por lo que se busca verificar si la forma de U genera variaciones significativas del rendimiento y la productividad respecto a los valores de referencia de CAPECO (2006), elaborados a partir de condiciones de edificación propias de Lima. En ese marco, la investigación aporta una base de datos obtenida en múltiples viviendas de la ciudad de Chota (15 viviendas, según el muestreo), identifica factores operativos asociados al desempeño y brinda información aplicable para ingenieros civiles, proyectistas, docentes, estudiantes e investigadores, quienes podrán disponer de valores más coherentes con el contexto local para análisis de costos unitarios y para mejorar la planificación, el control y la calidad de ejecución en este tipo de partida.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir las características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado con forma geométrica de U y el flujo de trabajo que se ha seguido en su ejecución en las viviendas seleccionadas.
- Determinar el rendimiento de la mano de obra en las actividades de encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto durante la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, comparándolo con los valores referenciales del compendio CAPECO.
- Analizar la distribución de los tiempos de producción (productivo, contributorio y no contributorio) de la cuadrilla durante la ejecución de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.
- Proponer el flujo de trabajo y la conformación de cuadrilla óptimos para maximizar el rendimiento y productividad en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Mirnayani, y Paradiba, (2025) en su estudio realizado en Indonesia “*The impact of overtime duration variations on labor productivity in apartment construction projects: A study on engineering and disaster management in the construction sector*” [El impacto de las variaciones en la duración de las horas extras en la productividad laboral en proyectos de construcción de apartamentos] tuvieron como objetivo analizar el efecto de la duración de las horas extras sobre la productividad y rendimiento de la mano de obra en actividades estructurales, incluyendo partidas vinculadas a escaleras. Utilizaron una evaluación comparativa de productividad por actividad bajo escenarios de incremento de horas extras. Determinaron que la productividad horaria disminuyó de manera progresiva al aumentar las horas extras: en instalación de acero pasó de 493.53 kg/h a 345.47 kg/h, en vaciado de concreto de 4.06 m³/h a 2.84 m³/h y en encofrado de 28.13 m³/h a 20.63 m³/h; asimismo, la productividad diaria aumentó hasta 284 m³/día y el tiempo productivo mejoró de 68% a 72%, mientras que el costo laboral se incrementó entre 9% y 23% según tarea. Concluyeron que una hora adicional representa un umbral óptimo para equilibrar rendimiento, eficiencia y fatiga laboral.

Potter (2025) en su estudio realizado en Estados Unidos “*Labor Productivity in Construction*” [Productividad laboral en la construcción], tuvo como objetivo identificar las causas del bajo crecimiento de la productividad en el sector construcción. Utilizó un análisis longitudinal del desempeño sectorial y una revisión técnica de guías de estimación de mano de obra. Determinó que la productividad laboral solo aumentó 1.1 veces en seis décadas, lo que evidencia estancamiento, y que los rendimientos por unidad de trabajo se incrementaron apenas 0.04% anual; además, señaló que la

construcción residencial representa 42% del gasto total de construcción y que alrededor del 50% del costo de una edificación corresponde a mano de obra. Concluyó que la baja productividad se asocia principalmente con altos tiempos no productivos.

Caicedo (2024) en su investigación realizado en Medellín, Colombia, *“Supervisión, control, e inspección técnica en los procesos constructivos de elementos estructurales, acatando las normas técnicas. Control de mano de obra y calidad en las obras de la constructora METRO T S.A.S.”* tuvo como objetivo evaluar el control de mano de obra y la calidad mediante supervisión e inspección técnica en procesos constructivos de elementos estructurales, incluyendo escaleras. Utilizó seguimiento de obra y control operativo de cuadrillas para registrar rendimientos, consumo de horas-hombre y volúmenes ejecutados por actividad. Determinó que, para 15 peldaños, se empleó una cuadrilla de 3 oficiales y 1 ayudante, alcanzándose rendimiento promedio de 3.0 m lineales por semana por cuadrilla; cada escalera se completó en 3 semanas, con 1.94 m³ de concreto por escalera y 288 horas-hombre por estructura. Concluyó que la supervisión técnica continua y la planificación adecuada de cuadrillas son claves para optimizar el rendimiento y la productividad en la construcción de escaleras.

Rathnayake et al. (2024) su estudio *“Measuring activity-level construction productivity”* [Medición de la productividad de la construcción a nivel de actividad], tuvieron como objetivo analizar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en proyectos de edificación a nivel de actividad. Utilizaron datos de 138 ubicaciones y 33 cuadrillas, aplicando análisis de correlación y regresión para evaluar métricas de flujo en actividades estructurales. Determinaron que el tamaño promedio del lote se relaciona negativamente con la tasa media de producción ($r = -0.504$), lo que indica menor rendimiento conforme aumenta la magnitud del elemento; además, el tiempo productivo osciló entre 14% y 47% en trabajos de acero, entre 19% y 24% en encofrado

de losa, entre 33% y 34% en habilitación y colocación de acero, y fue 31% en vaciado de concreto. Concluyeron que predominan ineficiencias (62%–70%), y que el exceso de tiempo asociado entre cuadrillas y las discontinuidades por interrupciones entre ubicaciones son factores determinantes en la reducción de la productividad.

Muin et al. (2023) en su estudio realizado en Indonesia “*Cost and time analysis of fast food restaurant building construction project in pontianak using crashing method*” [Análisis de costos y tiempos del proyecto de construcción del MCD de Pontianak mediante el método de compensación tiempo-costo (TCTO)] tuvieron como objetivo optimizar el tiempo y costo del proyecto mediante aceleración del cronograma. Utilizaron el método crashing incrementando la jornada laboral entre 1 y 4 horas adicionales para evaluar su efecto sobre la productividad y duración. Determinaron que, en actividades estructurales, el rendimiento promedio fue 100 m²/día con una cuadrilla de 10 operarios, con duración de 2.65 días para un área de 265.27 m²; tras aplicar crashing, la productividad aumentó a 130 m²/día y la duración se redujo a 2.04 días. Concluyeron que la ampliación controlada de horas extras puede mejorar rendimiento y productividad y reducir plazos, siempre que se gestione la fatiga del personal.

Guebla y Solis (2022) en su tesis presentada en la Universidad de Guayaquil “*Elaboración de presupuesto de los rubros de la Edificación de oficinas para la empresa Agripac SA mediante la interacción matemática de productividad de obreros con la duración de la actividad en la programación y la interacción de rendimientos de materiales y la cantidad de compra total de los mismos*” tuvieron como objetivo estimar rendimientos y su impacto en la programación y presupuesto de una edificación de oficinas. Utilizaron una modelación de interacción matemática entre productividad, duración de actividades y requerimiento de recursos para partidas estructurales. Determinaron que, en habilitación de acero de refuerzo para la escalera, la cuadrilla de

2 peones, 1 operario y 0.10 maestro de obra alcanzó un aporte unitario de 0.101 kg/día; mientras que, para el vaciado de concreto de la escalera, la cuadrilla de 5 peones, 1 carpintero, 1 albañil y 0.10 maestro de obra registró un aporte unitario de 4.79 m³/día. Concluyeron que la integración de rendimientos de mano de obra y materiales mejora la precisión del presupuesto y la consistencia entre programación y ejecución.

Losada-Suárez (2022) en su tesis de maestría presentada en la UNC-Colombia “*Cálculo de los rendimientos para actividades de construcción que empleen el sistema industrializado*” tuvo como objetivo determinar rendimientos de mano de obra en actividades constructivas bajo sistema industrializado. Utilizó medición directa de rendimientos en un proyecto de cuatro torres de 8 pisos que incluyó dos escaleras, comparando resultados de campo con valores del expediente técnico. Determinó que, en el armado de encofrado de escaleras, el rendimiento fue 0.16 m²/hh con una cuadrilla de 2 operarios y 3 ayudantes; en el vaciado de concreto, el rendimiento fue 0.16 m³/hh, observándose una variación de 71% respecto a lo establecido en el expediente técnico. Concluyó que la medición en campo evidencia desviaciones frente al E.T., por lo que es necesario ajustar rendimientos con base en condiciones reales de ejecución.

Rueda y Matíz (2020) en su investigación presentada en la Universidad Cooperativa de Colombia “*Manual para estimar el tiempo requerido en la construcción de vivienda*” tuvo como objetivo implementar los valores de rendimiento del compendio nacional colombiano, en un prototipo de vivienda de dos niveles en. Como parte de dicha vivienda se construyó una escalera con 14 gradas, de 1 m de ancho, con pendiente de 22%, donde el consumo de obreros en el vaciado de concreto para escalera fue de 4.30 m³/hh conformado por la cuadrilla de 1 operario y 4 ayudantes. Determinó que los rendimientos de la mano de obra en la ejecución de las partidas son relativamente menores a los estimados dados en el compendio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Peralta (2024) en su estudio “*Aplicación de la filosofía lean construction en el mejoramiento de la productividad de la mano de obra en la construcción de una vivienda en la Ciudad de San Miguel*” tuvo como objetivo mejorar la productividad de la mano de obra mediante herramientas de Lean Construction en una vivienda ubicada en Juliaca. Utilizó la herramienta carta balance para cuantificar los porcentajes de trabajo productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC), e identificar actividades que afectan el rendimiento del personal. Determinó que, en la ejecución de gradas, la cuadrilla conformada por 1 capataz, 2 operarios y 1 ayudante alcanzó una productividad diaria promedio de 5.86 m²/día en encofrado, 126.43 kg/día en acero y 5.79 m³/día en concreto; además, evidenció una mejora superior al 20% respecto al método convencional y una reducción de los tiempos ociosos de 80% mediante el análisis de restricciones. Concluyó que la implementación de Lean Construction en la partida de gradas reduce actividades improductivas.

Gamarra y Roldan (2023) en su estudio realizado Trujillo “*Implementación del sistema last planner system en actividades de encofrados en pisos altos aplicado en el proyecto multifamiliar prime Trujillo*” tuvieron como objetivo evaluar la productividad de la mano de obra mediante la aplicación del Last Planner System (LPS) en actividades de encofrado en Trujillo. Utilizaron un enfoque de control y seguimiento de producción por especialidad, con cuadrillas diferenciadas: para acero (1 capataz, 1 operario y 1 peón), para encofrado (1 capataz, 2 operarios y 2 peones) y para concreto (1 capataz, 3 operarios, 1 oficial y 2 peones). Determinaron que el rendimiento promedio fue de 337 a 458 kg/día en acero, 57 m²/día en encofrado y 35 m³/día en concreto, en pisos intermedios del edificio; además, registraron una distribución del tiempo de la cuadrilla de 62% en TP, 21% en TC y 17% en TNC, evidenciando reducción del TNC frente a

un sistema tradicional. Concluyeron que el LPS mejora la planificación y el control semanal de la producción, optimizando el rendimiento operativo y la productividad real.

Ruiz y Saavedra (2022) en su tesis presentada en la Universidad Científica del Perú “*Control del rendimiento de la mano de obra en edificaciones aplicando herramientas de gestión de proyectos, Tarapoto 2021*” tuvieron como objetivo controlar y evaluar el rendimiento de la mano de obra en una obra ejecutada por una empresa constructora en la ciudad de Tarapoto, que incluyó módulos educativos y dos escaleras en dos tramos. Utilizaron herramientas de control del rendimiento durante el desarrollo de las actividades programadas. Determinaron que los índices de rendimiento se ubicaron en un rango de eficiencia de 88% a 107.94%, calificándose como aceptables para la obra evaluada. Concluyeron que el uso de herramientas de gestión de proyectos contribuye al control del rendimiento.

Delgado y Grados (2022) en su tesis presentada en la Universidad Privada Antenor Orrego “*Aplicación de la metodología Lean Construction en un proyecto de infraestructura educativa para optimizar los rendimientos ante las medidas sanitarias impuestas por Covid-19, Trujillo*” tuvieron como objetivo optimizar los rendimientos de mano de obra mediante Lean Construction en la ejecución de una infraestructura educativa en Trujillo. Utilizaron herramientas Lean orientadas a mejorar el flujo de trabajo y la organización de actividades bajo restricciones sanitarias. Determinaron que, en partidas vinculadas a escaleras, el rendimiento fue de 6 m³/día en vaciado de concreto, 6 m²/día en encofrado y desencofrado, y 250 kg/día en habilitación de acero para vigas en escaleras; además, reportaron que el proceso constructivo de la escalera demandó 20 días. Concluyeron que la aplicación de Lean Construction en proyectos educativos permite optimizar rendimientos, mejorar el flujo de ejecución y adaptarse a restricciones operativas sin comprometer el desempeño productivo.

Castro y Tamayo (2022) en su tesis presentada en la UPCA “*Modelo de mejora de la productividad de la mano de obra en las partidas de acero, concreto y encofrado en proyectos de edificaciones multifamiliares mediante la aplicación de herramientas del lean construction*” tuvieron como objetivo proponer un modelo de mejora de productividad en partidas estructurales (acero, concreto y encofrado) en edificaciones multifamiliares en Lima. Utilizaron herramientas de Lean Construction aplicadas al análisis de desempeño y eficiencia productiva en un edificio de 22 pisos y azotea, con escalera y ascensor. Determinaron que la aplicación de la filosofía Lean puede reducir en 3% los costos asociados a la mano de obra. Concluyeron que un modelo de mejora basado en Lean Construction contribuye a reducir costos y a elevar la productividad mediante una gestión más eficiente de procesos y recursos.

Castillo (2021) en su tesis presentada en la UNC “*Productividad y rendimiento de mano de obra en el proyecto de mejoramiento de la I.E. César A. Vallejo, de la ciudad de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad*” tuvo como objetivo analizar la eficiencia y desempeño del personal laboral durante la ejecución de la construcción de la I.E. César Vallejo, en Huamachuco. La metodología de la investigación fue de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, tipo aplicado, tuvo como muestra la mano de obra de las cuadrillas de la institución educativa. Determinó que, el rendimiento en encofrado de escaleras en los trabajos de habilitación, encofrado y desencofrado es respectivamente, 28 m², 6 m² y 18 m² para una cuadrilla de 0.1 capataz 1 operario y 1 oficial; mientras que, en el desencofrado solo intervienen 1 oficial y 2 operarios, en vaciado de concreto para escalera el rendimiento es 12 m³ para una cuadrilla de 0.2 capataz, 2 operarios, 2 oficiales y 10 peones. Concluyeron que estos rendimientos son menores a los dados por CAPECO y en el expediente técnico de la obra.

2.1.3. Antecedentes regionales

Montenegro (2025) en su estudio realizado en Cajamarca “*Optimización de la planificación y productividad utilizando el método de construcción sin pérdidas en un colegio de la provincia de Chota-Cajamarca, 2024*” tuvo como objetivo aplicar la metodología Lean Construction para mejorar la productividad y el rendimiento de la mano de obra en partidas estructurales. Utilizó herramientas de Lean orientadas a la planificación y control de la producción. Determinó que la mano de obra empleó 30.95% del tiempo en TP, 46.19% en TC y 22.86% en TNC, evidenciando que una proporción importante de la jornada se asigna a tareas indirectas. Concluyó que una planificación adecuada mejora la distribución temporal e incrementan la productividad.

Torres et al. (2024) en el artículo “*Productividad y rendimiento de mano de obra en la construcción de vigas y columnas en viviendas de la ciudad de Chota*” publicado en la Revista Ciencia Nor@ndina, tuvieron como objetivo determinar la productividad y el rendimiento de la mano de obra en la construcción de vigas y columnas en viviendas de la ciudad de Chota. Utilizaron metodología de alcance descriptivo en una muestra de 9 viviendas en proceso de edificación, evaluando rendimiento por partida y distribución del tiempo de trabajo (TP, TC y TNC). Determinaron que el rendimiento del concreto, para una cuadrilla de 14 obreros, fue de 12.58 m³/día en columnas y 26.65 m³/día en vigas; en encofrado, para una cuadrilla de dos obreros, fue de 10.93 m²/día en columnas y 10 m²/día en vigas; y en habilitación de acero, para una cuadrilla de dos obreros, fue de 275.86 kg/día en columnas y 275.72 kg/día en vigas. Asimismo, la producción laboral promedio registró, para concreto, encofrado y habilitación de acero, TP de 15%, 39% y 59%, TC de 47%, 38% y 23% y TNC de 39%, 23% y 18%, respectivamente. Concluyeron que el rendimiento y la productividad varían por partida y composición de cuadrilla.

Burga (2022) en su tesis “*Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en viviendas de Chota. Utilizó un estudio aplicado en 13 viviendas, evaluando el rendimiento de la cuadrilla conformada por 1 operario y 0.25 peón. Determinó que el TP, TC y TNC fueron 42.67%, 43.16% y 14.17%, respectivamente. Concluyó que, solo 3.41 horas fueron trabajo productivo.

Rojas (2019) en la investigación “*Evaluación de productividad de mano de obra en construcción de edificio el Chotanito utilizando el sistema last planner Jaén Cajamarca 2017*” tuvo como objetivo evaluar la productividad de la mano de obra mediante la aplicación del LPS en la ejecución de partidas asociadas a la construcción de escaleras. Utilizó medición del desempeño laboral en términos de TP, TC y TNC, y estimación de aportes unitarios por cuadrilla. Determinó que, en vaciado de concreto de escalera, el TP, TC y TNC fueron 46.75%, 23.38% y 29.87%; en encofrado y desencofrado de escalera fueron 56.41%, 16.67% y 26.92%; y en habilitación de acero para escalera fueron 60%, 20% y 20%, respectivamente. Asimismo, el aporte unitario fue de 0.06 kg/hh para la cuadrilla de 1 operario y 1 oficial en habilitación de acero; de 3.33 m²/hh para la cuadrilla de 1 operario, 1 oficial y 0.5 peón en encofrado y desencofrado; y de 12 m³/hh para la cuadrilla de 2 operarios, 1 oficial y 6 peones en vaciado de concreto. En contraste, el expediente técnico consideró rendimientos de 6 m³/día para vaciado de concreto en escalera, 6 m²/día para encofrado y desencofrado, y 250 kg/día para habilitación de acero en escalera. Concluyó que existen diferencias relevantes entre los rendimientos planificados y los obtenidos en obra, razón por la cual este antecedente, aunque fuera del rango 2022–2026, resulta pertinente para el análisis específico de escaleras en el presente estudio.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Productividad y rendimiento de la mano de obra en construcción

La productividad de la mano de obra en la construcción constituye un indicador técnico de eficiencia que relaciona la producción obtenida con los recursos laborales empleados en su ejecución. En obras de edificación, gran parte de las partidas estructurales todavía depende de procesos manuales, de cuadrillas empíricas y de las condiciones variables de la obra. Por ello, la productividad no solo expresa cuánto produce una cuadrilla, sino también cómo se organiza el trabajo, cuánto tiempo se destina a actividades productivas, qué restricciones afectan la continuidad y qué proporción de la jornada se pierde en traslados o interferencias (Van Tam, 2024).

El rendimiento de la mano de obra corresponde a la cantidad de trabajo ejecutada por una cuadrilla durante un periodo determinado, expresada en unidades de producción por jornada o por unidad de tiempo. En el caso de escaleras de concreto armado, el rendimiento se mide según la naturaleza de cada partida: $\text{m}^2/\text{día}$ para habilitación y encofrado, $\text{kg}/\text{día}$ para habilitación y colocación de acero, y $\text{m}^3/\text{día}$ para preparación y vaciado de concreto. Esta diferenciación es necesaria porque cada actividad presenta una unidad física distinta, una composición de cuadrilla particular y condiciones operativas propias. Rathnayake et al. (2024) sostienen que la medición de la productividad a nivel de actividad permite identificar con mayor precisión las pérdidas asociadas al flujo de trabajo, a los materiales y al espacio de trabajo.

2.2.2. Medición del rendimiento y aporte unitario de la mano de obra

a) Principios del método de observación directa (work sampling)

El *Work Sampling* es un método que permite evaluar de forma simultánea diversas fases del proceso constructivo mediante observaciones directas realizadas por un analista. A partir de estas observaciones, el equipo del contratista determina,

mediante porcentajes, el tiempo empleado en el trabajo. Con esta información se comprueba cuándo la actividad es productiva, de soporte o improductiva, además de registrar el avance ejecutado de la obra en unidades de metrado (Delgado R. , 2023).

b) Metodología para el cálculo de rendimientos.

La medición del rendimiento de mano de obra se basa en el registro del tiempo empleado, del número de trabajadores participantes y del metrado ejecutado. Este procedimiento permite obtener dos indicadores técnicos: el rendimiento diario y el aporte unitario. El rendimiento expresa la producción alcanzada por jornada, mientras que el aporte unitario representa la cantidad de horas-hombre requeridas para producir una unidad. Ambos indicadores son inversamente relacionados: cuando el aporte unitario disminuye, el rendimiento tiende a incrementarse, siempre que se mantengan constantes la calidad del trabajo y las condiciones de ejecución (Jiménez G. K., 2020).

a) Primero, se debe calcular las horas hombre por actividad:

$$Aporte\ OP = \frac{N^{\circ}\ de\ operarios \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (1)$$

$$Aporte\ PE = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (2)$$

$$HH = t \times N^{\circ}\ operarios + t \times N^{\circ}\ ayudantes + t \times N^{\circ}\ peones \quad (3)$$

Donde: t es tiempo (horas) y HH es horas hombre.

b) Luego se puede calcular el rendimiento de la siguiente forma:

$$Rendimiento = \frac{Número\ de\ trabajadores \times Jornada\ laboral}{Aporte\ total\ o\ Ci\ (según\ sea\ el\ caso)} \quad (4)$$

Donde: Ri, rendimiento de la medida; HH, horas-hombre; Ci, cantidad de trabajo en unidad de medida.

2.2.3. Medición de la productividad mediante carta balance.

Brioso y Calderon-Hernandez (2023) proponen integrar el registro de trabajo productivo, contributorio y no contributorio con la observación directa del sitio de

construcción, lo que confirma la utilidad de este tipo de medición para evaluar simultáneamente producción y condiciones de trabajo. Asimismo, Cabrera et al. (2023) evidencian que el tiempo no contributivo constituye una de las principales fuentes de pérdida en los procesos constructivos y que su reducción requiere herramientas de gestión Lean, tales como la organización del área de trabajo, la estandarización de actividades y el control de restricciones.

El estudio de tiempos productivos busca examinar y medir el tiempo necesario para ejecutar una tarea o proceso, con el propósito de identificar y eliminar actividades que no generan valor y, así, mejorar la eficiencia laboral (Taylor et al., 1961). La teoría del tiempo productivo corresponde al periodo en el cual el trabajador realiza actividades que contribuyen directamente al producto o servicio final, es decir, el tiempo de producción efectiva para realizar dicha actividad, por otra parte, el tiempo contributivo analiza el tiempo destinado a tareas que no agregan valor de forma directa, pero que son esenciales para el desarrollo del proceso, como traslado de materiales o la preparación del área de trabajo (Kanawaty, 1992), y por último, el tiempo no contributivo relata el tiempo perdido en actividades que no contribuyen valor alguno, consideradas como desperdicio, las cuales son esperas innecesarias, movimientos redundantes o errores operativos (García R. , 2005).

En la presente investigación, la carta balance se aplicó a las partidas de habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. A partir de esta técnica, se determinó el porcentaje de tiempo productivo (TP), tiempo contributivo (TC) y tiempo no contributivo (TNC), permitiendo evaluar la eficiencia real de la mano de obra durante la construcción de escaleras con forma geométrica de U.

2.2.4. *Flujo de trabajo, pérdidas y enfoque Lean Construction*

El enfoque Lean Construction sostiene que la mejora de la productividad no depende únicamente de incrementar el número de trabajadores, sino de optimizar el flujo de trabajo, reducir las restricciones y eliminar actividades que no agregan valor. En la construcción, las pérdidas suelen manifestarse en esperas, transporte excesivo, retrabajos, búsqueda de herramientas, desplazamientos innecesarios, interrupciones por falta de materiales y congestión operativa. Estas condiciones afectan directamente el rendimiento diario y reducen el porcentaje de tiempo productivo de la cuadrilla.

Rathnayake et al. (2024) señalan que la productividad a nivel de actividad debe analizarse considerando los flujos de trabajadores, materiales, información y espacio, ya que las pérdidas no siempre se observan en el producto final, sino en cómo se desarrolla el proceso. En escaleras de concreto armado con forma geométrica en U, este enfoque es especialmente relevante, ya que la geometría, el nivel de ejecución, el número de tramos, la ubicación del acopio y el medio de transporte de materiales influyen en la continuidad del trabajo.

Desde esta perspectiva, la productividad de la mano de obra no debe interpretarse únicamente como producción por jornada, sino como resultado de la interacción entre la cuadrilla, el espacio de trabajo, la logística y la secuencia constructiva. Por ello, el análisis de TP, TC y TNC permitió identificar si las limitaciones observadas se debieron a la capacidad de producción de la cuadrilla o a factores externos, como el transporte vertical, la ubicación de los materiales, interferencias entre los trabajadores o esperas durante el vaciado de concreto.

2.2.5. *Construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U*

Las escaleras de concreto armado con forma geométrica en U son elementos estructurales de circulación vertical, conformados generalmente por dos tramos

principales y un descanso intermedio que permite el cambio de dirección. Su ejecución requiere la integración de las siguientes partidas: trazo, habilitación y encofrado, habilitación y colocación del acero, preparación y vaciado de concreto, compactación, curado y desencofrado. Debido a su configuración geométrica, este tipo de escalera presenta mayor complejidad que una escalera recta, porque exige cambios de dirección, mayor cuidado en los descansos, precisión en las huellas y contrahuellas, y coordinación adecuada durante el transporte y la colocación de materiales.

La Norma E.060 de Concreto Armado establece criterios técnicos para la ejecución de elementos de concreto estructural, incluyendo condiciones de colocación del acero, recubrimiento, estabilidad del encofrado, colocación del concreto, compactación y curado de acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] en la norma E.060 (MVCS, 2009). En el caso de escaleras, el encofrado debe garantizar la geometría prevista y evitar deformaciones durante el vaciado; el acero debe colocarse respetando las longitudes de anclaje, los recubrimientos y la posición de los refuerzos; y el concreto debe colocarse de manera continua, evitando la segregación y los vacíos.

2.2.6. Compendio CAPECO (2006) rendimientos y aportes unitarios en la construcción de escaleras

El compendio de la Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO] constituye una fuente técnica ampliamente utilizada en el Perú para el análisis de costos unitarios y la estimación de rendimientos de mano de obra en edificaciones. En la presente investigación, CAPECO (2006) se utilizó como referencia de comparación porque proporciona rendimientos para partidas vinculadas a escaleras de concreto armado, tales como encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto. Sin embargo, estos valores deben interpretarse como parámetros referenciales, ya que fueron elaborados

bajo condiciones generales de obra y no necesariamente representan el desempeño específico de la mano de obra en la ciudad de Chota.

Tabla 1

Rendimientos de la mano de obra en la construcción de escaleras

Partida	Cuadrilla	Rendimiento
Encofrado y desencofrado de escaleras	Encofrado: 0.1 capataz + 1 oficial + 1 operario	Habilitación: 28 m ² /día
	Desencofrado: 1 oficial + 2 peones	Encofrado: 6 m ² /día
		Desencofrado: 18 m ² /día
Escalera f'c 140, 175 y 210 kg/cm ²	Preparación y vaciado: 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones	Preparación y vaciado: 12 m ³ /día
	Curado: 0.1 capataz + 1 peón	Curado: 30 m ³ /día
Acero grado 60	Habilitación: 0.1 capataz + 1 operario + 1 oficial	Habilitación: 250 kg/día
	Colocación: 0.1 capataz + 1 operario + 1 oficial	Colocación: 250 kg/día

Nota. (CAPECO, 2006).

Tabla 2

Análisis de costos unitarios: encofrado y desencofrado de escaleras

Encofrado: 6 m²/día

Desencofrado: 18 m²/día

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Materiales			
Madera tornillo	p2		5.74
Clavos de 3"	Kg		0.10
Alambre negro N° 16	Kg		0.008
Mano de obra			
Capataz	hh	0.10	0.16
Operario	hh	1	1.62
Oficial	hh	2	2.06
Peón	hh		0.89
Equipo, herramientas			
Herramientas: 3% M. Obra			0.03

Nota. (CAPECO, 2006).

Tabla 3*Análisis de costos unitarios: vaciado de concreto en escalera*Preparación y vaciado: 12 m³/día

Descripción	Unidad	Cantidad		
		F'c 140 kg/cm²	F'c 175 kg/cm²	F'c 210 kg/cm²
Materiales				
Cemento portland tipo I	Bls	7.01	8.43	9.73
Arena gruesa	m3	0.51	0.54	0.52
Piedra chancada de ½”	m3	0.64	0.55	0.53
Mano de obra				
Capataz	hh	0.16	0.16	0.16
Operario	hh	1.33	1.33	1.33
Oficial	hh	1.33	1.33	1.33
Peón	hh	6.94	6.94	6.94
Operador equipo liviano	hh	2.01	2.01	2.01
Equipo, herramientas				
Herramientas: 3% M. Obra		0.03	0.03	0.03
Mezcladora de 9-11 p3	hm	0.67	0.67	0.67
Vibrador de 2.0”	hm	0.67	0.67	0.67
Winche eléctrico de 2 tambores	hm	0.67	0.67	0.67

Nota. (CAPECO, 2006).**Tabla 4***Análisis de costos unitarios: Acero grado 60*

Rendimiento: 250 kg/día

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Materiales			
Fierro corrugado de 5/8"	Kg		1.07
Alambre negro N° 16	Kg		0.06
Mano de obra			
Capataz	hh	0.10	0.004
Operario	hh	1.00	0.032
Oficial	hh	1.00	0.032
Equipo, herramientas			
Herramientas: 3% M. Obra			0.03
Cizalla	hm		0.032

Nota. (CAPECO, 2006).

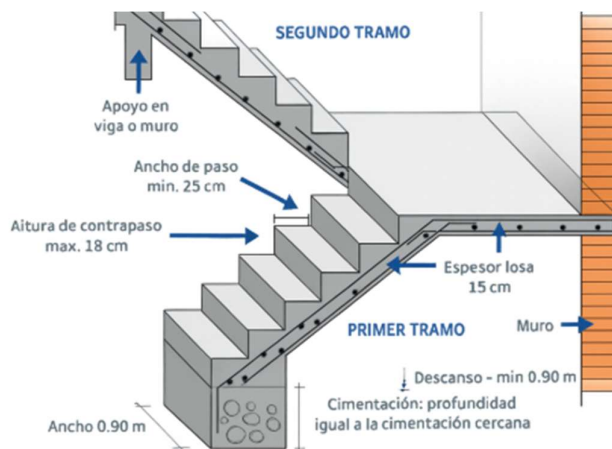
2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Escaleras de concreto armado con forma geométrica de U

La escalera de concreto armado con forma geométrica de U es un elemento estructural destinado a conectar verticalmente dos o más niveles de una edificación por tramos de peldaños y descansos intermedios. Su configuración en planta implica un cambio de orientación, generalmente de 180° , lo que permite optimizar el uso del espacio en la vivienda (Arias, 2015).

Figura 1

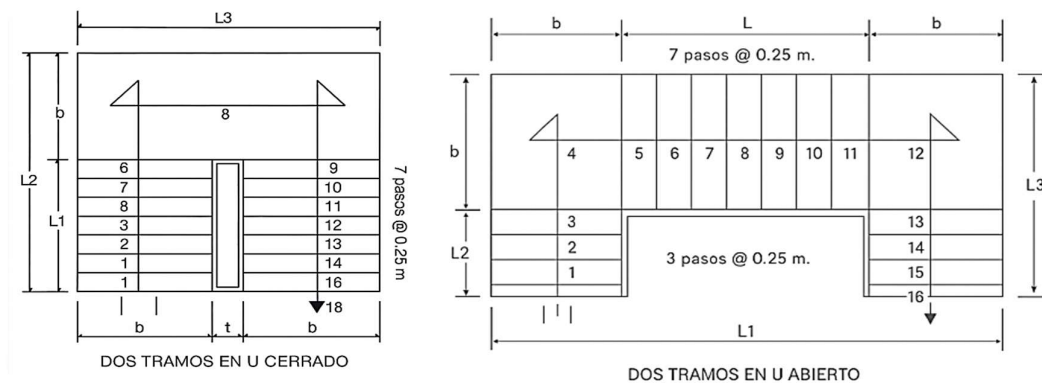
Elementos estructurales de una escalera



Nota. (Aceros Arequipa, 2023).

Figura 2

Escalera con forma geométrica de U



Nota (Arias, 2015).

2.3.2. Construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U

Las escaleras con forma geométrica de U son un diseño arquitectónico utilizado en viviendas y edificaciones para facilitar la circulación vertical mediante dos tramos de escalones unidos por un descanso central, ofreciendo un espacio amplio, cómodo y funcional, mejorando la movilidad por su mayor ancho y aportando valor estético al interior, ya que permiten integrar barandas, acabados decorativos y diseños modernos (Arias, 2015). Generalmente se construyen en acero o en concreto para asegurar resistencia y durabilidad, mientras que los peldaños pueden variar según el estilo (madera, piedra o metal), pero su ejecución debe cumplir con códigos y normas de calidad estructural.

2.3.2.1.Partidas y proceso constructivo de escaleras de concreto

Una partida es cada una de las secciones que tradicionalmente corresponden al conjunto de actividades o labores previstas en una obra, definidas con el objetivo de permitir su cuantificación (Delgado y Grados, 2022).

2.3.2.2.Partidas para la construcción de escaleras de concreto armado

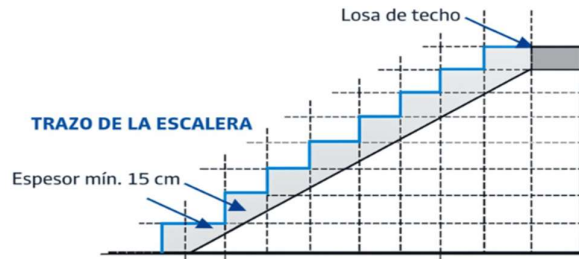
Los procesos constructivos consisten en una secuencia organizada de etapas y métodos que deben ejecutarse durante la construcción de cualquier tipo de estructura (Cahuana y Sequeiros, 2019). En el Manual de Aceros Arequipa (2023) se detalla el proceso constructivo por partidas:

a) Trazo de escalera

Para obtener el trazo, la dimensión vertical se divide entre el número de contrapasos y la horizontal, entre el número de pasos. Con estos puntos de referencia y utilizando una wincha y un nivel, se realiza el marcado correspondiente. Luego se traza el fondo de escalera, teniendo en cuenta que el espesor mínimo es de 15 cm o el que especifiquen los planos (Aceros Arequipa, 2023).

Figura 3

Trazo de la escalera



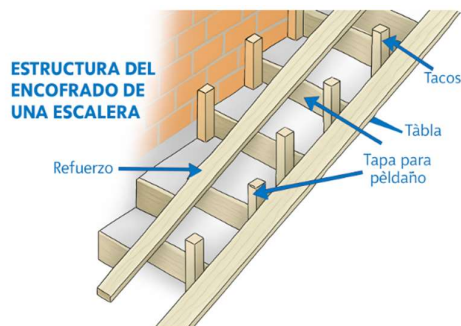
Nota. (Aceros Arequipa, 2023).

b) Encofrado de escalera

Siguiendo la línea trazada en el fondo de la escalera, se arma la rampa que servirá de base para el encofrado. Luego, se encofran los contrapisos con tablas de 1 ½" de espesor, de un largo igual al ancho de la escalera. Estas tablas deben asegurarse con tacos de madera en sus extremos y, además, se debe colocar un listón de refuerzo en el centro de cada tabla para evitar que se curven por la presión del concreto.

Figura 4

Encofrado de escalera



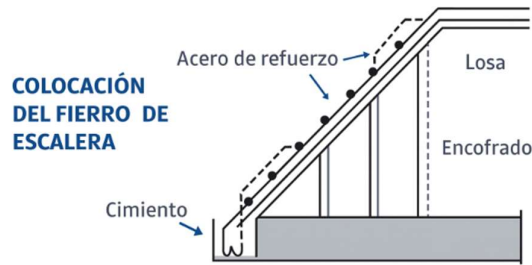
Nota. (Aceros Arequipa, 2023).

c) Habilitación de acero

Primero se coloca la armadura de acero longitudinal y transversal en el fondo de la rampa (se colocan dados de concreto que garantizan el recubrimiento). En los extremos inferior y superior de la escalera deben haber “mechas” de acero provenientes de la cimentación o de la losa de techo, según corresponda; servirán para enganchar los refuerzos de la escalera a la estructura del edificio (Aceros Arequipa, 2023).

Figura 5

Habilitación de acero



Nota. (Aceros Arequipa, 2023).

d) Preparación y vaciado del concreto

Preparación del concreto (Aceros Arequipa, 2023)

El concreto a emplearse deberá ser de la misma calidad que el de las columnas y de los techos. La proporción recomendada consiste en emplear una bolsa de cemento por cada 2/3 de buggy de arena gruesa y 2/3 de buggy de piedra chancada.

Vaciado del concreto (Aceros Arequipa, 2023)

- Antes de iniciar el vaciado, se deberá humedecer el encofrado con agua.
- El transporte del concreto se efectuará en latas limpias para evitar cualquier contaminación de la mezcla.
- El concreto debe vaciarse comenzando por la parte más baja y terminando por la parte superior. Si lo hacen en sentido contrario, el concreto resbalará por la rampa de la escalera, lo que provocará la separación de la piedra de la mezcla.
- El vaciado debe realizarse de forma continua hasta completar toda la escalera. Durante este proceso, debe compactarse el concreto con vibradora o con varilla de acero.
- El desencofrado debe realizarse a los 7 días, tiempo durante el cual se debe humedecer el concreto con agua para evitar rajaduras y garantizar la resistencia.

2.3.3. *Características geométricas de la escalera*

Las características geométricas de una escalera corresponden al conjunto de parámetros dimensionales y de disposición espacial que describen su forma dentro de la vivienda (emplazamiento en planta) y sus medidas principales (tramos, anchos y desarrollos). Estas características condicionan la circulación y la seguridad de uso, e influyen en la constructibilidad, pues determinan la configuración del encofrado, el armado de acero y la logística de trabajo en espacios reducidos o con cambios de dirección (Koutamanis, 2024).

Altura total de la escalera. Se define como la distancia vertical entre los niveles inferior y superior, medida desde el arranque de la escalera (Insignia, 2024).

Ubicación de la escalera en la vivienda. La ubicación de la escalera se define como su posición relativa dentro de la planta arquitectónica respecto a la profundidad del lote o de la vivienda, y se clasifica en sectores frontales (inicio), intermedios (centro) o posteriores (fondo) (Tseng et al., 2024).

Longitud de tramo. Desarrollo longitudinal de un “vuelo” o tramo continuo de la escalera entre descansos, asociado al número de peldaños y a la geometría del avance en planta. Representa la dimensión lineal que condiciona el recorrido y el espacio necesarios para conectar niveles (GOV, 2022).

Ancho del tramo de las escaleras. El ancho del tramo corresponde al ancho libre de circulación disponible en el vuelo de la escalera, medido como la distancia útil que permite el tránsito (Koutamanis, 2024). Dependiendo del uso de escaleras, se recomiendan anchos mínimos de 0.90 m para viviendas unifamiliares, 1.10 m para viviendas plurifamiliares, 0.75 m para sótanos y altillos de viviendas, 1.30 m para iglesias, escuelas y hospitales, 1.50 m para teatros, cines y grandes almacenes (García y García, 1998).

2.3.4. Características técnicas de la construcción

Las características técnicas de la construcción se definen como el conjunto de especificaciones y decisiones de ejecución que establecen qué se construye y cómo se construye, incluyendo requisitos de materiales, estándares de mano de obra, tolerancias, criterios de desempeño, procedimientos de fabricación/instalación y secuencias de trabajo. Por ello, en un elemento como la escalera, las características técnicas se vinculan directamente con procesos como el armado de acero, el encofrado, el vaciado, el curado y el control de conformidad (Aceros Arequipa, 2023).

Tipo de material utilizado para el encofrado. Se entiende como la clase de material que conforma el sistema de encofrado (molde temporal), el cual da forma y confina el concreto fresco hasta que alcanza una estabilidad suficiente para mantener su geometría (Nilimaa et al., 2023).

Resistencia esperada del concreto. Es la capacidad del material para soportar cargas de compresión a una edad de 28 días (Gómez et al., 2018).

Cantidad de cemento utilizado. Es el volumen o masa de cemento que se utiliza para la mezcla de concreto, determinada en función del tipo de obra, resistencia requerida y la condición estructural o arquitectónica (Aceros Arequipa, 2023).

Tipo de preparación de mezcla. Se define como la modalidad y procedimiento de dosificación (batching) y mezclado con el que se combinan los componentes del concreto para lograr una mezcla homogénea con propiedades controladas, puede ser mezclado manual o mecánico (Nilimaa et al., 2023).

Medio de transporte de materiales. Es el sistema o mecanismo utilizado para trasladar materiales de construcción desde un punto de acopio hasta la zona donde se emplearán, para ello se utilizarán carretillas, volquetes, fajas transportadoras, andamios elevadores, entre otros (Aceros Arequipa, 2020).

2.3.5. Mano de obra

La mano de obra es el recurso humano involucrado en el proceso productivo, cuya participación permite ejecutar las tareas propias de la construcción. Esta fuerza laboral puede estar compuesta por personal especializado, es decir, personas con formación académica o capacitación técnica en el área, o por personas con conocimiento empírico (Gonzales, 2021). El recurso activo, necesario para realizar una actividad específica, depende de la mano de obra, ya sea que la actividad se realice de manera rápida o lenta, y de si se realiza correctamente o no (Flórez, 2021).

Una cuadrilla de trabajo es el grupo de trabajadores necesario para ejecutar una actividad según el método constructivo utilizado, con el fin de alcanzar el rendimiento previsto (Ramos, 2015). Hay tres categorías de trabajadores definidas (operario, oficial y peón) por el acuerdo entre la Asociación de Ingenieros Constructores del Perú y el Sindicato de Trabajadores de la Construcción Civil (Gomel, 2021).

a) Operario.

Se considera operario al trabajador que posee habilidades técnicas en un oficio específico. Este grupo incluye a albañiles, carpinteros, fierreros, gasfiteros, operadores de maquinaria, mezcladores, concreteros y wincheros. (Gomel, 2021)

b) Oficial.

Se denomina ayudante o auxiliar al trabajador que no cuenta con la misma capacitación especializada que un operario, pero sí tiene mayor conocimiento del oficio que un peón y, por tanto, asiste al operario en sus labores (Gomel, 2021).

c) Peón.

Es un trabajador sin especialización que se emplea de manera flexible para apoyar diversas labores del proceso de construcción (Gomel, 2021).

2.3.6. Rendimiento de la mano de obra

El rendimiento se refiere a la cantidad de trabajo realizado por una cuadrilla en un período determinado, respetando un nivel de calidad establecido (Ramos, 2015). Los rendimientos son resultados derivados de un análisis realizado directamente en el campo y se expresan en horas-hombre requeridas para completar una determinada cantidad de trabajo (Jiménez G. K., 2020).

El rendimiento es la proporción entre el volumen de trabajo ejecutado por la fuerza laboral y el tiempo dedicado a dicha labor, lo que permite calcular el rendimiento específico de cada actividad o partida (Solis, 2022).

$$\text{Rendimiento diario} = \frac{Q}{t} \times 8 \quad (5)$$

$$AU = \frac{N \times t}{Q} \quad (6)$$

$$\text{Duración de actividad} = \frac{\text{Metrado de partida}}{\text{Cuadrilla} \times \text{Rendimiento}} \quad (7)$$

Donde: R = rendimiento diario, expresado en m²/día, kg/día o m³/día; Q = cantidad ejecutada; t = tiempo empleado, en horas; 8 = jornada laboral estándar en horas/día; AU = aporte unitario de mano de obra, expresado en hh/m², hh/kg o hh/m³, según la partida; N = número de trabajadores de la cuadrilla.

La cantidad total de Horas-Hombre utilizadas para completar una partida se obtiene al sumar las contribuciones de todas las categorías involucradas (Solis, 2022).

Aporte unitario total. Es la cantidad de recursos directos (mano de obra) necesarios para ejecutar una unidad de medida determinada (Cisneros, 2021).

Aporte unitario de operarios. Es la cantidad de horas hombre que aporta un operario dentro de una cuadrilla para ejecutar una obra, forma parte del aporte unitario total (Cisneros, 2021).

$$\text{Aporte OP} = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (8)$$

Aporte unitario de peones. Es la cantidad de horas-hombre que un peón aporta a una cuadrilla para ejecutar una obra, o bien expresa el tiempo específico que requiere un peón para completar dicha unidad (Cisneros, 2021).

$$Aporte\ PE = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (9)$$

2.3.7. *Productividad de la mano de obra*

La productividad de la mano de obra es la relación entre la cantidad producida y el personal empleado, y refleja la eficiencia con la que se aprovecha dicha fuerza laboral en el proceso de producción. La productividad laboral se entiende como la cantidad de trabajo que ejecuta un trabajador o un equipo en un periodo determinado, en relación al tiempo productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC) que emplea para dicha tarea (Cahuana y Sequeiros, 2019)

$$Productividad_{mano\ de\ obra} = \frac{Cantidad\ de\ obra}{hora-cuadrill} \quad (10)$$

a) **Trabajo**

El trabajo es un elemento de la producción que consiste en la labor humana destinada a la producción de bienes y servicios. En el ámbito de la construcción, el trabajo involucrado en una tarea o actividad se clasifica en tres categorías principales: trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo (Burga, 2022).

b) **Estudio de tiempos productivos**

Para poder evaluar la productividad de una obra de construcción, generalmente se distinguen tres categorías de trabajo: (Bautista y Romero, 2019)

Tiempo productivo (TP). Se refiere al tiempo dedicado a las tareas que contribuyen directamente al progreso de una actividad en la obra (Cruzado, 2020). Este tipo de trabajo corresponde a las actividades que intervienen en la creación del producto final (Quispe y Vasquez, 2019).

Tiempo contributivo (TC). Corresponde al período dedicado a las tareas auxiliares o a los procesos indispensables que permiten la realización del trabajo productivo (Cruzado, 2020). Se trata del tiempo destinado a actividades que respaldan la ejecución del trabajo productivo, facilitando así su realización. Aunque son necesarias, estas actividades no generan valor agregado y también se conocen como pérdidas de segunda categoría (Rojas, 2019).

Tiempo no contributivo (TNC). Se refiere al tiempo empleado en tareas que no contribuyen al progreso o avance de la actividad, como los descansos del personal, esperas por la entrega de materiales o las pausas para ir al baño. Estas actividades no generan valor para la obra de construcción y se clasifican como pérdidas (Ghio, 2001). Comprende el tiempo dedicado a cualquier actividad realizada por los miembros de la cuadrilla que no encaja en las categorías mencionadas previamente. Estas actividades se consideran pérdidas, ya que no son necesarias, generan costos y no aportan valor, por lo que se intenta eliminarlas para optimizar el proceso productivo. Algunos ejemplos incluyen esperas, descansos y retrabajos (Cruzado, 2020).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

El estudio se desarrolló con un enfoque cuantitativo, que permitió analizar el fenómeno mediante datos numéricos y mediciones objetivas del rendimiento y la productividad de la mano de obra (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La investigación correspondió al tipo aplicado, pues se orientó a resolver un problema concreto del ámbito constructivo: determinar cómo utiliza su tiempo la mano de obra durante la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica en U. Los resultados obtenidos tuvieron un propósito práctico, ya que permitieron formular una propuesta de flujo de trabajo y de conformación de cuadrilla para optimizar la ejecución de esta partida en edificaciones similares.

El nivel de investigación fue descriptivo, ya que se orientó a determinar y describir el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica en U.

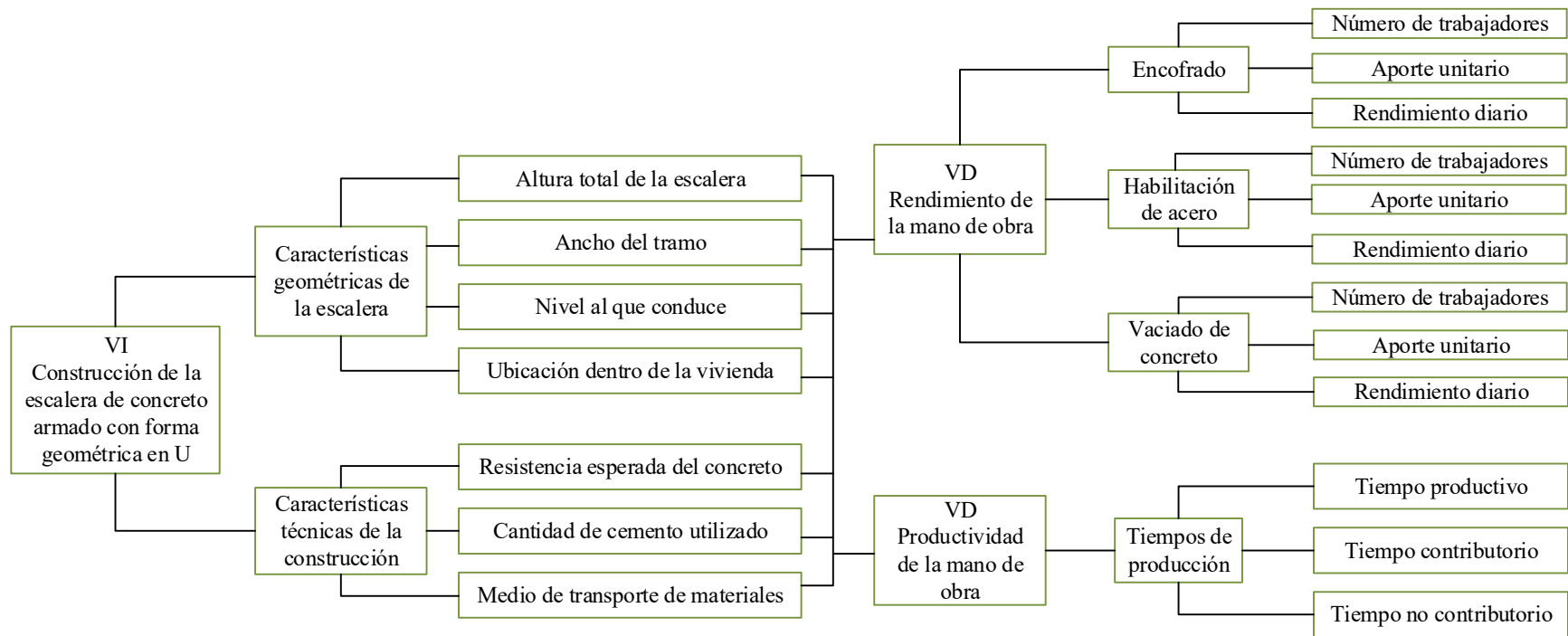
El estudio adoptó un diseño no experimental de corte transversal, ya que no se manipuló intencionalmente ninguna variable. La información fue registrada tal como ocurrió en el contexto real de la obra, sin intervenciones; asimismo, aunque las actividades se ejecutaron en secuencia natural (encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto), el análisis se realizó en un único momento de observación de la obra, lo que corresponde al enfoque transversal (Agudelo et al., 2008).

$$\begin{array}{ccccccc} & Y1 & X & L1 & L2 & L3 & \\ M \rightarrow & & & & & & \\ & Y2 & X & L1 & L2 & L3 & \end{array} \quad (11)$$

Donde: M muestra; Y1 rendimiento; Y2 productividad; X características de las escaleras; L1 encofrado; L2 habilitación de acero; L3 vaciado de concreto.

Figura 6

Diseño de investigación



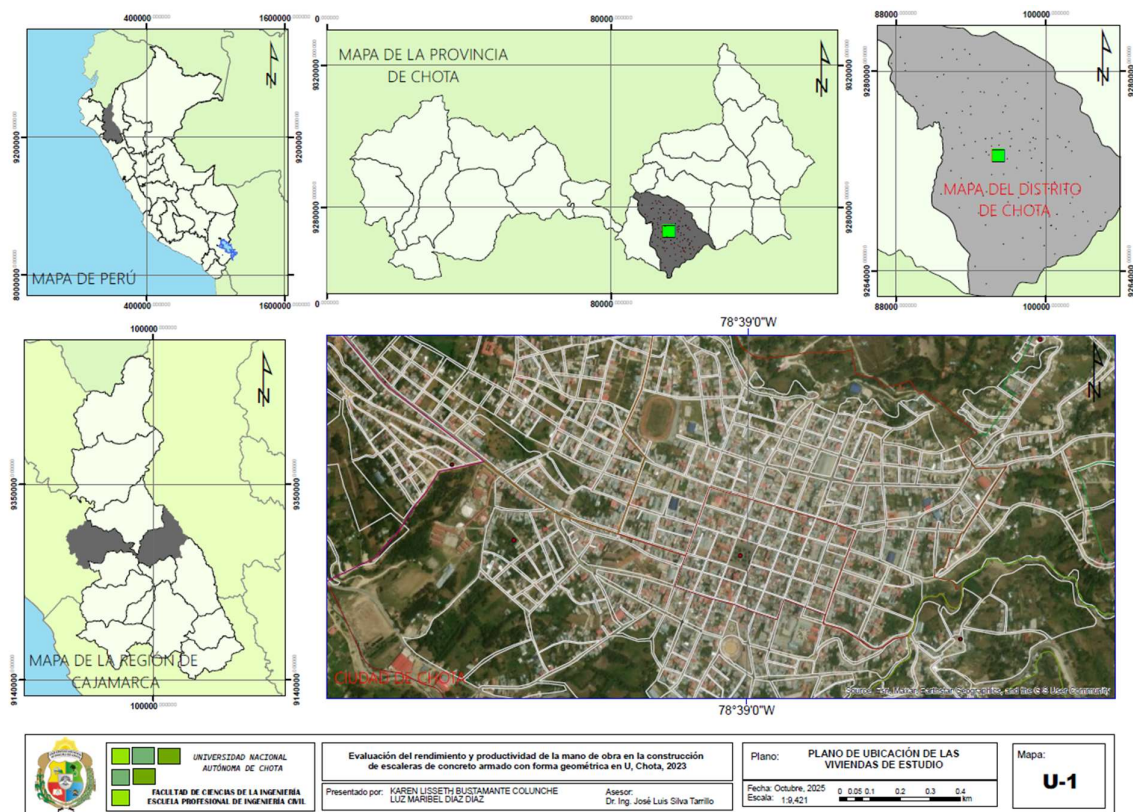
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

El estudio se desarrolló en la zona urbana de la ciudad de Chota, ubicada en el distrito y provincia de la ciudad de Chota, región Cajamarca, cuyas coordenadas referenciales corresponden al sistema UTM WGS84, Zona 17S: 759851.03 m E y 9274100.67 m N (Figura 7). Las viviendas analizadas se distribuyeron en diferentes sectores del área urbana, todas en proceso de construcción y con escaleras de concreto armado de forma geométrica en U.

Figura 7

Ubicación de la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca



Nota. El mapa muestra la ubicación geográfica de la ciudad de Chota en sus diferentes niveles de referencia: país, región, provincia y distrito, así como la localización precisa del área urbana donde se desarrolló el estudio. La cartografía fue elaborada a partir de información oficial del Ministerio de Educación (MINEDU) y de datos satelitales de Google Earth, ambos procesados en ArcGIS 10.8.

3.2.2. Población

La población de estudio estuvo constituida por las viviendas en proceso de edificación ubicadas en la zona urbana de la ciudad de Chota durante el periodo 2023-2024, que incorporaron escaleras de concreto armado con forma geométrica de U como parte de su sistema de circulación vertical. Asimismo, se consideró como población asociada a las cuadrillas de mano de obra que participaron en las partidas de habilitación y encofrado, colocación de acero y preparación y vaciado de concreto de dichas escaleras. Esta delimitación fue necesaria porque el rendimiento y la productividad no se evaluaron como características aisladas de la vivienda, sino como resultado del trabajo realizado por la cuadrilla en condiciones reales de obra.

Como referencia del universo constructivo local, se consideró la información de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH), donde se identificó que durante el año 2022 se registraron 72 viviendas con licencia de construcción, de las cuales la mayoría correspondió a edificaciones de más de un nivel, condición que implica la incorporación de escaleras de circulación. No obstante, dicho registro se utilizó únicamente como antecedente contextual del dinamismo edificatorio local, ya que no todas las viviendas con licencia instalaron escaleras con forma geométrica de U durante el periodo específico de recolección de datos, ni todas permitieron el acceso para el registro técnico de rendimiento y productividad.

3.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico, de tipo intencional por conveniencia, debido a que la selección de las viviendas dependió de tres condiciones operativas: que la vivienda estuviera en ejecución durante el periodo de diciembre de 2023 a diciembre de 2024, que se construyera una escalera de concreto armado con forma geométrica en U y que existiera autorización del propietario o responsable de obra para realizar la

observación directa. Este tipo de muestreo es pertinente en estudios de campo aplicados cuando no se dispone de un marco muestral completo, cuando las unidades de estudio no son accesibles de manera aleatoria o cuando la selección depende de la ocurrencia real del fenómeno investigado (Otzen y Manterola, 2017).

La elección de este tipo de muestreo se justificó porque no todas las viviendas en construcción de la ciudad de Chota ejecutaron escaleras con forma geométrica de U durante el periodo evaluado. Además, varias obras presentaron restricciones de acceso, falta de autorización, paralización temporal o la ejecución de sistemas de escalera distintos del concreto armado. Por ello, la muestra se conformó con las viviendas que cumplieron los criterios técnicos de inclusión y que permitieron registrar, de manera directa y completa, las tres partidas principales del proceso constructivo: habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto.

Debe precisarse que, debido al carácter no probabilístico del muestreo, los resultados no se interpretaron como estimaciones generalizables estadísticamente a todas las viviendas de la ciudad de Chota. Su alcance fue aplicado y contextual, orientado a describir y comparar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en las viviendas evaluadas, generando evidencia empírica local útil para presupuestos, la programación de obra y futuras investigaciones con diseños muestrales probabilísticos o con muestras de mayor cobertura.

Tabla 5*Criterios de inclusión y exclusión para la selección de viviendas evaluadas*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Viviendas ubicadas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Chota.	Viviendas ubicadas fuera del ámbito urbano de la ciudad de Chota.
Viviendas en proceso de edificación durante el periodo de diciembre de 2023 a diciembre de 2024.	Viviendas cuya ejecución no correspondió al periodo de recolección de datos.
Viviendas que construyeron escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.	Viviendas con escaleras rectas, en L, prefabricadas, metálicas, de madera o de otros sistemas distintos del concreto armado.
Viviendas de al menos dos niveles, construidas o proyectadas.	Viviendas de un solo nivel sin escaleras estructurales de circulación.
Viviendas en las que fue posible registrar las partidas de habilitación y encofrado, de habilitación y colocación de acero, y de preparación y vaciado de concreto.	Viviendas en las que no se logró registrar el proceso constructivo completo de las partidas evaluadas.
Viviendas cuyos propietarios, responsables o maestros de obra autorizaron el ingreso y el registro de la información.	Viviendas a las que no se permitió el acceso para la observación directa ni el levantamiento de información.
Viviendas con condiciones mínimas de seguridad para realizar la observación de campo sin interferir en el proceso constructivo.	Viviendas con obra paralizada, frentes inseguros o condiciones que representaron un riesgo para las investigadoras o los trabajadores.

Nota. Los criterios de inclusión y exclusión permitieron seleccionar viviendas con condiciones constructivas compatibles con el objetivo de la investigación y garantizar que los registros de rendimiento y productividad correspondieran exclusivamente a escaleras de concreto armado con forma geométrica de U ejecutadas en condiciones reales de obra.

3.2.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por 15 viviendas en proceso de construcción ubicadas en la ciudad de Chota, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico intencional por conveniencia. Para su incorporación al estudio se consideraron tres criterios principales: 1) que la vivienda se encontrara en proceso de construcción durante el periodo de recolección de datos; 2) que en la edificación se ejecutara una escalera de concreto armado con forma geométrica en U; y 3) que se contara con la autorización del propietario o responsable de la obra para realizar el ingreso, la observación y el registro de la información.

Las viviendas que cumplieron simultáneamente estos tres criterios permitieron el seguimiento de las partidas de habilitación y encofrado, habilitación y colocación de

acero, y preparación y vaciado de concreto. En cada unidad muestral se registraron la composición de la cuadrilla, la categoría y el número de trabajadores, el tiempo empleado, el metrado ejecutado y la distribución del tiempo de trabajo, información utilizada posteriormente para determinar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en condiciones reales de ejecución.

El tamaño muestral de 15 viviendas se justificó por la naturaleza aplicada y de campo de la investigación, así como por la necesidad de registrar procesos constructivos reales que ocurrieron en momentos específicos y no controlados por las investigadoras. A diferencia de un estudio experimental, en esta investigación no fue posible asignar viviendas aleatoriamente ni programar la ejecución de escaleras; por ello, se trabajó con las obras disponibles, accesibles y técnicamente pertinentes durante el periodo de estudio. Esta condición no invalida los resultados, pero delimita su alcance a una interpretación descriptiva, comparativa y contextual.

Para evitar la seudorreplicación, se distinguieron tres niveles de información: la vivienda como unidad primaria de muestreo, la partida constructiva como unidad técnica de análisis y el registro de actividad o jornada como unidad de observación. Las mediciones repetidas dentro de una misma vivienda no fueron interpretadas como nuevas viviendas independientes, sino como registros técnicos correspondientes a partidas específicas. Por ello, la interpretación de los resultados se realizó por partida y por indicador, considerando la naturaleza agrupada de los datos y evitando extrapolar los registros internos como si fueran unidades muestrales independientes de mayor tamaño. Esta diferenciación es importante porque la seudorreplicación ocurre cuando mediciones repetidas dentro de una misma unidad experimental o de muestreo se tratan indebidamente como réplicas independientes (Hurlbert, 1984).

Tabla 6

Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio

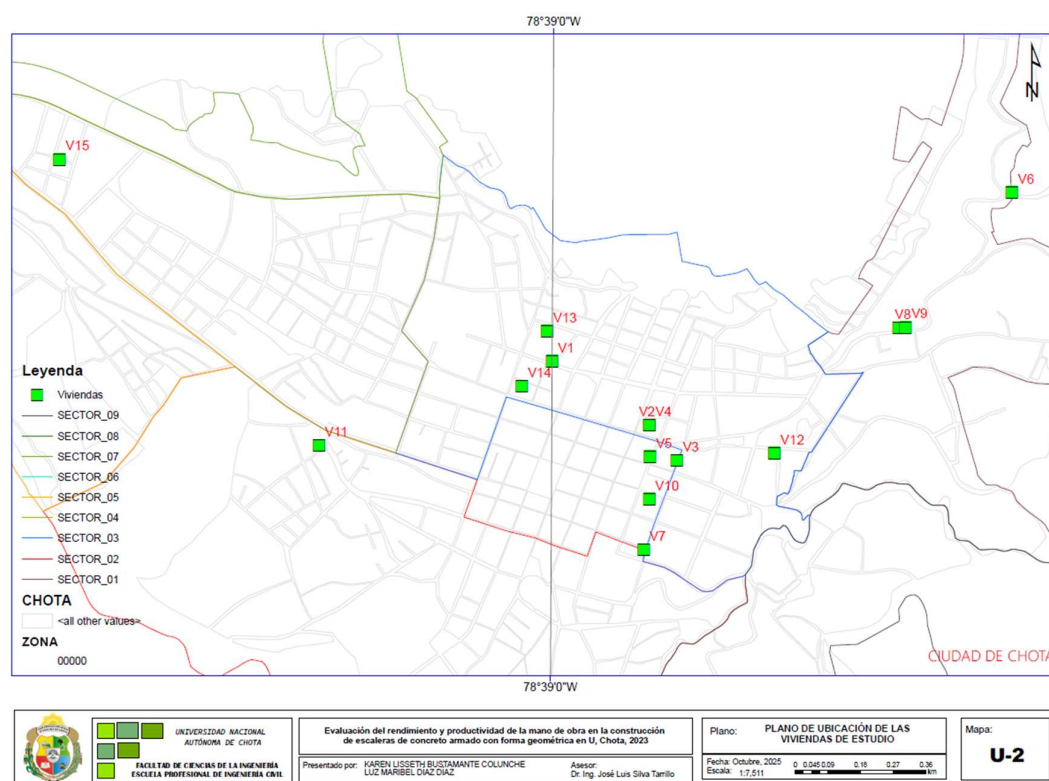
ID	Dirección	Nº	Sector	Este (m)	Norte (m)
V1	Av. Todos los Santos	1158	3	759863.497	9274434.522
V2	Jr. Benjamín Gálvez	146	3	760131.642	9274258.479
V3	Jr. San Martín	112	2	760206.627	9274160.814
V4	Av. Tacabamba	320	3	760131.642	9274258.479
V5	Jr. Fray José Arana	294	2	760132.878	9274172.061
V6	Carretera Chota-Tacabamba	S/N	1	761129.651	9274899.553
V7	Jr. Cajamarca	119	2	760116.000	9273915.000
V8	Av. Tacabamba	675	1	760818.243	9274526.763
V9	Av. Tacabamba	685	1	760836.354	9274527.592
V10	Jr. 30 de Agosto	161	Cercado	760131.274	9274055.081
V11	Jr. Ezequiel Montoya	883	2	759221.629	9274201.945
V12	Jr. San Cayetano	181	3	760475.503	9274181.479
V13	Jr. Juan W. Campos	713	4	759850.000	9274517.000
V14	Jr. Ponciano Vigil	736	3	759780.000	9274366.000
V15	Jr. San Eusebio	S/N	4	758507.000	9274990.000

Nota. La tabla presenta la ubicación geográfica de las viviendas seleccionadas para el estudio,

permitiendo georreferenciar los puntos de observación dentro del área urbana de la ciudad de Chota.

Figura 8

Ubicación de las viviendas en estudio



Nota. En ArcGIS 10.8 se han ubicado las coordenadas de las viviendas de estudio.

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis principal estuvo constituida por la cuadrilla de mano de obra que participó en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U en cada vivienda evaluada. Esta unidad se analizó en función de las tres partidas constructivas consideradas: habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. En cada partida se evaluaron el número de trabajadores, la categoría de la mano de obra, el tiempo empleado, el metrado ejecutado, el aporte unitario, el rendimiento diario y la distribución del tiempo.

Asimismo, las características geométricas y técnicas de cada escalera fueron consideradas variables contextuales de análisis, ya que condicionaron el rendimiento y la productividad observados. Entre estas características se incluyeron el ancho del tramo, la altura total, el número de tramos y de descansos, el nivel de ejecución, la ubicación dentro de la vivienda, el tipo de preparación de la mezcla y el medio de transporte de materiales. De esta manera, la unidad de análisis no se limitó a la vivienda como objeto físico, sino al proceso constructivo desarrollado por la cuadrilla.

Tabla 7

Niveles de análisis considerados para evitar seudorreplicación

Nivel	Denominación	Función dentro del estudio	Uso en el análisis
Nivel 1	Vivienda evaluada	Unidad primaria de muestreo. Representa el punto de observación seleccionado en la ciudad de Chota.	Delimitación de la muestra y descripción del contexto constructivo.
Nivel 2	Partida constructiva	Unidad técnica de análisis: habilitación y encofrado, colocación de acero y preparación y vaciado de concreto.	Comparación del rendimiento y la productividad por tipo de actividad.
Nivel 3	Registro de actividad o jornada	Unidad de observación operativa. Corresponde al registro de los tiempos, de la cuadrilla y del metrado ejecutados en una partida.	Cálculo del aporte unitario, del rendimiento diario y de TP, TC y TNC.
Nivel 4	Trabajador observado	Integrante de la cuadrilla clasificado como operario, oficial o peón.	Caracterización de la mano de obra y distribución de actividades en la carta balance.

Nota. La diferenciación de niveles permitió interpretar los datos de manera jerárquica. Las mediciones repetidas dentro de una misma vivienda se consideraron registros técnicos de observación y no como nuevas viviendas independientes; por ello, la interpretación estadística se realizó por partida e indicador.

3.2.6. Unidad de observación

La unidad de observación estuvo constituida por las actividades ejecutadas por la cuadrilla durante la construcción de las escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, específicamente en las partidas de habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. Cada registro de observación correspondió al seguimiento directo de una actividad o jornada de trabajo, en la que se registraron la categoría del trabajador, la duración de la actividad, el tipo de tarea desarrollada, el metrado ejecutado y la clasificación del tiempo.

En el caso del rendimiento, la unidad de observación se expresó mediante el avance físico logrado por la cuadrilla en una partida determinada, utilizando m² para habilitación y encofrado, kg para habilitación y colocación de acero, y m³ para preparación y vaciado de concreto. En el caso de la productividad, la unidad de observación correspondió al intervalo de tiempo registrado mediante carta balance y cada actividad de los trabajadores se clasificó según su contribución al avance de la partida. Esta organización permitió calcular el rendimiento diario, el aporte unitario y la distribución porcentual de TP, TC y TNC, sin confundir los registros internos de una vivienda con los de unidades muestrales independientes.

Finalmente, se reconoce como limitación metodológica que la muestra de 15 viviendas fue seleccionada por conveniencia y no mediante un procedimiento probabilístico. Por tanto, los resultados describen el comportamiento observado en las obras evaluadas y no pretenden representar estadísticamente a todas las viviendas de la ciudad de Chota. Sin embargo, el uso de criterios de inclusión y exclusión, la medición directa en campo, el registro por partidas y la diferenciación entre la unidad de muestreo, la unidad de análisis y la unidad de observación permitieron generar evidencia útil sobre el rendimiento y la productividad de la mano de obra.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

a) Encuesta

La encuesta permitió obtener información personal, laboral y económica de los trabajadores involucrados en la construcción de escaleras con forma geométrica en U. Esta técnica facilitó la caracterización de la mano de obra participante mediante preguntas breves y directas.

b) Observación indirecta

La observación indirecta se empleó para registrar datos generales de cada vivienda evaluada, como la ubicación, las dimensiones y las condiciones constructivas. La información se obtuvo mediante revisión documental y verificación visual preliminar sin intervenir directamente en el proceso constructivo.

c) Observación directa

La observación directa constituyó la técnica principal del estudio, ya que permitió registrar en campo el comportamiento de la cuadrilla y el desarrollo real de los procesos constructivos. A través de esta técnica se documentaron secuencias operativas, avances diarios y actividades productivas, contributivas y no contributivas.

d) Medición

La medición se aplicó para determinar el rendimiento de la cuadrilla en cada partida (encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto en las escaleras). Esta técnica permitió cuantificar el avance diario, el tiempo invertido en cada actividad y la composición de la cuadrilla, generando los valores necesarios para el cálculo del aporte unitario y del rendimiento, comparándolos con los del compendio CAPECO.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

a) Cuestionario

El cuestionario, validado mediante juicio de expertos, consistió en diez preguntas abiertas, diseñadas para recabar información personal, técnica y económica de los obreros. Este instrumento permitió caracterizar a la mano de obra participante y contextualizar los resultados de productividad y rendimiento

b) Formato de ubicación de la vivienda

El formato de ubicación recopiló los datos generales de cada vivienda evaluada, incluidos la dirección, el sector, las coordenadas UTM, las dimensiones del terreno y las características administrativas básicas. Este instrumento permitió organizar la muestra y documentar las condiciones de cada unidad de estudio.

c) Formato de carta balance

El formato de carta balance registró, en intervalos regulares, las actividades realizadas por cada trabajador de la cuadrilla, clasificándolas en productivas, contributivas y no contributivas. Mediante este instrumento se obtuvo la distribución porcentual del uso del tiempo, lo que permitió analizar la productividad real de la cuadrilla en cada etapa de la construcción de escaleras (Cahuana y Sequeiros, 2019).

d) Formato de rendimiento

El formato de rendimiento documentó el avance diario de cada partida (encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto), registrando la cuadrilla involucrada, el metrado ejecutado y el tiempo empleado. Esta información permitió calcular el aporte unitario de la mano de obra y el rendimiento diario, comparándolo posteriormente con los valores establecidos por CAPECO.

3.4. Hipótesis

H1: El rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, es menor que los valores referenciales del compendio CAPECO, es decir, menor a 9.90 m²/día en encofrado, menor a 250 kg/día en habilitación de acero, menor a 12 m³/día en vaciado de concreto y con tiempo productivo menor a 50%.

Ho: El rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, es mayor o igual que los valores referenciales del compendio CAPECO, es decir, mayor o igual a 9.90 m²/día en encofrado, 250 kg/día en habilitación de acero, 12 m³/día en vaciado de concreto y con tiempo productivo mayor a 50%.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. *Variable independiente: Escalera de concreto armado con forma geométrica de U*

La escalera de concreto armado con forma geométrica de U es un elemento estructural destinado a la circulación vertical en edificaciones, cuya configuración en planta presenta dos tramos paralelos conectados mediante un descansillo de media vuelta. Esta disposición genera una trayectoria en forma de “U” y se utiliza en edificaciones que requieren optimizar el espacio disponible o mejorar la conectividad entre niveles (Arias, 2015). La geometría de U implica variaciones en el proceso constructivo, ya que influye en la cantidad y distribución del acero, las dimensiones de los tramos, el número y la ubicación de los descansos, los métodos de transporte de materiales y el volumen total de concreto empleado. En la presente investigación, esta variable se operacionalizó mediante el registro de características geométricas (altura total, ancho del tramo, nivel de llegada, ubicación dentro de la vivienda) y técnicas (resistencia del concreto, tipo de mezcla utilizada y medio de transporte de materiales).

3.5.2. Variable dependiente 1: Rendimiento de la mano de obra

El rendimiento de la mano de obra es la cantidad de trabajo ejecutado por una cuadrilla en un periodo determinado, expresado en unidades de producción por hora-hombre o por jornada laboral (Gonzales, 2021). En el contexto de la construcción de escaleras con forma geométrica de U, el rendimiento se analizó en tres partidas:

Encofrado, entendido como la actividad de armado, colocación y retiro de moldes que permiten dar forma a la escalera.

Habilitación de acero, referida al corte, doblado, armado y colocación de barras de refuerzo según planos o indicaciones técnicas.

Vaciado de concreto, que comprende la colocación, compactación y nivelación del concreto en la zona previamente encofrada (Aceros Arequipa, 2023).

El rendimiento se operacionalizó mediante el cálculo del aporte unitario (hh/m², hh/kg o hh/m³) y el rendimiento diario alcanzado para cada partida, lo que permitió compararlo con los valores referenciales del compendio CAPECO.

3.5.3. Variable dependiente 2: Productividad de la mano de obra

La productividad de la mano de obra se definió como el grado de eficiencia alcanzado por la cuadrilla durante la ejecución de las actividades constructivas, evaluado a través de la verificación del uso del tiempo en actividades productivas, contributorias y no contributorias. Esta medición permitió identificar en qué proporción los trabajadores dedicaron su jornada a actividades que agregan valor directo, actividades de apoyo necesarias y actividades que representan pérdidas o interrupciones (Burga, 2022). La productividad se operacionalizó mediante la carta balance, registrando cada 15 segundos la actividad de cada integrante de la cuadrilla. Los indicadores utilizados fueron: porcentaje de tiempo productivo, porcentaje de tiempo contributorio y porcentaje de tiempo no contributorio.

3.5.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 8

Matriz de operacionalización de variables

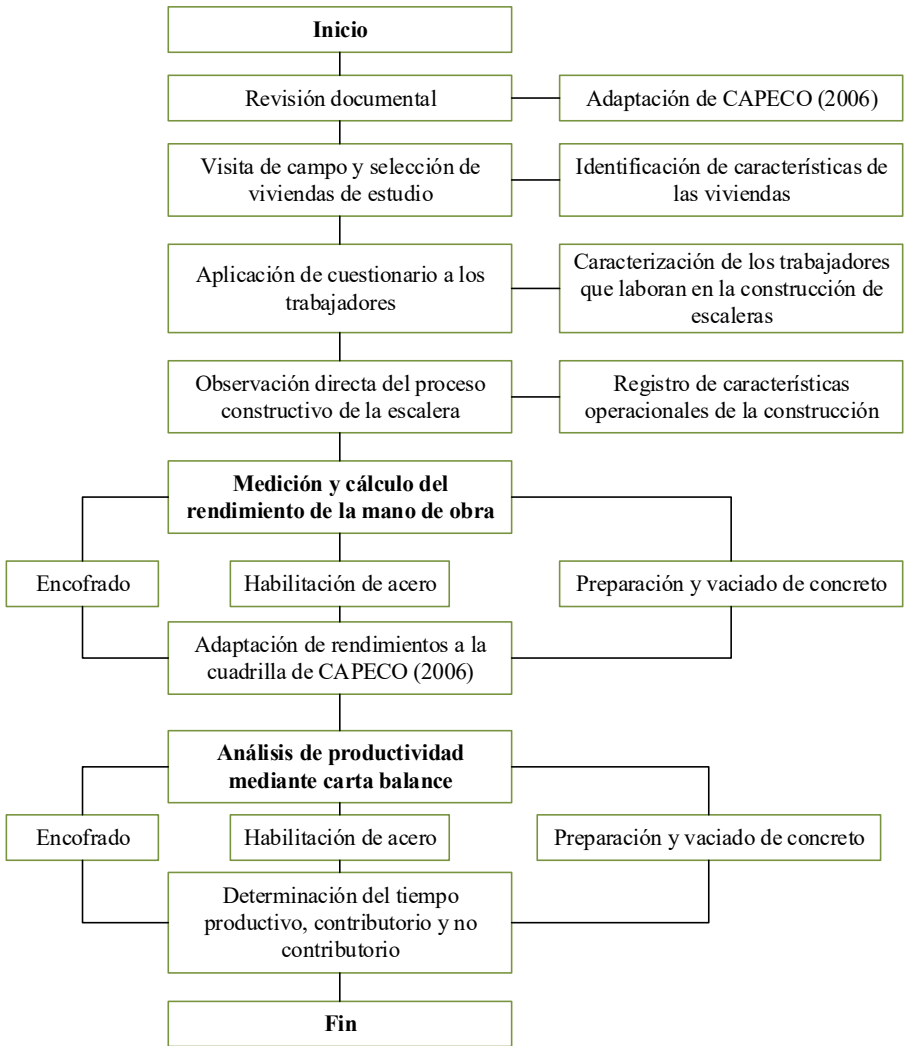
Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Índice de medida
VI Construcción de la escalera de concreto armado con forma geométrica de U	Estructura de concreto armado constituida por dos tramos paralelos unidos por un descansillo intermedio, cuya disposición en planta adopta forma de “U”, lo que permite la comunicación vertical entre niveles de una edificación (Arias, 2015).	Características geométricas de la escalera	Conjunto de propiedades físicas observadas y medidas en cada vivienda en la que se ejecutó la escalera.	Altura total de la escalera	m
				Ancho del tramo	m
				Nivel al que conduce	Nº
				Ubicación dentro de la vivienda	Fondo, centro, inicio
		Características técnicas de la construcción	Aspectos técnicos asociados a la ejecución de la escalera.	Resistencia esperada del concreto	kg/cm ²
				Cantidad de cemento utilizado	Bolsas
				Tipo de mezclado	Manual/ mecánico
				Medio de transporte de materiales	Winche, balde, etc.
VD Rendimiento de la mano de obra	Cantidad de trabajo ejecutado por una cuadrilla en un periodo determinado, expresada en unidades de producción por hora-hombre o jornada laboral (Gonzales, 2021).	Encofrado	Actividad que comprende el armado, la colocación y el retiro de los moldes para dar forma a la escalera.	Número de trabajadores	Nº
				Aporte unitario	hh/m ²
				Rendimiento diario	m ² /día
		Habilitación de acero	Actividad que incluye el corte, el doblado, el armado y la colocación del acero.	Número de trabajadores	Nº
				Aporte unitario	hh/kg
				Rendimiento diario	kg/día
		Vaciado de concreto	Actividad que comprende la colocación, compactación y nivelado del concreto en la zona encofrada.	Número de trabajadores	Nº
				Aporte unitario	hh/m ³
VD Productividad de la mano de obra	Grado de eficiencia alcanzado por la cuadrilla durante la ejecución de actividades constructivas, expresado mediante la distribución del tiempo entre actividades productivas, contributivas y no contributivas (Rojas, 2019).	Tiempos de producción	Distribución porcentual del tiempo invertido por la cuadrilla en actividades productivas, contributorias y no productivas.	Tiempo productivo	%
				Tiempo contributorio	%
				Tiempo no contributorio	%

3.6. Procedimientos de recolección de datos

El proceso de recolección de datos se desarrolló entre diciembre de 2023 y diciembre de 2024 y comprendió la identificación y selección de viviendas, la observación y el registro del proceso constructivo, la aplicación del cuestionario a los trabajadores, la medición del rendimiento de la mano de obra y el análisis del uso del tiempo de producción mediante una carta balance. en las partidas de encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto para escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.

Figura 9

Flujograma de los procedimientos de recolección de datos



3.6.1. *Revisión documental de CAPECO y adaptación de rendimientos a las cuadrillas locales para la comparación*

3.6.1.1. Revisión documental

El procedimiento comenzó con la revisión del *compendio de rendimientos* de CAPECO (2006), complementada con literatura técnica reciente y estudios nacionales e internacionales sobre productividad en la construcción. Este análisis permitió identificar rendimientos referenciales y configuraciones de cuadrillas estandarizadas para las partidas de encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto. Sin embargo, se observó que en la ciudad de Chota no se emplean de manera habitual las categorías laborales de capataz (Cap.) y oficial (Of.), por lo que fue necesario adaptar los rendimientos para hacerlos comparables con la estructura de cuadrillas locales observadas en obra.

Tabla 9

Resumen de rendimientos de la mano de obra en la construcción de escaleras según CAPECO (2006)

Partida	Cuadrilla	Rendimiento
Habilitación de encofrado de escaleras	0.1 Cap+ 1 Of+ 1 Op	28 m2/día
Encofrado de escaleras	0.1 Cap+ 1 Of+ 1 Op	6 m2/día
Vaciado de escalera f'c 140, 175 y 210 kg/cm ²	0.2 Cap + 2 Op + 2 Of + 10 Pe	12 m3/día
Habilitación y colocación de acero grado 60	0.1 Cap +1 Op + 1 Of	250 kg/día

Nota. Cap.: capataz; Of.: oficial; Op.: operario; Pe.: peón. Fuente: CAPECO (2006).

3.6.1.2. Cálculo de los aportes unitarios dados por CAPECO

El compendio de CAPECO (2006) no proporciona de manera explícita los aportes unitarios (hh) de las partidas analizadas. En el caso del encofrado, la norma desglosa tres procesos independientes (habilitación, encofrado y desencofrado), cada uno con rendimientos distintos; sin embargo, la presente investigación se enfoca exclusivamente en las actividades de habilitación y encofrado. Para la partida de

concreto, CAPECO distingue tres procesos (preparación y vaciado del concreto y curado), pero el estudio solo considera la fase de preparación y vaciado del concreto. Finalmente, para la partida de acero, el compendio agrupa la habilitación y la colocación del acero, proceso que constituye el alcance analizado en esta investigación.

El cálculo sigue la expresión general:

$$Aporte\ M.O. = \frac{N^{\circ}\ de\ obreros \times Tiempo\ de\ trabajo}{Rendimiento} \quad (12)$$

$$Aporte\ Cap = \frac{N^{\circ}\ de\ capataces \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (13)$$

$$Aporte\ Of = \frac{N^{\circ}\ de\ oficiales \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (14)$$

$$Aporte\ Op = \frac{N^{\circ}\ de\ operarios \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (15)$$

$$Aporte\ Pe = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (16)$$

a) Aportes unitarios para la partida de encofrado

Como la presente investigación se centra exclusivamente en la actividad de habilitación y encofrado, fue necesario calcular los aportes unitarios correspondientes al rendimiento referencial de habilitación 28 m²/día y encofrado 6 m²/día, ejecutado por la cuadrilla:

$$0.10\ Cap + 1\ Of + 1\ Op = 2.10\ trabajadores$$

Para habilitación de encofrado

- Aporte total de mano de obra

$$Aporte\ M.O. = \frac{2.10 \times 8}{28} = 0.60\ hh \quad (17)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ Cap = \frac{0.10 \times 0.60}{2.10} = 0.029\ hh \quad (18)$$

$$Aporte\ Of = \frac{1 \times 0.60}{2.10} = 0.286\ hh \quad (19)$$

$$Aporte\ Op = \frac{1 \times 0.60}{2.10} = 0.286\ hh \quad (20)$$

Para encofrado

- Aporte total de mano de obra

$$Aporte\ M.O. = \frac{2.10 \times 8}{6} = 2.80\ hh \quad (21)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ Cap = \frac{0.10 \times 2.80}{2.10} = 0.133\ hh \quad (22)$$

$$Aporte\ Of = \frac{1 \times 2.80}{2.10} = 1.333\ hh \quad (23)$$

$$Aporte\ Op = \frac{1 \times 2.80}{2.10} = 1.333\ hh \quad (24)$$

b) Aportes unitarios para habilitación de acero

Cuadrilla: 0.10 Cap + 1 Of + 1 Op = 2.10 trabajadores

Rendimiento: 250 kg/día

- Aporte total

$$Aporte\ M.O. = \frac{2.10 \times 8}{250} = 0.067\ hh \quad (25)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ Cap = \frac{0.10 \times 0.067}{2.10} = 0.0032\ hh \quad (26)$$

$$Aporte\ Of = \frac{1 \times 0.067}{2.10} = 0.032\ hh \quad (27)$$

$$Aporte\ Op = \frac{1 \times 0.067}{2.10} = 0.032\ hh \quad (28)$$

c) Aportes unitarios para vaciado de concreto

Cuadrilla: 0.20 Cap + 2 Of + 2 Op + 10 Pe = 14.20 trabajadores

Rendimiento: 12 m³/día

- Aporte total

$$Aporte\ M.O. = \frac{14.2 \times 8}{12} = 9.467\ hh \quad (29)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ Cap = \frac{0.20 \times 9.467}{14.20} = 0.133\ hh \quad (30)$$

$$Aporte\ Of = \frac{12 \times 9.467}{14.20} = 1.333\ hh \quad (31)$$

$$Aporte\ Op = \frac{2 \times 9.467}{14.20} = 1.333\ hh \quad (32)$$

$$Aporte\ Pe = \frac{10 \times 9.467}{14.20} = 6.667\ hh \quad (33)$$

d) Resumen del aporte unitario

La habilitación y encofrado es la partida con menor demanda de mano de obra por unidad producida (0.60 y 2.80 hh), debido a la simplicidad relativa del proceso y al tamaño reducido de la cuadrilla. En contraste, el vaciado de concreto presenta el aporte total más elevado (9.467 hh), lo cual se explica por la presencia de una cuadrilla numerosa, con alta participación de peones, necesaria para garantizar la continuidad y la velocidad en la colocación del concreto. Por su parte, la habilitación de acero registra el aporte unitario más bajo (0.067 hh), lo que refleja un mayor rendimiento en comparación con las demás partidas.

Tabla 10

Resumen de aportes unitarios de la mano de obra para la partida encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto en la construcción de escaleras

		Cuadrilla				Aporte	Rendimiento
		Cap.	Of	Op	Pe	total (hh)	
Habilitación de encofrado	Cuadrilla	0.10	1	1	0		
	Aporte unitario (hh)	0.029	0.286	0.286	0.00	0.60	28 m ² /día
Encofrado	Cuadrilla	0.10	1	1	0		
	Aporte unitario (hh)	0.133	1.333	1.333	0.00	2.80	6 m ² /día
Habilitación de acero	Cuadrilla	0.10	1	1	0		
	Aporte unitario (hh)	0.0032	0.032	0.032	0.00	0.067	250 kg/día
Vaciado de concreto	Cuadrilla	0.20	2	2	10		
	Aporte unitario (hh)	0.133	1.333	1.333	6.667	9.467	12 m ³ /día

Nota. Los aportes unitarios se calcularon a partir de las cuadrillas y los rendimientos referenciales establecidos por CAPECO (2006), considerando una jornada laboral de 8 horas y la proporción de participación de cada categoría laboral en cada partida.

3.6.1.3. Adaptación de rendimientos a las cuadrillas locales

Para adaptar los rendimientos referenciales de CAPECO (2006) a las cuadrillas observadas en obra, primero se reconstruyó el rendimiento original a partir del aporte total reportado. Esto se realizó aplicando la relación inversa entre el aporte total y la cantidad de trabajadores involucrados, expresada como:

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ de obreros} \times \text{Jornada laboral}}{\text{Aporte total}} \quad (34)$$

La reconstrucción del rendimiento permitió expresar el aporte unitario en horas-hombre requeridas para producir una unidad de obra, lo que facilitó la comparación directa con las cuadrillas locales. Para cada categoría laboral (operarios, peones y oficiales), se aplicó la siguiente ecuación general:

$$\text{Aporte M.O.} = \frac{N^{\circ} \text{ de obreros} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (35)$$

$$\text{Aporte Op} = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (36)$$

$$\text{Aporte Pe} = \frac{N^{\circ} \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (37)$$

$$\text{Aporte Of} = \frac{N^{\circ} \text{ de oficiales} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (38)$$

Luego, se identificaron las configuraciones reales de cuadrillas registradas en obra para cada partida estudiada:

Habilitación y encofrado: 1 Op, 1 Op + 1 Pe, 1 Op + 2 Pe, 1.5 Op + 1 Pe.

Habilitación de acero: 1 Op + 1 Pe, 2 Op + 1 Pe, 1 Op + 2 Pe.

Vaciado de concreto: 1 Op + 1 Pe, 1 Op + 2 Pe, 1 Op + 3 Pe, 1 Op + 5 Pe.

A partir de estas cuadrillas, se recalcularon los aportes unitarios y los rendimientos, con el fin de compararlos directamente con los valores de CAPECO y evaluar su pertinencia respecto a las condiciones locales de trabajo.

El aporte unitario representa las horas-hombre necesarias para ejecutar una unidad de producción; por ello, su unidad cambia según la partida analizada: hh/m² para

encofrado, hh/kg para acero y hh/m³ para concreto. En cambio, el rendimiento mide la cantidad producida por unidad de tiempo, por lo que se expresa en m²/día, kg/día y m³/día (Tabla 10).

Debido a que en las obras locales la habilitación y el encofrado se ejecutaron como una actividad integrada, se homologó el rendimiento referencial de CAPECO. Para ello, se consideraron los aportes unitarios de ambas subpartidas: 0.60 hh/m² para la habilitación del encofrado y 2.80 hh/m² para el encofrado, obteniéndose un aporte unitario conjunto de 3.40 hh/m². Asimismo, al integrar las cuadrillas referenciales de ambos procesos, se consideró una dotación equivalente de 4.20 trabajadores. Con ello, el rendimiento referencial conjunto fue de 9.88 m²/día, redondeado a 9.90 m²/día para compararlo con los rendimientos locales.

$$Rendimiento = \frac{N^{\circ} \text{ de obreros} \times \text{Jornada laboral}}{\text{Aporte total}} \quad (39)$$

$$Rendimiento = \frac{4.20 \times 8}{3.40} = 9.88 \cong 9.90 \text{ m}^2/\text{día} \quad (40)$$

Tabla 11

Cálculo del rendimiento y aporte unitario en escaleras con datos de CAPECO (2006) y cuadrillas locales

Partida	Unidad de producción	Cuadrilla	Nº de trabajadores	Aporte unitario de referencia	Rendimiento recalculado
Habilitación de encofrado	m ²	0.10 Cap. + 1 Of. + 1 Op.	2.10	0.60 hh/m ²	28.00 m ² /día
Habilitación de encofrado	m ²	1 Op.	1.00	0.60 hh/m ²	13.33 m ² /día
Habilitación de encofrado	m ²	1 Op. + 1 Pe.	2.00	0.60 hh/m ²	26.67 m ² /día
Habilitación de encofrado	m ²	1.5 Op. + 1 Pe.	2.50	0.60 hh/m ²	33.33 m ² /día
Habilitación de encofrado	m ²	1 Op. + 2 Pe.	3.00	0.60 hh/m ²	40.00 m ² /día
Encofrado	m ²	0.10 Cap. + 1 Of. + 1 Op.	2.10	2.80 hh/m ²	6.00 m ² /día
Encofrado	m ²	1 Op.	1.00	2.80 hh/m ²	2.86 m ² /día
Encofrado	m ²	1 Op. + 1 Pe.	2.00	2.80 hh/m ²	5.71 m ² /día
Encofrado	m ²	1.5 Op. + 1 Pe.	2.50	2.80 hh/m ²	7.14 m ² /día
Encofrado	m ²	1 Op. + 2 Pe.	3.00	2.80 hh/m ²	8.57 m ² /día
Preparación y vaciado de concreto	m ³	0.20 Cap. + 2 Of. + 2 Op. + 10 Pe.	14.20	9.47 hh/m ³	12.00 m ³ /día
Preparación y vaciado de concreto	m ³	1 Op. + 1 Pe.	2.00	9.47 hh/m ³	1.69 m ³ /día
Preparación y vaciado de concreto	m ³	1 Op. + 2 Pe.	3.00	9.47 hh/m ³	2.53 m ³ /día
Preparación y vaciado de concreto	m ³	1 Op. + 3 Pe.	4.00	9.47 hh/m ³	3.38 m ³ /día
Preparación y vaciado de concreto	m ³	1 Op. + 5 Pe.	6.00	9.47 hh/m ³	5.07 m ³ /día
Habilitación y colocación de acero	kg	0.10 Cap. + 1 Of. + 1 Op.	2.10	0.067 hh/kg	250.00 kg/día
Habilitación y colocación de acero	kg	1 Op. + 1 Pe.	2.00	0.067 hh/kg	238.10 kg/día
Habilitación y colocación de acero	kg	2 Op. + 1 Pe.	3.00	0.067 hh/kg	357.14 kg/día
Habilitación y colocación de acero	kg	1 Op. + 2 Pe.	3.00	0.067 hh/kg	357.14 kg/día

Nota. El aporte unitario de referencia representa las horas-hombre requeridas para ejecutar una unidad de producción, por lo que se expresa como hh/m² en habilitación de encofrado y encofrado, hh/m³ en preparación y vaciado de concreto, y hh/kg en habilitación y colocación de acero. El rendimiento recalculado se obtuvo considerando una jornada laboral de 8 horas y el número de trabajadores de cada cuadrilla, mediante la relación: $\text{rendimiento} = (\text{N}^\circ \text{ de trabajadores} \times 8 \text{ h/día}) / \text{aporte unitario de referencia}$. Cap.: capataz; Of.: oficial; Op.: operario; Pe.: peón.

3.6.2. *Visita de campo y selección de viviendas de estudio*

3.6.2.1. *Visita de campo.*

Se realizó la visita de campo a cada una de las obras en las que se aplicó el estudio, lo que permitió recopilar datos sobre el rendimiento y la productividad, así como información básica sobre la ubicación de las viviendas y el personal obrero. Para ello, se emplearon equipos y materiales de medición, así como formatos de análisis, que se presentan en los anexos.

Figura 10

Visita a las viviendas que formaron parte del estudio



Nota. Se muestra una de las viviendas en proceso de construcción seleccionadas para la evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra, donde se verificaron las condiciones reales de ejecución y las características generales de la edificación. Registro fotográfico propio, 2023-2024.

3.6.2.2. Características geométricas, constructivas y administrativas de la vivienda.

Las quince viviendas seleccionadas para el estudio se ubicaron dentro del perímetro urbano de la ciudad de Chota, distribuyéndose entre los sectores 1, 2, 3, 4 y el Cercado, con coordenadas UTM que oscilaron entre 758 507 m y 761 130 m en el eje Este, y entre 9 274 055 m y 9 274 990 m en el eje Norte, lo que aseguró representatividad geográfica en diferentes zonas de expansión urbana. Las dimensiones de los terrenos mostraron una marcada heterogeneidad, con frentes que variaron entre 5.15 m y 12.40 m, fondos entre 5.35 m y 14.81 m y áreas entre 25.47 m² y 292.37 m². En cuanto a las características constructivas, las viviendas presentaron entre uno y seis niveles, incluyendo casos particulares con sótanos o azoteas accesibles, y un promedio de 1 a 6 habitaciones por piso según el uso y la densidad habitacional de cada inmueble. Respecto a la formalidad edilicia, se registró que la mayoría contaba con licencia de construcción y planos aprobados, mientras que la asistencia técnica profesional no estuvo presente en todos los casos, observándose la ausencia de supervisión en varias edificaciones de sectores periféricos. Estas características geométricas, administrativas y constructivas permitieron contextualizar adecuadamente las condiciones reales en las que se ejecutó la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U durante el periodo de estudio.

Tabla 12*Características geométricas del terreno de las viviendas evaluadas*

ID	Frontis (m)	Fondo (m)	Lado izquierdo (m)	Lado derecho (m)	Área de terreno (m ²)
V1	7.08	7.35	17.03	14.00	107.10
V2	12.40	10.50	14.45	24.70	292.37
V3	7.00	8.40	24.15	20.18	153.53
V4	6.20	5.40	24.30	23.50	153.61
V5	10.17	13.48	10.17	8.40	99.95
V6	10.29	14.81	17.20	17.21	209.85
V7	7.70	7.70	11.25	11.40	87.14
V8	8.90	10.10	29.00	25.20	267.25
V9	8.45	9.30	21.05	16.90	163.16
V10	6.10	5.60	21.60	22.10	127.75
V11	9.70	6.60	21.60	21.75	157.16
V12	5.15	5.55	4.85	4.75	25.47
V13	6.74	11.04	11.03	7.83	49.95
V14	5.43	5.35	23.58	23.43	126.73
V15	7.77	7.41	11.78	12.41	91.69

Nota. Tabla elaborada a partir de los datos registrados en campo, correspondientes a las dimensiones reales de los lotes donde se construyeron las escaleras evaluadas.

Tabla 13*Características constructivas y administrativas*

ID	Área construida (m ²)	Perímetro (m)	Nº de pisos	Promedio de habitaciones por piso	Licencia	Planos	Asistencia técnica
V1	107.10	45.46	3	3	Sí	Sí	No
V2	292.37	62.05	2	4	Sí	Sí	Sí
V3	153.53	59.73	3	5	Sí	Sí	Sí
V4	153.61	59.40	2	4	Sí	Sí	No
V5	99.95	42.22	6	5	Sí	Sí	Sí
V6	209.85	59.51	2	3	Sí	Sí	No
V7	87.14	38.05	1 piso + azotea	2	Sí	Sí	Sí
V8	267.25	73.20	1 piso + sótano	3	No	No	No
V9	163.16	55.70	1 piso + sótano	3	Sí	Sí	Sí
V10	127.75	55.40	6	4	Sí	Sí	Sí
V11	157.16	59.65	1 sótano + 1 piso	3	Sí	Sí	Sí
V12	25.47	20.30	5	1	Sí	Sí	No
V13	75.36	36.64	2	2	Sí	Sí	No
V14	126.73	57.79	1 piso + azotea	3	Sí	Sí	No
V15	91.69	39.37	5	4	No	Sí	No

Nota. Esta tabla resume las características edificatorias relevantes de las viviendas evaluadas, considerando su nivel constructivo, formalidad administrativa y supervisión técnica durante la ejecución de la escalera con forma geométrica de U.

3.6.3. Aplicación del cuestionario de caracterización de los trabajadores

3.6.3.1. Aplicación del cuestionario.

Posteriormente, se aplicó un breve cuestionario a los integrantes de las cuadrillas para recopilar información sobre sus características personales, técnicas y laborales. Este instrumento incluyó preguntas sobre la edad, los años de experiencia, el grado de instrucción, la forma de aprendizaje del oficio, la procedencia, el estado civil y la remuneración estimada. La aplicación se realizó de manera individual, en un espacio seguro dentro de la obra, explicando previamente el propósito del estudio y asegurando la confidencialidad de las respuestas. Esta información permitió caracterizar a la mano de obra involucrada y contextualizar los resultados de rendimiento y productividad.

Figura 11

Aplicación del cuestionario al personal que labora en la construcción de escaleras



Nota. Se observa la aplicación del cuestionario a los trabajadores que participaron en la construcción de las escaleras evaluadas, mediante el cual se recopilaron datos personales, laborales y técnicos para caracterizar la mano de obra participante. Registro fotográfico propio, 2023-2024.

3.6.3.2. Caracterización de los trabajadores.

La construcción de escaleras de concreto armado con geometría de U en las 15 viviendas evaluadas se ejecutó con dotaciones variables según partida, acumulando 41 trabajadores en encofrado (2–4 por vivienda), 39 en acero (2–4 por vivienda) y 82 en concreto (1–13 por vivienda), lo que confirma que el vaciado concentra la mayor demanda de personal. En composición de cuadrilla, predominó el peón con 66 trabajadores (71.74%), seguido del operario con 22 (23.91%) y del oficial con 4 (4.35%), lo que evidencia una estructura operativa basada principalmente en mano de obra no calificada. La procedencia fue marcadamente local, pues 87 trabajadores (94.57%) provenían de Chota, mientras que Aguas Verdes, Chalamarca, Querocoto y Tacabamba aportaron en conjunto el 5.43%. El aprendizaje del oficio fue mayoritariamente empírico (90; 97.83%) y solo 2 trabajadores (2.17%) reportaron formación técnica. En edad, la mayor proporción se concentró entre 31–40 años (34.78%) y 41–50 años (22.83%), con presencia menor de jóvenes 16–20 (4.35%) y adultos 61–67 (5.43%); por categoría, la edad media fue 36.75 en oficiales, 42.32 en operarios y 39.17 en peones, con rangos que alcanzaron hasta 65 y 67 años en operarios y peones, respectivamente. Respecto a experiencia, predominó el grupo de 1–5 años (43.48%) y 6–10 años (29.35%), lo que indica una fuerza laboral con trayectoria corta a media; además, la experiencia media por categoría fue 11.75 años en oficiales, 15.50 en operarios y 8.38 en peones, con máximos de 40 y 45 años en operarios y peones. Finalmente, la remuneración diaria mostró diferencias consistentes con la categoría: media de 80.00 en oficiales, 92.05 en operarios y 64.47 en peones; a nivel de vivienda, las medias oscilaron entre 62.50 (V14 y V15) y 91.70 (V11), lo que refleja condiciones de pago diferenciadas por obra, composición de cuadrilla y exigencia operativa de cada ejecución.

Tabla 14

Número de trabajadores por partida en las que se construyó escaleras con forma geométrica de U en Chota

Vivienda	Número de trabajadores por partida		
	Encofrado	Acero	Concreto
V1	2	2	3
V2	2	2	4
V3	2	2	6
V4	2	2	2
V5	3	3	7
V6	3	3	4
V7	3	2	4
V8	4	4	4
V9	4	3	13
V10	2	2	1
V11	2	3	3
V12	2	3	7
V13	4	3	8
V14	3	3	6
V15	3	2	10
Total	41	39	82

Tabla 15

Categoría de trabajo de la cuadrilla de construcción de escaleras con forma geométrica de U

Categoría de trabajo	Número de trabajadores	%
Oficial	4	4.35%
Operario	22	23.91%
Peón	66	71.74%
Total	92	100.00%

Tabla 16

Distrito de procedencia de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U

Distrito	Número de trabajadores	%
Aguas Verdes	1	1.09%
Chalamarca	2	2.17%
Chota	87	94.57%
Querocoto	1	1.09%
Tacabamba	1	1.09%
Total	92	100.00%

Tabla 17*Forma de aprendizaje del oficio que desempeñan los trabajadores de construcción*

Forma de aprendizaje del oficio que, desempeña	Número de trabajadores	%
Empírica	90	97.83%
Técnica	2	2.17%
Total	92	100.00%

Tabla 18*Edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U*

Edad	Número de trabajadores	%
16-20 años	4	4.35%
21-30 años	17	18.48%
31-40 años	32	34.78%
41-50 años	21	22.83%
51-60 años	13	14.13%
61-67 años	5	5.43%
Total	92	100.00%

Tabla 19*Experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U*

Experiencia laboral	Número de trabajadores	%
1-5 años	40	43.48%
6-10 años	27	29.35%
11 a 20 años	14	15.22%
21 a 45 años	11	11.96%
Total	92	100.00%

Tabla 20*Parámetros de estadística descriptiva de la edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo*

Categoría de trabajo	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Oficial	4	36.75	4.31	8.62	24	27.75	40.5	42	42
Operario	22	42.32	2.11	9.88	27	35	41	50.25	65
Peón	66	39.17	1.54	12.49	16	29	38	48	67

Tabla 21

Parámetros de estadística descriptiva de la experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo

Categoría	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Oficial	4	11.75	0.629	1.258	10	10.5	12	12.75	13
Operario	22	15.5	2.2	10.3	4	7.5	12.5	22.5	40
Peón	66	8.38	1.11	9.02	1	3	5	10	45

Tabla 22

Parámetros de estadística descriptiva de la remuneración de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según categoría de trabajo

Categoría	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Oficial	4	80	7.07	14.14	70	70	75	95	100
Operario	22	92.05	3.01	14.11	70	80	90	100	120
Peón	66	64.47	1.06	8.64	50	60	60	70	85

Tabla 23

Parámetros de estadística descriptiva de la edad de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda

Vivienda	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
V1	3	42.67	3.71	6.43	38	38	40	50	50
V2	4	47.5	8.17	16.34	30	32.25	46.5	63.75	67
V3	6	32.33	1.89	4.63	26	27.5	33	36.5	38
V4	2	50	3	4.24	47	*	50	*	53
V5	10	28.3	3.31	10.46	16	18	26	38.25	48
V6	5	37.4	4.76	10.64	23	29	35	47	52
V7	4	41.75	2.78	5.56	38	38.25	39.5	47.5	50
V8	4	50.25	6.26	12.53	36	38.25	50	62.5	65
V9	16	42.38	3.33	13.32	22	31.5	44	49.5	65
V10	3	39.33	6.44	11.15	31	31	35	52	52
V11	3	44	7.77	13.45	29	29	48	55	55
V12	7	38.86	5.8	15.35	20	24	36	51	62
V13	9	42.67	3.82	11.47	24	36.5	39	54.5	60
V14	6	42.83	2.41	5.91	35	38.75	41.5	48.25	52
V15	10	37.2	2.84	8.99	23	29.25	36.5	44.25	51

Tabla 24

Parámetros de estadística descriptiva de la experiencia laboral de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda

Vivienda	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
V1	3	12.67	3.71	6.43	8	8	10	20	20
V2	4	8.25	2.5	4.99	3	4	7.5	13.25	15
V3	6	5.67	1.26	3.08	3	3	4.5	9.25	10
V4	2	16	14	19.8	2	*	16	*	30
V5	10	7.2	2.08	6.56	1	2.5	5.5	9.75	20
V6	5	13	4.79	10.7	3	4	12	22.5	30
V7	4	10.25	3.75	7.5	3	3.75	9	18	20
V8	4	10.25	6.65	13.3	1	2	5	23.75	30
V9	16	14.69	3.39	13.57	1	4.25	10	27.5	45
V10	3	14.33	7.88	13.65	5	5	8	30	30
V11	3	21.67	9.28	16.07	10	10	15	40	40
V12	7	11.86	2.46	6.52	5	8	10	15	25
V13	9	9.78	2.75	8.24	3	4.5	7	11.5	30
V14	6	5.833	0.872	2.137	4	4.75	5	7	10
V15	10	3.6	0.819	2.591	2	2	2.5	4.5	10

Tabla 25

Parámetros de estadística descriptiva de la remuneración de los trabajadores de construcción de escaleras con forma geométrica de U según vivienda

Vivienda	N	Media	Error	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
V1	3	75	7.64	13.23	65	65	70	90	90
V2	4	75	8.66	17.32	60	62.5	70	92.5	100
V3	6	63.33	3.33	8.16	60	60	60	65	80
V4	2	75	15	21.2	60	*	75	*	90
V5	10	71	4.07	12.87	50	63.75	70	81.25	95
V6	5	80	11.4	25.5	50	55	80	105	110
V7	4	68.75	7.74	15.48	55	56.25	65	85	90
V8	4	80	7.07	14.14	70	70	75	95	100
V9	16	70	1.58	6.32	60	70	70	70	90
V10	3	81.67	1.67	2.89	80	80	80	85	85
V11	3	91.7	17.4	30.1	60	60	95	120	120
V12	7	84.29	7.51	19.88	60	70	80	100	120
V13	9	67.78	4.72	14.17	55	60	60	75	100
V14	6	62.5	5.59	13.69	55	55	57.5	67.5	90
V15	10	62.5	5.12	16.2	50	50	60	68.75	100

3.6.4. Observación directa del proceso constructivo de escaleras con forma geométrica de U

En las quince viviendas seleccionadas se observó el proceso constructivo completo de las escaleras con forma geométrica de U. Se registraron las actividades ejecutadas en encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto utilizando cronómetros digitales Casio HS-80TW, cámaras Samsung A54 para el registro fotográfico y formatos de campo estandarizados. También se documentó el uso de herramientas como mezcladoras IMER Syntesi 140, vibradores Bauker, cortadoras Makita LC1230 y dobladoras manuales de acero. Esta observación permitió comprender la secuencia real de trabajo, la organización de la cuadrilla y las condiciones del entorno.

Figura 12

Observación del proceso de construcción de las escaleras



Nota. Se muestra la observación directa de las actividades desarrolladas por la cuadrilla durante la ejecución de una escalera de concreto armado con forma geométrica de U, lo que permitió registrar la secuencia de trabajo, la participación del personal y las condiciones operativas presentes en obra.

3.6.5. Registro y construcción del flujograma de trabajo

A partir de la observación, se registraron los tiempos empleados en cada actividad repetitiva, la disposición de los materiales y la movilidad dentro del área de trabajo. Con esta información se elaboraron flujogramas preliminares por vivienda, que mostraron la secuencia constructiva, los tiempos promedio por actividad y los recursos empleados. Estos flujogramas sirvieron de base para comparar métodos constructivos y, posteriormente, para proponer un flujograma óptimo.

Los datos recolectados incluyeron:

- Nivel de la escalera (pisos conectados).
- Número de tramos y descansos.
- Ubicación dentro de la vivienda (frontal, lateral, de fondo, interior).
- Ubicación de los materiales durante su uso.
- Ubicación de materiales previos al uso (acopio).
- Tipo y método de preparación de la mezcla (palana, mezcladora, mezcladora + winche).
- Tiempos característicos de transporte y de preparación de materiales.
- Medios de transporte predominantes por partida (baldes, carretilla, winche, canaletas)

3.6.6. Medición y cálculo del rendimiento de la mano de obra

3.6.6.1. Medición del rendimiento de la mano de obra.

La medición del rendimiento se realizó mediante cronometraje directo, registrando de forma continua la duración real de cada actividad ejecutada por la cuadrilla en las partidas de encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto. En cada jornada se anotaron:

- Hora de inicio y término de cada actividad específica.
- Número de operarios (Op), peones (Pe) y oficiales (Of) presentes.
- Metrado ejecutado (m^2 , kg o m^3 , según partida).
- Condiciones operativas de la vivienda (nivel de la escalera, accesibilidad, dimensiones del área de trabajo).

Los metrados fueron verificados en campo empleando reglas metálicas Truper, flexómetros Stanley y niveles Surtek, mientras que el registro del tiempo se efectuó con un cronómetro digital calibrado. Con esta información se calcularon los aportes unitarios (hh/unidad) y el rendimiento diario observado, siguiendo los procedimientos establecidos en los estudios de productividad en la construcción.

Finalmente, los rendimientos locales fueron homogeneizados para compararlos con los rendimientos referenciales del compendio CAPECO (2006), según las cuadrillas estándar definidas en dicho manual.

3.6.6.2.Cálculo del rendimiento.

El rendimiento se calculó a partir del aporte unitario de mano de obra, entendido como las horas-hombre necesarias para producir una unidad de trabajo. La expresión utilizada fue:

$$\text{Aporte M.O.} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores} \times \text{jornada laboral (horas)}}{\text{Rendimiento}} \quad (41)$$

Luego, el rendimiento real observado se determinó mediante:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de hombres} \times \text{jornada laboral (horas)}}{\text{Aporte unitario}} \quad (42)$$

Este procedimiento se aplicó por separado a las partidas de encofrado, acero y concreto, respetando las particularidades de cada una.

a) Rendimiento para encofrado

El rendimiento de encofrado se expresó en metros cuadrados por día ($\text{m}^2/\text{día}$). El metrado correspondiente se calculó multiplicando el largo por el ancho de los elementos encofrados:

$$\text{Metrado} = \text{Largo} \times \text{ancho} (\text{m}^2) \quad (43)$$

Las cuadrillas observadas presentaron variabilidad (1 Op, 1 Op + 1 Pe, 1 Op + 2 Pe, 1.5 Op + 1 Pe), por ello, se calculó el aporte individual para:

$$\text{Aporte Op} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (44)$$

$$\text{Aporte Pe} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (45)$$

El aporte total de la cuadrilla se obtuvo como la suma de ambos aportes:

$$\text{Aporte total} = \text{Aporte Op} + \text{Aporte Pe} \quad (46)$$

Con este valor se calculó el rendimiento real de la cuadrilla observada, considerando que la cuadrilla promedio en obra estuvo conformada por dos trabajadores:

$$\text{Rendimiento} = \frac{2 \times 8}{\text{Aporte total}} \quad (47)$$

Para hacer comparable este rendimiento con CAPECO (2006), se ajustó al tamaño de cuadrilla oficial:

Cuadrilla CAPECO para encofrado: 0.1 Cap. + 1 Of + 1 Op = 2.1 trabajadores

$$Rendimiento suministro = \frac{2.1 \times 8}{Aporte total} \quad (48)$$

Este valor permitió comparar objetivamente los resultados locales con los rendimientos referenciales establecidos por CAPECO (2006).

b) Rendimiento para habilitación de acero

El rendimiento de la habilitación de acero se expresó en kg/día (m²/día). El metrado correspondiente se calculó multiplicando el número de elementos por el peso nominal para el diámetro de acero que se está utilizando por el número de varillas y longitud de acero utilizado:

$$Metrado = Longitud \times \text{Número de varillas} \times \text{Peso nominal (kg)} \quad (49)$$

Tabla 26

Peso nominal de acuerdo al diámetro del acero

Diámetro	Área nominal (mm ²)	Peso nominal (kg/m)	Peso mínimo (kg/m)
6 mm	28	0.222	0.207
8 mm	50	0.395	0.371
3/8"	71	0.56	0.526
12 mm	113	0.888	0.835
1/2"	129	0.994	0.934
5/8"	199	1.552	1.459
3/4"	284	2.235	2.101
1"	510	3.973	3.735
1 3/8"	1006	7.907	7.433

Nota. Tomado de Aceros Arequipa (2025).

Las cuadrillas observadas fueron: 1 Op + 1 Pe, 2 Op + 1 Pe y 1 Op + 2 Pe. Los aportes se calcularon con:

$$Aporte Op = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{Metrado} \quad (50)$$

$$Aporte\ Pe = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (51)$$

$$Aporte\ total = Aporte\ Op + Aporte\ Pe \quad (52)$$

La cuadrilla promedio local tuvo 2 trabajadores, por lo que:

$$Rendimiento = \frac{2 \times 8}{Aporte\ total} \quad (53)$$

Para compararlo con CAPECO (2006), se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO acero: 0.1 Cap. + 1 Of + 1 Op = 2.1 trabajadores

$$Rendimiento\ suministro = \frac{2.1 \times 8}{Aporte\ total} \quad (54)$$

Los valores obtenidos mediante estas ecuaciones se consideraron comparables con los rendimientos referenciales registrados en CAPECO (2006).

c) Rendimiento para vaciado de concreto

El rendimiento del vaciado se expresó en m³/día:

$$Metrado = Largo \times ancho \times altura\ (m^3) \quad (55)$$

Las cuadrillas variaron ampliamente (1 Op + 1, 2, 3 o 5 Pe). Los aportes se obtuvieron como:

$$Aporte\ Op = \frac{N^{\circ}\ de\ operarios \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (56)$$

$$Aporte\ Pe = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (57)$$

$$Aporte\ total = Aporte\ Op + Aporte\ Pe \quad (58)$$

La cuadrilla promedio local fue de 4 trabajadores:

$$Rendimiento = \frac{4 \times 8}{Aporte\ total} \quad (59)$$

Para compararlo con el rendimiento normativo de CAPECO, se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO concreto: 0.2 Cap. + 2 Of + 2 Op + 10 Pe = 14.2 trabajadores

$$Rendimiento\ suministro = \frac{14.2 \times 8}{Aporte\ total} \quad (60)$$

Los valores obtenidos son comparables con los rendimientos de CAPECO (2006).

3.6.7. *Análisis de productividad mediante carta balance*

La productividad de la mano de obra se evaluó mediante el análisis del uso del tiempo, empleando la técnica de carta balance en las tres partidas del proceso constructivo: encofrado, acero y concreto. Para ello, se registraron de forma continua y sistemática las actividades realizadas por cada trabajador, utilizando un cronómetro digital Casio HS-80TW y una plantilla codificada, diseñada específicamente para este estudio. El registro se efectuó con una frecuencia de una observación por minuto, criterio recomendado en estudios de trabajo para actividades de edificación.

Cada actividad observada fue clasificada en una de las tres categorías operativas:

- Tiempo productivo (TP): actividades que generaron un avance directo.
- Tiempo contributorio (TC): actividades de apoyo necesarias pero indirectas.
- Tiempo no contributorio (TNC): actividades que no aportaron a la producción.

Las actividades detalladas y sus códigos específicos se presentan en la Tabla 27 (encofrado), Tabla 28 (habilitación y colocación de acero) y Tabla 29 (preparación y vaciado de concreto). Estas plantillas permitieron estandarizar el registro y garantizar la comparabilidad entre viviendas y partidas.

Una vez concluido el registro en campo, la información fue digitalizada y procesada en Microsoft Excel 2024, donde se contabilizó la frecuencia de cada tipo de actividad y se calculó el porcentaje correspondiente a TP, TC y TNC para cada trabajador y para cada partida. Asimismo, se generaron gráficos de barras y diagramas circulares que evidenciaron la distribución del tiempo y los patrones operativos de cada cuadrilla.

Tabla 27*Actividades consideradas para la partida de encofrado de escaleras*

Tiempo productivo (TP)	Tiempo contributorio (TC)	Tiempo no contributorio (TNC)
1. Trazo de escalera	15. Aseguramiento con tacos	44. Tiempo ocioso
2. Habilitación de encofrado	16. Colocación de pie derecho	45. Esperas
3. Encofrado	17. Colocación de soleras	46. Trabajos rehechos
4. Desencofrado	18. Colocación del listón de refuerzo	47. Descanso
	19. Colocación y habilitación de alambre de amarre de madera	48. Necesidades fisiológicas
	20. Transporte de materiales para encofrado	49. Otros trabajos
	21. Limpieza en encofrados	56. Buscar materiales o herramientas
	22. Instrucciones en encofrados	59. Condiciones climáticas
	23. Mediciones en encofrados	
	24. Perforación de unidades de albañilería	
	25. Lectura de planos	
	50. Desplazamientos en encofrado	
	51. Colocación de chapa	
	52. Nivelación en encofrado y desencofrado	

Tabla 28*Actividades consideradas para la partida de acero de escaleras*

Tiempo productivo (TP)	Tiempo contributorio (TC)	Tiempo no contributorio (TNC)
5. Habilitación de acero	26. Colocación de dados de concreto	44. Tiempo ocioso
6. Colocación del acero longitudinal	27. Transporte de materiales en acero	45. Esperas
7. Colocación de acero transversal	28. Limpieza en habilitación de acero	46. Trabajos rehechos
8. Colocación de acero superior	29. Instrucciones en habilitación e instalación de acero	47. Descanso
9. Colocación de acero en viga	30. Mediciones de verificación en acero	48. Necesidades fisiológicas
10. Colocación de alambre de amarre de acero	31. Instalación de tubería	49. Otros trabajos
	32. Perforación de unidades de albañilería y/o columnas	56. Buscar materiales o herramientas
	33. Cubrir espacios con unidades de albañilería	59. Condiciones climáticas
	25. Lectura de planos	
	53. Desplazamientos en acero	

Tabla 29

Actividades consideradas para la partida de concreto en escaleras

Tiempo productivo (TP)	Tiempo contributorio (TC)	Tiempo no contributorio (TNC)
11. Preparación del concreto	34. Humedecer el encofrado	44. Tiempo ocioso
12. Vaciado de la mezcla	35. Transporte de mezcla	45. Esperas
13. Chuzado de la mezcla	36. Transporte de materiales para producción de mezcla	46. Trabajos rehechos
14. Curado del concreto	37. Limpieza en vaciado de concreto	47. Descanso
57. Llenado de lata	38. Instrucciones en vaciado de concreto	48. Necesidades fisiológicas
	39. Mediciones en vaciado de concreto	49. Otros trabajos
	40. Lampeado de mezcla	56. Buscar materiales o herramientas
	41. Enrazar la mezcla	59. Condiciones climáticas
	42. Semipulir el concreto	
	43. Cubrir espacios con unidades de albañilería	
	25. Lectura de planos	
	54. Desplazamientos en vaciado de concreto	
	55. Nivelación en vaciado de concreto	
	58. Contingencia (protección del lugar de trabajo)	

Figura 13

Registro del uso de tiempos productivos en la construcción de escaleras



Nota. Se observa el registro en campo de las actividades ejecutadas por los integrantes de la cuadrilla durante la construcción de la escalera, información que permitió clasificar el tiempo empleado en trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC) mediante la carta balance.

3.7. Procedimientos de análisis de datos

Toda la información recolectada en campo fue organizada y, posteriormente, procesada en gabinete mediante Microsoft Excel 2024. Los registros de rendimiento obtenidos a partir de los formatos de avance diario y de aportes unitarios fueron sistematizados por partida, cuadrilla y vivienda, y se revisó la consistencia entre los metrados y los tiempos observados. Los registros de la carta balance fueron codificados y agrupados según las categorías de tiempo productivo (TP), contributivo (TC) y no contributivo (TNC). Una vez consolidados, los datos fueron sometidos a procedimientos estadísticos descriptivos mediante los cuales se calcularon los promedios, las desviaciones típicas y los coeficientes de variación para cada una de las partidas y de las viviendas, a fin de presentarlos en tablas y gráficos resumen para cada objetivo específico.

El análisis de los datos se realizó en el software Minitab 22, con el cual se evaluaron los patrones de rendimiento y los porcentajes de uso del tiempo en cada partida. Se analizaron las diferencias entre viviendas y cuadrillas, identificando tendencias y variaciones significativas en los indicadores productivos. Con estos resultados, se procedió a contrastar las hipótesis planteadas, determinando si la evidencia empírica permitía aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0) o la hipótesis alternativa (H_1), y estableciendo las implicancias de dichos resultados en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica en U.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Durante el proceso de recolección de datos se emplearon diversos materiales y equipos que permitieron medir, registrar y documentar las actividades desarrolladas en obra (Tabla 30).

Tabla 30

Materiales y equipos utilizados y descripción de su uso

Materiales / Equipos	Descripción de uso en la investigación
Cronómetro digital Casio HS-80TW	Utilizado para registrar la duración exacta de las actividades ejecutadas en las partidas de encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto, permitiendo obtener tiempos productivos, contributivos y no contributivos para la carta balance.
Flexómetro Stanley PowerLock 8 m	Empleado para medir elementos constructivos, como los largos de tramos, las alturas de contrahuellas y las dimensiones parciales de la escalera, necesarios para determinar el metrado y validar los cálculos de rendimiento.
Cinta métrica Truper 30 m	Utilizada para medir distancias mayores dentro de la vivienda, como áreas de escaleras amplias o tramos completos, garantizando la precisión en los metrados requeridos.
Regla metálica Truper 1.20 m	Permitió medir espesores, peraltes y dimensiones pequeñas de elementos complementarios del encofrado o del acero.
Nivel de aluminio Surtek	Usado para verificar el aplomado y la nivelación de los elementos del encofrado, así como para validar las condiciones reales de trabajo durante la observación directa.
Equipo GNSS Garmin eTrex 32x	Empleado para registrar las coordenadas UTM de cada vivienda, lo que permite la georreferenciación precisa de la muestra y su representación en planos de ubicación.
Cámara de smartphone Samsung A54	Utilizada como herramienta de registro fotográfico para documentar las actividades constructivas, el flujo de trabajo, el montaje de elementos y las condiciones del entorno.
Computadora portátil HP Pavilion	Utilizada para procesar los datos recolectados en Microsoft Excel 2022, elaborar gráficas, tablas, análisis de rendimiento y productividad, así como informes parciales. (hoja de ubicación, ficha de rendimiento, formato de carta balance, cuestionarios)
Formatos impresos de campo	Permitieron registrar de forma sistemática los datos medidos en obra: tiempos, metrados, composición de la cuadrilla, actividades observadas y características generales de cada vivienda.

Nota. La tabla presenta los materiales y equipos utilizados durante la recolección de datos en campo. Su descripción refleja el propósito específico que cumplieron en el registro, la medición y la documentación de las actividades asociadas al rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras con forma geométrica de U.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos y criterios de rigor científico considerados en la investigación se fundamentaron en los lineamientos propuestos por Toledo (2010), quien señala que toda investigación debe garantizar la autenticidad de los datos, evitando cualquier forma de falsificación, manipulación o distorsión de la información. En este sentido, todos los registros obtenidos en campo fueron procesados y presentados con veracidad, lo que aseguró la transparencia del procedimiento. Asimismo, se respetaron las normas de citación y referencia establecidas por la APA 7.^a edición, conforme al protocolo institucional de la UNACH, con el fin de evitar el plagio y reconocer adecuadamente las fuentes consultadas.

Dado que la investigación involucró la participación directa de trabajadores en obra, se obtuvo previamente su consentimiento informado, en el que se explicaron los objetivos del estudio, el tipo de información que se registraría y el uso estrictamente académico de los datos. También se garantizó la confidencialidad de la información personal, evitando la divulgación de cualquier dato que permitiera identificar a los participantes. Además, se respetaron los principios de no maleficencia y de seguridad laboral, procurando que el proceso de observación no interfiriera con las actividades constructivas ni generara riesgos adicionales para los trabajadores. Finalmente, se reconoció el valor científico y social del estudio, en tanto que contribuyó a cubrir la ausencia de datos empíricos sobre el rendimiento y la productividad en la construcción de escaleras con forma geométrica de U, aportando evidencia útil para mejorar los procesos constructivos y la gestión eficiente de la mano de obra en el contexto local.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado con forma geométrica de U y flujo del proceso constructivo*

4.1.1.1. Características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado.

En las 15 viviendas evaluadas, las escaleras con forma geométrica de U presentaron anchos de tramo entre 0.80 m y 1.20 m (media 1.04 m) y alturas totales entre 2.48 m y 4.08 m (mediana 2.64 m), lo que evidencia variabilidad geométrica asociada al número de niveles atendidos (desde el 1.er nivel hasta el 6.to nivel). En este marco, predominó la configuración de 2 tramos + 1 descanso (12/15 viviendas), mientras que en 3 viviendas se ejecutaron 3 tramos + 2 descansos, lo que incrementó el desarrollo y la complejidad de la ejecución. La ubicación en planta fue mayormente frontal (6/15), seguida del fondo (3/15), con casos puntuales en el centro, el ingreso y los laterales, lo cual condicionó el acceso de materiales y el desplazamiento interno de la cuadrilla. Desde el punto de vista constructivo, se proyectó $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en 12 viviendas y $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ en 3 viviendas, con consumos de cemento entre 5.5 y 8.0 bls/m³ (media de 6.73 bls/m³); además, los materiales se acopiaron principalmente dentro de la vivienda (ambiente continuo o pisos superiores), mientras que el acero se abasteció con frecuencia desde la vía pública y, en un caso, se trabajó con acopio en sótano. En cuanto al flujo de trabajo, la preparación de mezcla se realizó con mezcladora en 7 viviendas y con palana en 8 (en vía pública, azotea o dentro de la vivienda), y el transporte se efectuó principalmente con baldes (8/15), complementado con baldes/cuerda (2/15) y sistemas con winche (5/15: carretilla, baldes o canaleta), los cuales se emplearon sobre todo cuando la escalera se ejecutó en niveles altos o con mayores restricciones de acceso.

Tabla 31

Descripción general de las características constructivas y geométricas de las escaleras de concreto armado por vivienda

Viv.	Ancho del tramo (m)	Altura total de la escalera (m)	Nivel de la escalera	Nº de tramos / descansos	Ubicación dentro de la vivienda	Resistencia esperada del concreto (kg/cm ²)	Cantidad de cemento utilizado (bls/m ³)	Ubicación de materiales	Tipo de preparación de mezcla	Medio de transporte principal
V1	1.20	2.70	3.er nivel	2 tramos + descanso	Frontal – lado derecho	210	8.0	Madera en 2do nivel / acero en vía pública	Palana en azotea	Baldes / cuerda
V2	1.00	2.55	2.do nivel	2 tramos + descanso	Fondo – lado izquierdo	175	5.5	Madera en ambiente continuo / acero desde vía pública	Mezcladora	Baldes
V3	1.15	2.72	3.er nivel	2 tramos + descanso	Centro de la vivienda	175	5.5	Materiales en 1.er piso	Mezcladora	Baldes
V4	1.00	2.52	1.er–2.do nivel (con sótano)	2 tramos + descanso	Fondo – sótano	210	8.0	Materiales en sótano	Palana en vía pública	Baldes
V5	1.10	2.80	6.to nivel	2 tramos + descanso	Frontal – lado derecho	210	8.0	Madera en 5to piso	Mezcladora	Winche + baldes
V6	1.10	4.08	1.er nivel	3 tramos + 2 descansos	Cerca del frontis	210	7.5	Madera en gallera	Palana	Baldes
V7	1.10	2.64	1.er nivel	2 tramos + descanso (con un paso)	Lado derecho	210	6.5	Materiales en 1.er nivel	Palana en vía pública	Baldes
V8	1.00	3.96	1.er nivel	3 tramos + 2 descansos	Ingreso – lado izquierdo	210	8.0	Madera en ambiente continuo	Palana	Baldes / cuerda
V9	1.00	3.96	1.er nivel + sótano	3 tramos + 2 descansos	Fondo – lado derecho	210	6.0	Madera en ambiente continuo	Mezcladora	Baldes
V10	1.00	2.64	6.to nivel	2 tramos + descanso	Frontal – lado izquierdo	210	7.0	Materiales en 5to piso / vía pública	Palana en azotea	Winche + canaleta
V11	0.80	2.55	Sótano + 1.er nivel	2 tramos + descanso	Frontal – lado izquierdo	210	6.0	Madera en ambiente continuo	Palana	Baldes
V12	0.80	2.63	5.to nivel	2 tramos + descanso	Frontal – lado izquierdo	210	7.0	Madera en 4to piso	Mezcladora	Winche + carretilla
V13	1.10	2.55	3.er a 4.to nivel	2 tramos + descanso fraccionado	Lado izquierdo	210	6.5	Madera en 3er piso / algo en 2do	Mezcladora	Winche + carretilla
V14	1.20	2.72	2.do nivel	2 tramos + descanso	Lado izquierdo	210	6.0	Madera en primer piso	Palana	Baldes
V15	1.00	2.48	5.to nivel	2 tramos + descanso	Frontal	175	5.5	Madera en 4to piso	Mezcladora	Winche + carretilla

4.1.1.2. Flujo del proceso constructivo de las escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.

En las 15 viviendas, el proceso constructivo de las escaleras con forma geométrica de U mantuvo una secuencia operativa constante: encofrado y desencofrado, habilitación y colocación de acero, preparación, transporte y vaciado de concreto; sin embargo, el rendimiento estuvo fuertemente condicionado por la logística de acopio y transporte vertical y horizontal según el nivel de ejecución y la disponibilidad de medios auxiliares. En viviendas de niveles altos (p. ej., 5.º, 6.º), predominó el uso de winche para izaje de acero y concreto, reduciendo tiempos de subida, pero incorporando ciclos de trasvase (balde-carretilla) que concentraron esperas y coordinación; mientras que en viviendas de niveles bajos (1.º y 2.º), se observó mayor empleo de palana y baldes, con recorridos cortos cuando el acopio estuvo próximo, pero con incrementos de tiempo cuando el almacenamiento se ubicó en sótanos, ambientes alejados o en la vía pública. En conjunto, la variabilidad entre viviendas se explicó principalmente por la ubicación del acopio (madera/acero/cemento/agua), la distancia y accesibilidad del frente de trabajo, y el método de elevación (winche, cuerda o transporte manual), factores que determinan tiempos recurrentes por ciclo y, por ende, la productividad observada.

Tabla 32

Descripción general del flujo de trabajo por vivienda

Vivienda	Escalera (nivel / configuración / ubicación)	Encofrado y desencofrado (madera)	Acero en escalera	Concreto en escalera
01	3er nivel; 2 tramos + descanso; frontal der.	Acopio/hab. en 2do nivel (plataforma y descanso); pasos reutilizados; transporte 45 s.	Doble malla; izaje desde vía pública a azotea con cuerda; hab. en azotea; pase peón→operario 30 s.	Mezcla en azotea con palana; agregados por winche; agua en barril con manguera; cemento desde 1er nivel (hombro); baldes a escalera y vaciado 1 min.
02	2do nivel; 2 tramos + descanso; fondo izq.	Hab. en habitación continua; pasos reutilizados; transporte 45 s.	Vía pública → habitación continua: 2 min/vuelta; hab.; transporte a la escalera: 30 s.	Mezcla en vía pública con mezcladora; agregados/agua al costado; cemento en 1er nivel; baldes a escalera y vaciado 1 min 30 s (aprox.).
03	3er nivel; escalera al centro	Madera en 1er nivel; hab. cerca de escalera (base/frisos/pasos); peón transporta 45 s; retorno vacío 15 s.	Acero en 1er nivel; varillas completas a habitación cercana; 1er nivel→escalera 45 s; hab.→escalera 15 s.	Mezcla en vía pública con mezcladora; preparación total: 3 min 30 s; trompo→balde: 15 s; balde→escalera: 45 s; vaciado: 15 s; retorno: 15 s.
04	1er a 2do piso; con sótano	Hab. en el sótano (fondo); transporte: 45–60 s; retorno vacío: 25 s.	Acero en el mismo ambiente (sótano); hab.; transporte a grada 45 s.	Mezcla en calle con palana; arena/piedra cerca (<15 s); cemento desde sótano 30 s; agua por manguera desde sótano; mezclado 3 min; baldes 45 s.
05	6to piso; 2 tramos + descanso; frontal der.	Hab. en 5to piso (plataforma/descanso); friso/pasos reutilizados; transporte 30 s–1 min/vuelta.	Izaje con winche: 2 min/vuelta; hab. en azotea; pase peón→operario: 30 s.	Mezcla en vía pública con mezcladora; izaje con winche en balde a azotea; vaciado a carretilla y transporte a escalera 1 min 30 s (prom.).
06	1er piso; 3 tramos + 2 descansos; zona frontal	Madera en gallería contigua; traslado al frente 1 min; retorno 20 s; hab. al costado de la escalera (traslado mínimo).	Acero al frente (cerca vía); hab. allí o en la escalera; a escalera 1 s; retorno 10 s.	Mezcla al costado de escalera (1er piso) con palana; agregados al frente: llenar latas 1 min 30 s, traslado 30 s, retorno 15 s; cemento 25 s; agua desde fondo 45 s, retorno 15 s; balde a escalera <15 s.
07	1er piso; 2 tramos; descanso con 1 escalón intermedio; lado der.	Madera en el único ambiente (1er nivel); a habilitado 13 s; a escalera 10 s.	Acero en calle; hab. allí; transporte a escalera 25–30 s; retorno 12 s.	Mezcla en vía pública con palana; materiales cerca (<15 s); mezclado 3–4 min; baldes 30–45 s; retorno 15 s.
08	1er nivel; 3 tramos + 2 descansos; ingreso izq.	Madera en habitación continua; hab. allí (plataforma/frisos/pasos); transporte 30 s–1 min.	Hab. en habitación continua; pase peón→operario 1 min.	Mezcla en vía pública con palana; transporte en baldes y vaciado: 1 min 30 s; en el 3er tramo, izaje con cuerda a azotea: 2 min/vuelta.
09	1er nivel + sótano; 3 tramos + 2 descansos; fondo der.	Madera en habitación continua; hab. plataforma/frisos; pasos reutilizados (sótano); transporte 30 s–1 min.	Vía pública → azotea: 1 min 30 s/vuelta; hab. en azotea; pase: 30 s–1 min.	Mezcla en vía pública con mezcladora; vaciado a batea; baldes a escalera y vaciado durante 1 min (prom.).

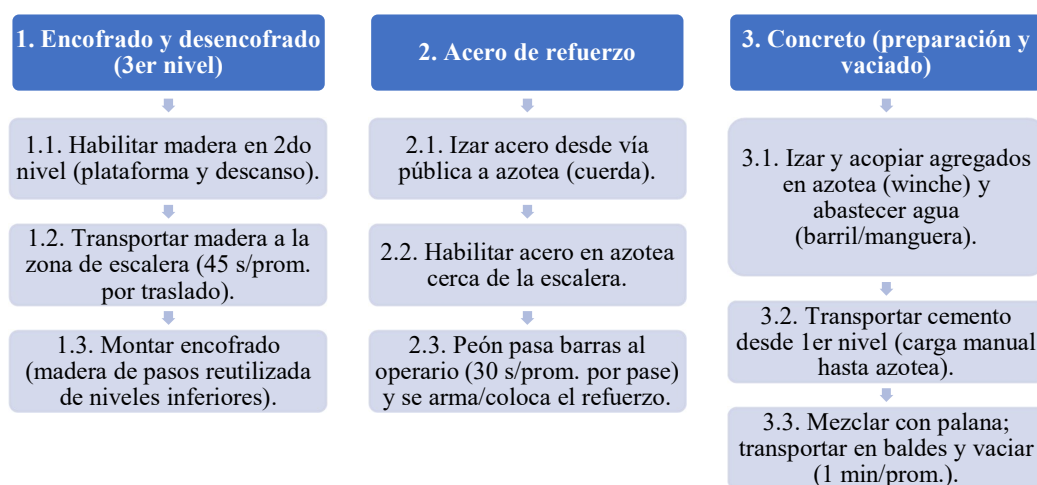
Vivienda	Escalera (nivel / configuración / ubicación)	Encofrado y desencofrado (madera)	Acero en escalera	Concreto en escalera
10	6to piso; 2 tramos + descanso; delantera izq.	Madera desde 5to→azotea; hab. plataforma/descanso/frisos; pasos reutilizados; transporte 30–45 s.	Izaje con winche a azotea: 2 min/vuelta; hab. en azotea; pase: 30 s–1 min.	Mezcla en azotea con palana; agregados+cemento por winche; agua en barril con manguera; vaciado por conducto de calamina 5 s/palana (prom.).
11	1er nivel + sótano; 2 tramos + descanso; delantera izq.	Madera en habitación continua; hab. plataforma/descanso/frisos; pasos reutilizados; transporte 30 s–1 min.	Vía pública → habitación: 1 min; hab. en habitación; pase: 30 s–1 min.	Mezcla con palana en vía pública; materiales cerca; baldes a escalera 30–45 s (prom.).
12	5to piso; 2 tramos + descanso; vista calle principal izq.	Madera en 4to piso; hab. descanso; friso/pasos reutilizados; transporte 30 s–1 min.	Hab. en vía pública; izaje con winche de 45 s/vuelta.	Mezcla en vía pública con mezcladora (1 min 30 s); izaje con winche en balde a azotea; carretilla a escalera y vaciado (1 min 30 s, prom.).
13	3er→4to piso; 2 tramos + 1 descanso con 2 pasos; mitad izq.	Madera, mayormente en 3er piso y parte en 2do; transporte: 15–45 s.	Acero en 3er piso; hab. allí; a escalera 15–20 s.	Mezcla en vía pública con mezcladora; abastecimiento <15 s; winche a losa 15 s; trasvase a carretilla 11 s; carretilla a grada 15 s.
14	2do piso; 2 tramos + descanso	Madera en 1er piso; hab. allí; a escalera ≈60 s; retorno 15 s.	Acero en 1er piso; hab. allí y parte en la escalera; transporte 50–60 s.	Mezcla con palana en calle; materiales cerca (<15 s); baldes al 2do nivel 45 s; retorno 15 s.
15	5to piso; 2 tramos + descanso; frontal vista calle	Madera en 4to piso; hab. allí; a 5to piso 30 s.	Acero en 4to piso; hab. allí; a grada 30 s.	Mezcla con mezcladora en solar lateral; materiales cerca (<15 s); winche al último nivel 15 s; recepción carretilla 12 s; carretilla a grada 15 s.

a) Vivienda 1.

En la Vivienda 01, para el encofrado, la madera se ubicó previamente en el segundo nivel, donde se habilitó la destinada a la plataforma y al descanso; mientras que la madera para los pasos ya se encontraba habilitada por la reutilización de escaleras de niveles inferiores. En este marco, el transporte de la madera desde el punto de acopio hasta la escalera demandó, en promedio, 45 s por traslado. Posteriormente, el refuerzo se ejecutó con acero en doble malla, el cual se izó desde la vía pública hasta la azotea mediante cuerda; la habilitación se realizó en la azotea, cerca de la escalera, donde el peón fue entregando el acero al operario, registrándose un promedio de 30 s por pase. Finalmente, el concreto se preparó en la azotea con palana; los agregados se transportaron mediante winche, el agua se almacenó en un barril abastecido con manguera, y el cemento se trasladó desde el primer nivel en hombros por la cuadrilla. Una vez preparada la mezcla, se transportó en baldes hasta la escalera y se efectuó el vaciado, con un tiempo promedio de 1 min por ciclo de transporte y vaciado.

Figura 14

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 1

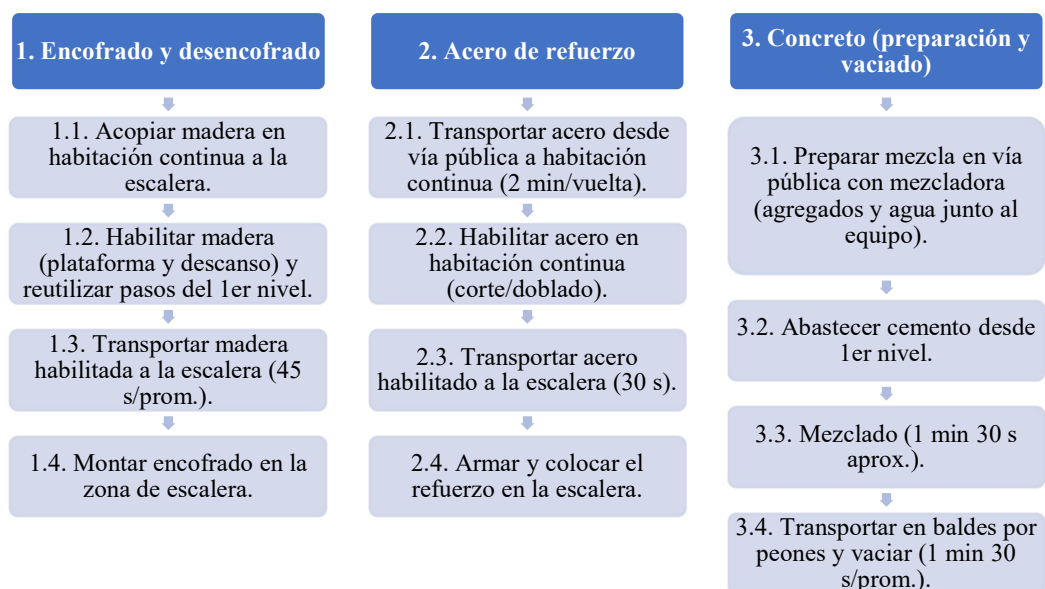


b) Vivienda 2.

En la Vivienda 02, para el encofrado, la madera se acopió en una habitación continua a la escalera, donde se habilitaron la plataforma y el descanso; mientras que la madera para los pasos ya se encontraba habilitada por la reutilización de la escalera del primer nivel. En este marco, el traslado de la madera habilitada hacia la escalera demandó, en promedio, 45 s. Posteriormente, el acero se movilizó desde la vía pública hasta la habitación continua, registrándose 2 min por vuelta, durante las cuales se realizó la habilitación; seguidamente, el acero habilitado se transportó hacia la escalera en aproximadamente 30 s. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública con mezcladora, agregados y agua al costado del equipo, y cemento almacenado en el interior del primer nivel; el mezclado tomó aproximadamente 1 min 30 s. Una vez obtenida la mezcla, los peones la transportaron en baldes hasta la escalera y la vaciaron, con un tiempo promedio de 1 min 30 s por ciclo de transporte y vaciado.

Figura 15

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 2

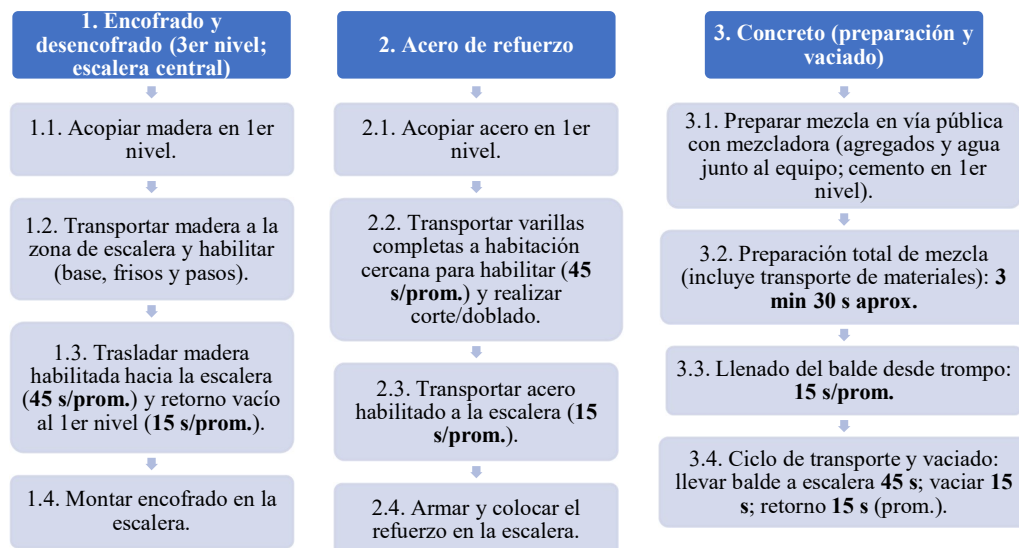


c) Vivienda 3.

En la Vivienda 03, para el encofrado, la madera se acopió en el primer nivel y se transportó hacia el área de la escalera en construcción, donde se habilitaron la base, los frisos y los pasos; en este flujo, el peón empleó en promedio 45 s para trasladar la madera habilitada hacia la escalera y 15 s para el desplazamiento de retorno sin carga al primer piso. Luego, el acero se mantuvo inicialmente en el primer piso y se trasladó en varillas completas a una habitación cercana para su habilitación; el transporte desde el primer piso hasta el punto de habilitación demandó en promedio 45 s, y el traslado del acero ya habilitado hacia la escalera tomó 15 s. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública frente a la vivienda mediante mezcladora, con agregados y agua al costado del equipo y cemento almacenado en el interior del primer nivel; la preparación total de la mezcla, incluyendo el transporte de materiales, se registró en aproximadamente 3 min 30 s. El llenado desde el trompo al balde tomó en promedio 15 s, mientras que el ciclo de colocación comprendió 45 s de transporte del balde hacia la escalera, 15 s de vaciado y 15 s de retorno.

Figura 16

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 3

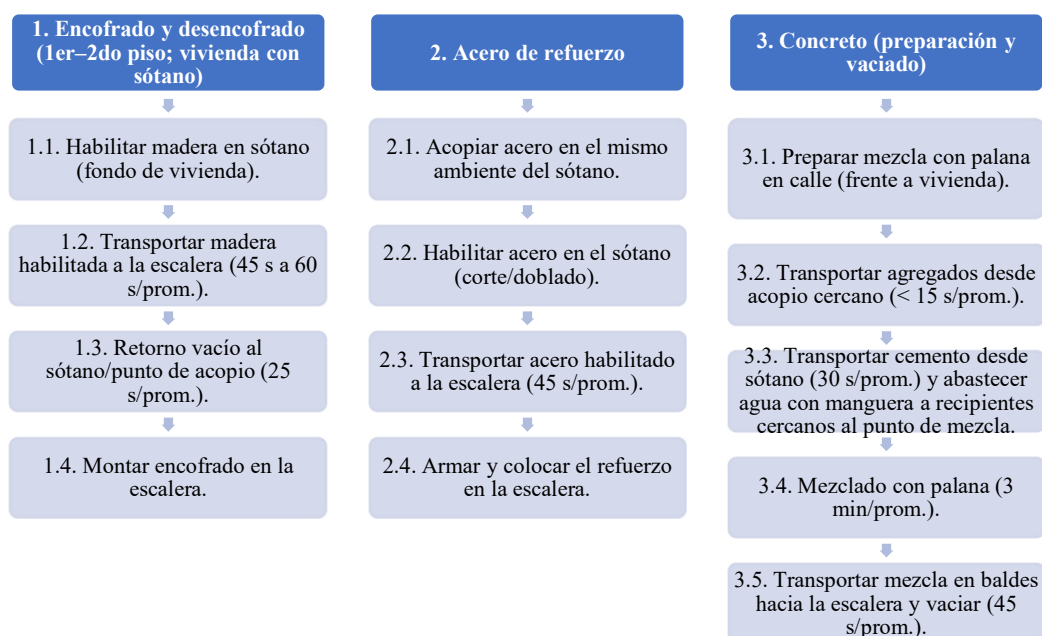


d) Vivienda 4.

En la Vivienda 04 para el encofrado, la habilitación de madera se realizó en el sótano, al fondo de la vivienda, y luego se trasladó hacia la zona de la escalera; este transporte demandó entre 45 s y 60 s en promedio por recorrido, mientras que el desplazamiento de retorno sin carga tomó 25 s. En el mismo ambiente del sótano se acopió el acero, donde también se efectuó su habilitación; posteriormente, el traslado del acero habilitado hacia la grada registró un tiempo promedio de 45 s. Finalmente, el concreto se preparó con palana en la calle frente a la vivienda; la arena y la piedra se ubicaron muy cerca del punto de mezcla, por lo que su transporte tomó menos de 15 s, mientras que el cemento se trasladó desde el sótano en 30 s promedio. El agua se dispuso en recipientes próximos al punto de mezcla, los cuales se llenaron mediante una manguera conectada al ambiente del sótano. El mezclado con palana tomó en promedio 3 min, y el transporte de la mezcla se realizó en baldes, con un tiempo aproximado de 45 s por traslado hasta la escalera.

Figura 17

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 4

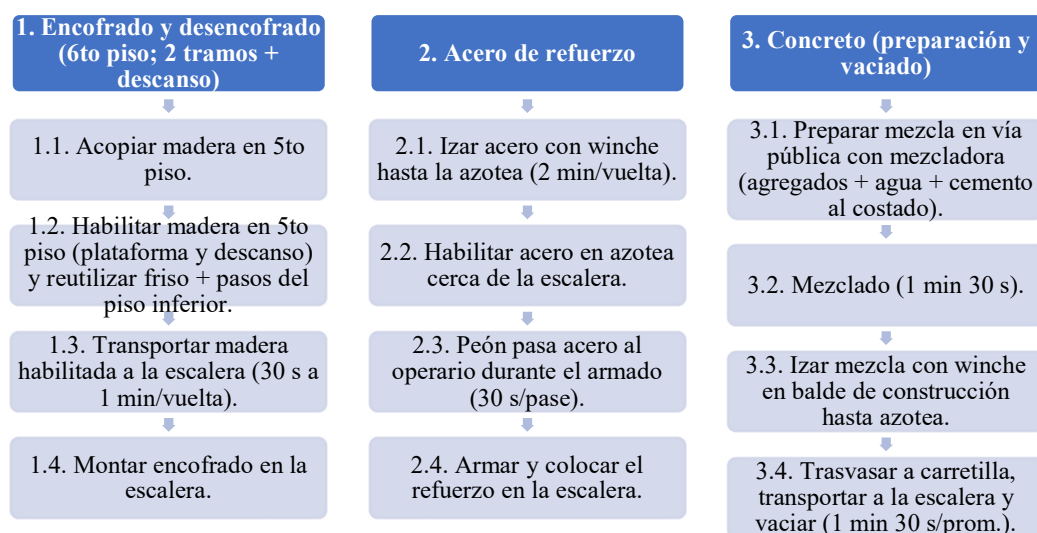


e) Vivienda 5.

En la Vivienda 05, para el encofrado, la madera se acopió en el quinto piso, donde se habilitaron la plataforma y el descanso; mientras que la madera para el friso y los pasos ya se encontraba habilitada por la reutilización de la escalera del piso inferior. En este marco, el transporte de la madera habilitada hacia la zona de la escalera tomó entre 30 s y 1 min por vuelta. Posteriormente, el acero se transportó mediante winche, registrándose un tiempo promedio de 2 min por cada izaje; la habilitación se realizó en la azotea, cerca de la escalera, donde el peón habilitó el acero y lo fue entregando al operario, con un tiempo de aproximadamente 30 s por pase. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública con mezcladora, manteniéndose agregados, agua y cemento al costado del equipo; el tiempo de mezclado fue de 1 min 30 s. Luego, la mezcla se izó con un winche en un balde de construcción hasta la azotea, donde se vació en una carretilla y se transportó hasta la escalera para su colocación, con un tiempo promedio de 1 min 30 s para el traslado interno y el vaciado.

Figura 18

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 5

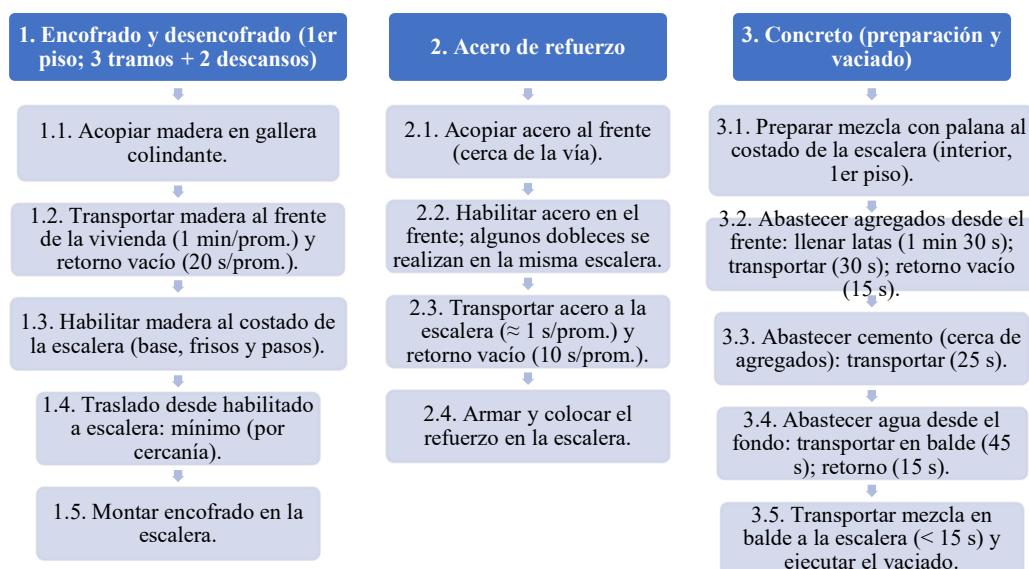


f) Vivienda 6.

En la Vivienda 06, para el encofrado, la madera se acopió en el local de la gallería colindante a la vivienda y se trasladó al frente de la obra, registrándose 1 min por recorrido y 20 s de retorno vacío; seguidamente, la madera se habilitó al costado de la escalera, por lo que el traslado final hacia la zona de montaje fue mínimo. En cuanto al acero, este se ubicó al frente de la vivienda, cerca de la vía, y se habilitó en el mismo punto; el transporte hacia la escalera tomó aproximadamente 1 s, con retorno vacío de 10 s, y parte del habilitado (doblado) se realizó directamente en la misma escalera. Finalmente, el concreto se preparó con palana al costado de la escalera del primer piso; los agregados se abastecieron desde el frente de la vivienda, donde el llenado de latas tomó 1 min 30 s, el transporte 30 s y el retorno vacío 15 s. El cemento, ubicado cerca de los agregados, se trasladó en 25 s, mientras que el agua se transportó en balde desde el fondo de la vivienda en 45 s, con retorno de 15 s. Una vez obtenida la mezcla, su traslado a la escalera se realizó en un balde en menos de 15 s, debido a la cercanía del punto de preparación.

Figura 19

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 6

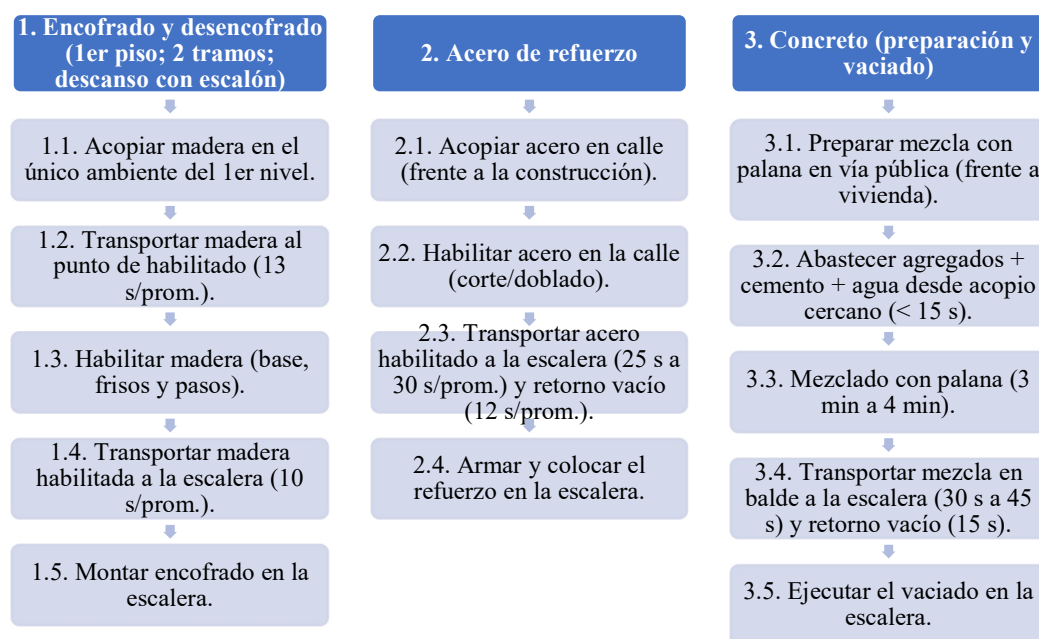


g) Vivienda 7.

En la Vivienda 07 la escalera se ejecutó considerando un descanso con un escalón intermedio que lo divide en dos partes. Para el encofrado, la madera se almacenó dentro de la misma construcción, en el único ambiente existente del primer nivel; desde este punto, el transporte hacia el lugar de habilitado tomó 13 s en promedio y, posteriormente, el traslado de la madera habilitada hacia la escalera demandó 10 s. En la etapa de acero, el material se ubicó en la calle al frente de la construcción, donde se realizó la habilitación; luego, el transporte del acero habilitado hacia la escalera tomó 25 s a 30 s, con un retorno vacío de 12 s. Finalmente, el concreto se preparó con palana en la vía pública frente a la vivienda, con agregados, cemento y agua dispuestos cerca del punto de mezcla, de modo que el abastecimiento de materiales tomó menos de 15 s. El mezclado se ejecutó en 3 min a 4 min, y el transporte de la mezcla hacia la escalera se realizó en balde, con una duración de 30 s a 45 s, más 15 s de retorno sin carga.

Figura 20

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 7

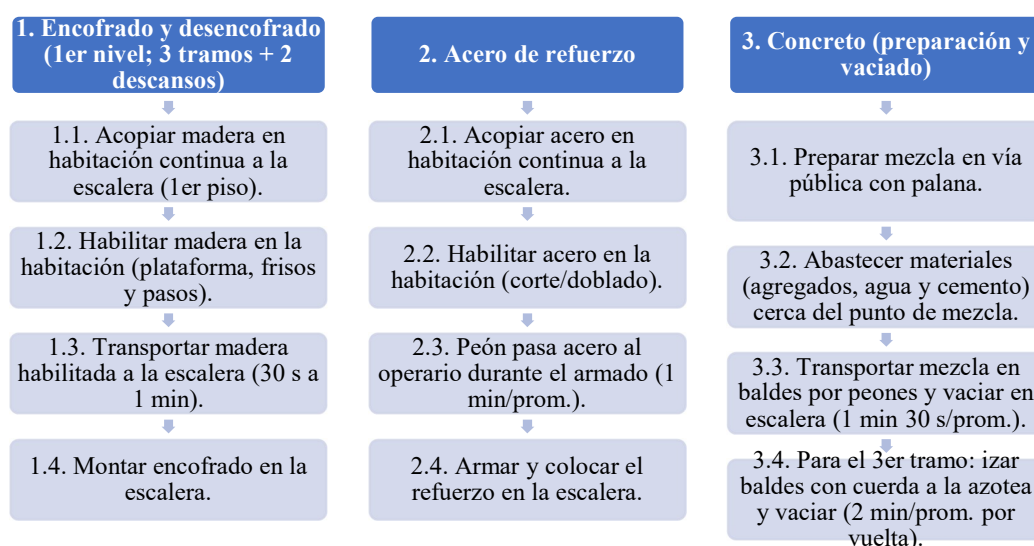


h) Vivienda 8.

En la Vivienda 08, la escalera de concreto armado del primer nivel, conformada por tres tramos y dos descansos, y ubicada al ingreso de la vivienda, en el lado izquierdo, se ejecutó mediante una secuencia de encofrado/dsencofrado, habilitación y colocación del acero y vaciado de concreto. Para el encofrado, la madera se almacenó en el primer piso, en una habitación contigua a la escalera, donde se habilitó como plataforma, frisos y pasos; luego, el traslado de la madera habilitada hacia la escalera tomó entre 30 s y 1 min. En la etapa de acero, el material se almacenó y habilitó en la misma habitación continua, donde el peón fue preparando y entregando los elementos al operario, con un tiempo promedio de 1 min por pase. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública con palana, y la mezcla se transportó en baldes por los peones hasta la escalera para el vaciado, registrándose 1 min 30 s por ciclo. En el caso del tercer tramo, el transporte del concreto requirió un apoyo adicional: izar los baldes mediante una cuerda hasta la azotea y proceder al vaciado, con un tiempo aproximado de 2 min por vuelta.

Figura 21

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 8

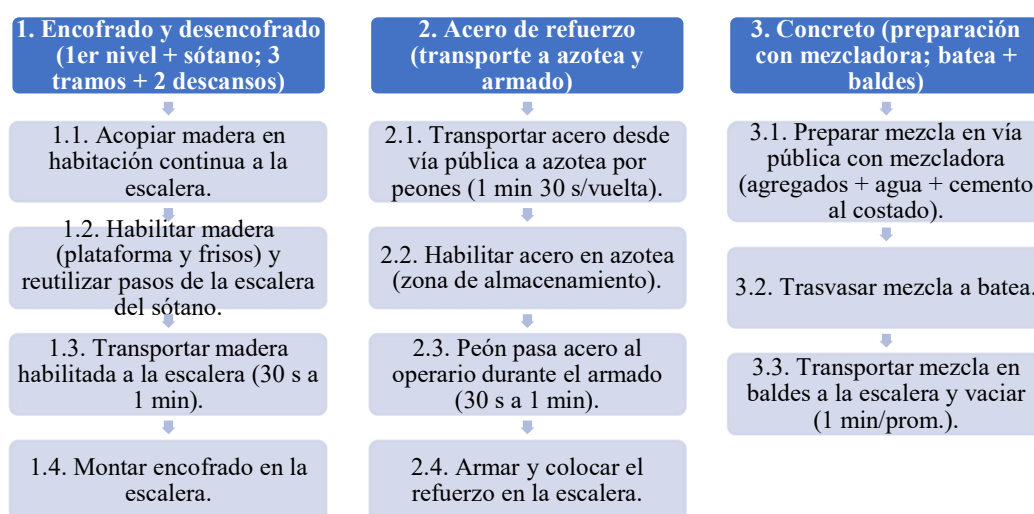


i) Vivienda 9.

En la Vivienda 09, la escalera conformada por tres tramos y dos descansos y ubicada al fondo de la vivienda en el lado derecho, para el encofrado, se acopió la madera en una habitación continua a la escalera, donde se habilitó la madera destinada a la plataforma y los frisos; mientras que la madera de los pasos ya se encontraba habilitada por reutilización de la escalera del sótano. En este flujo, el transporte de la madera habilitada hacia la escalera demandó entre 30 s y 1 min. Seguidamente, el acero se trasladó por los peones desde la vía pública hasta la azotea, registrándose 1 min 30 s por vuelta; la habilitación se realizó en la azotea, donde el material se encontraba almacenado, y el peón fue habilitando y entregando elementos al operario, con tiempos de pase entre 30 s y 1 min. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública mediante mezcladora, con agregados, agua y cemento al costado del equipo; una vez lista la mezcla, se vació en una batea y luego se transportó en baldes hasta la escalera para su colocación, con un tiempo aproximado de 1 min por ciclo de transporte y vaciado.

Figura 22

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 9

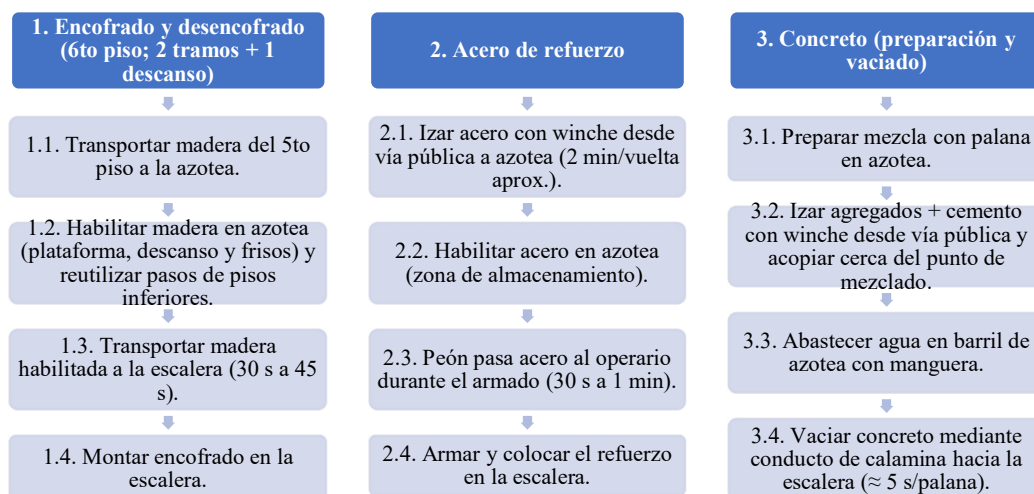


j) Vivienda 10.

En la Vivienda 10, la escalera de concreto armado del sexto piso, conformada por dos tramos y un descanso y ubicada en la parte delantera del lado izquierdo, para el encofrado, se trasladó la madera desde el quinto piso hacia la azotea, donde se habilitó para la plataforma, el descanso y los frisos; mientras que la madera de los pasos ya se encontraba habilitada por reutilización de escaleras de pisos inferiores. Posteriormente, el transporte de la madera habilitada hasta la escalera tomó entre 30 s y 45 s. En la etapa de acero, el material se izó con winche desde la vía pública hasta la azotea, con un tiempo aproximado de 2 min por vuelta; la habilitación se realizó en la azotea, donde el acero estaba almacenado, y el peón fue habilitando y entregando elementos al operario, con tiempos de pase entre 30 s y 1 min. Finalmente, el concreto se preparó en la azotea mediante palana; los agregados y el cemento se izaron por winche desde la vía pública y se acopiaron cerca del punto de mezclado, mientras que el agua se almacenó en un barril abastecido con manguera. Una vez preparada la mezcla, el vaciado se ejecutó mediante un conducto de calamina hacia la escalera, con un tiempo promedio de 5 s por palana de concreto.

Figura 23

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 10

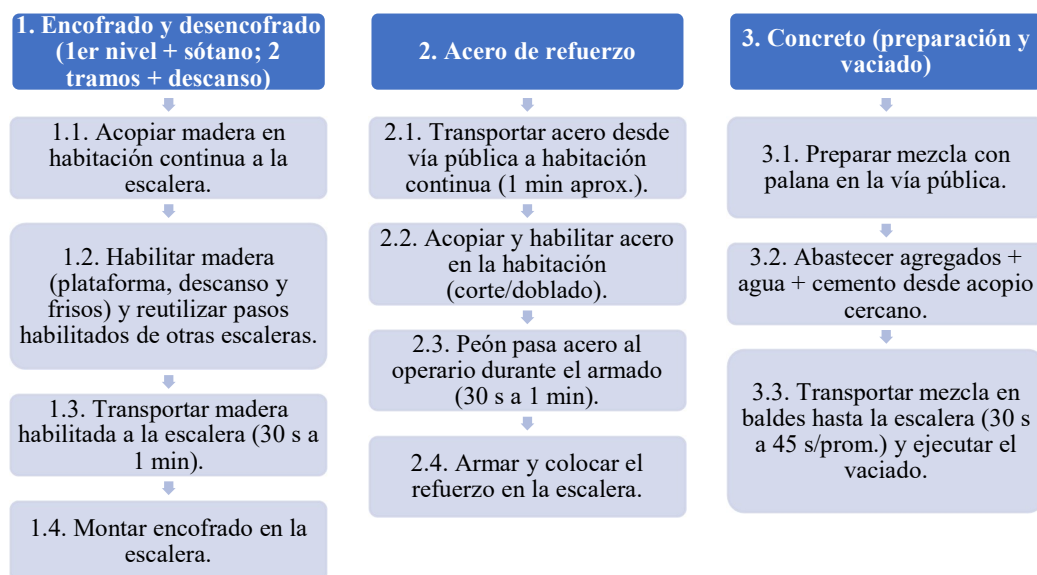


k) Vivienda 11.

En la Vivienda 11, la escalera de concreto armado del primer nivel con sótano, conformada por dos tramos y un descanso y ubicada en la parte delantera del lado izquierdo, para el encofrado, se acopió la madera en una habitación continua a la escalera, donde se habilitó para la plataforma, el descanso y los frisos; mientras que la madera para los pasos ya se encontraba habilitada por reutilización de otras escaleras. En este flujo, el transporte de la madera habilitada hacia la escalera tomó entre 30 s y 1 min. En la etapa de acero, el material se trasladó desde la vía pública hacia la misma habitación continua, con un tiempo aproximado de 1 min; allí se realizó la habilitación, y el peón fue entregando el acero al operario conforme avanzaba el armado, con tiempos de pase entre 30 s y 1 min en promedio. Finalmente, el concreto se preparó con palana en la vía pública, con agregados, agua y cemento ubicados cerca del punto de mezcla, y una vez obtenida la mezcla se transportó en baldes hasta la escalera, registrándose un tiempo de 30 s a 45 s por traslado.

Figura 24

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 11

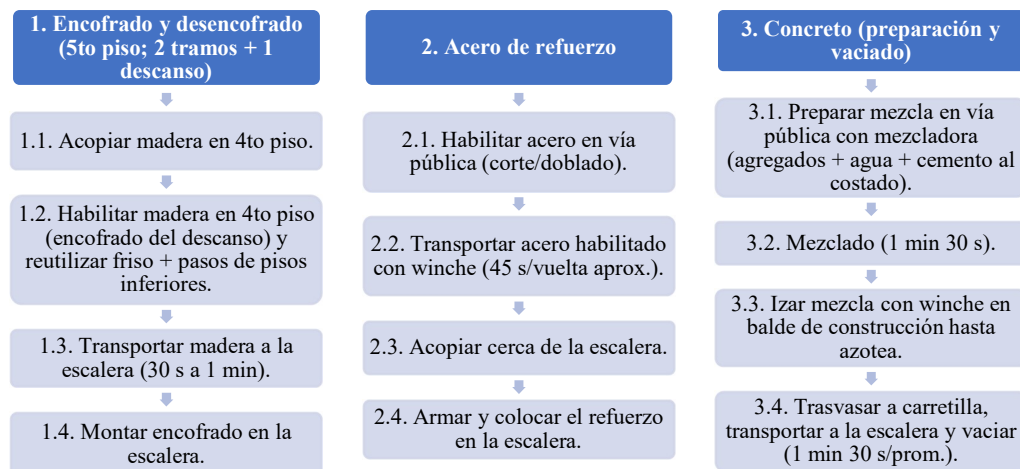


l) Vivienda 12.

En la Vivienda 12, la escalera del quinto piso, conformada por dos tramos y un descanso se ejecutó mediante la secuencia de encofrado/desencofrado, acero de refuerzo y vaciado de concreto, apoyándose en izajes con winche por la altura del frente de trabajo. Para el encofrado, la madera se acopió en el cuarto piso, donde se habilitó específicamente la madera destinada al encofrado del descanso; mientras que la madera para el friso y los pasos ya se encontraba habilitada por reutilización de escaleras de pisos inferiores. El transporte de la madera hacia la escalera tomó entre 30 s y 1 min. En la etapa de acero, la habilitación se realizó en la vía pública; posteriormente, el peón transportó el material habilitado mediante winche, con un tiempo aproximado de 45 s por vuelta, asegurando su disposición cercana al punto de colocación. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública con mezcladora, manteniéndose agregados, agua y cemento al costado del equipo; el tiempo de mezclado fue de 1 min 30 s. Luego, la mezcla se izó con winche en un balde de construcción hasta la azotea, donde se vació en una carretilla y se transportó hacia la escalera para su colocación, con un tiempo promedio de 1 min 30 s para el traslado interno y vaciado.

Figura 25

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 12

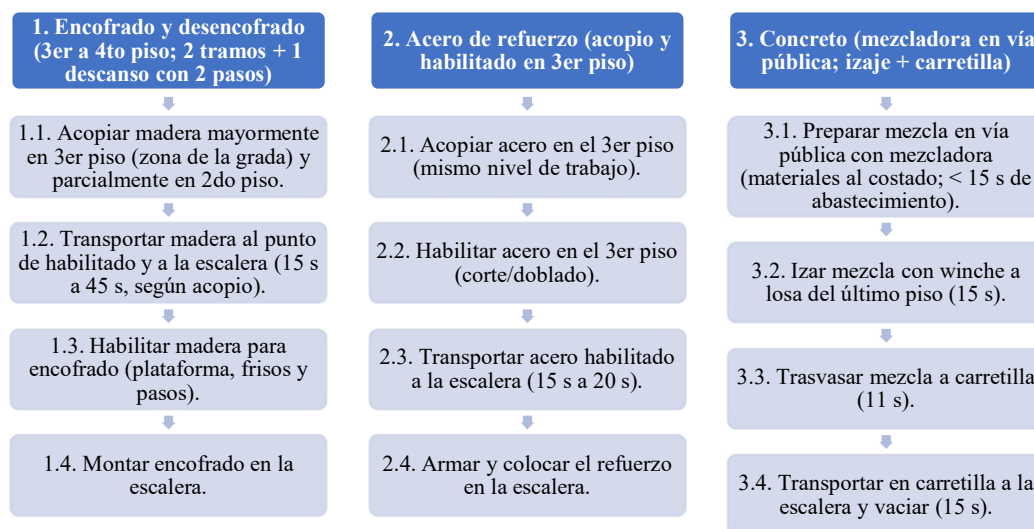


m) Vivienda 13.

En la Vivienda 13 (Jr. Juan Campos), la escalera de concreto armado ejecutada del tercer al cuarto piso, conformada por dos tramos y un descanso (con mitad del descanso dividido en dos pasos) y ubicada después de un paño a la mitad de la vivienda en el lado izquierdo, para el encofrado, se almacenó la madera principalmente en el tercer piso (nivel de la grada) y, en menor proporción, en el segundo piso, registrándose tiempos de transporte variables hacia el punto de trabajo entre 15 s y 45 s según el lugar de acopio. En la etapa de acero, el material se mantuvo almacenado en el mismo nivel de ejecución (tercer piso), donde se habilitó; luego, el transporte del acero habilitado hasta la escalera tomó entre 15 s y 20 s. Finalmente, el concreto se preparó en la vía pública con mezcladora, disponiéndose agregados, agua y cemento al costado del equipo, por lo que el abastecimiento tomó menos de 15 s. La mezcla se izó mediante winche hasta la losa del último piso, con un tiempo aproximado de 15 s, donde se trasvasó a carretilla en 11 s y se transportó hacia la escalera en 15 s para proceder al vaciado.

Figura 26

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 13

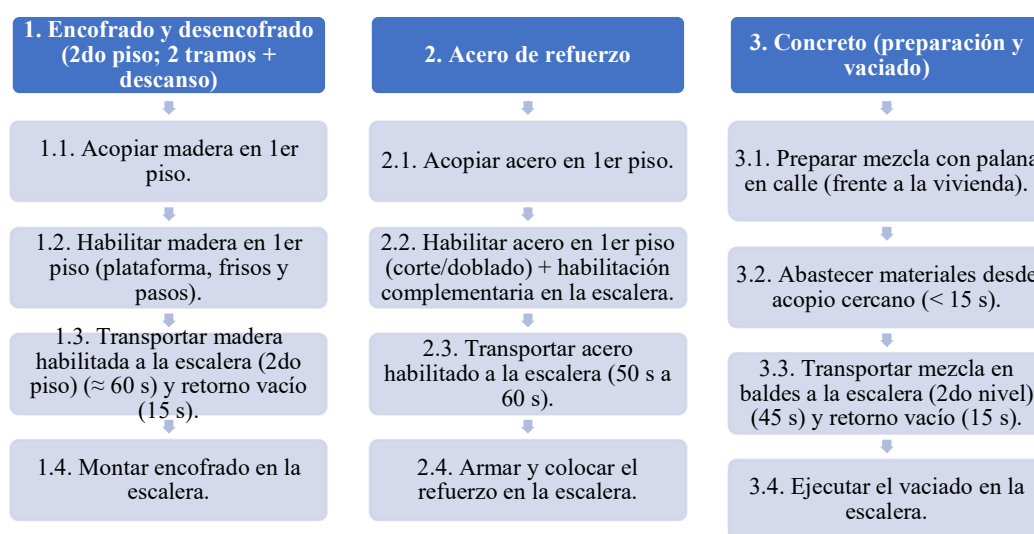


n) Vivienda 14.

En la Vivienda 14 (Jr. Ponciano Vigil), la escalera de concreto armado del segundo piso, conformada por dos tramos y un descanso, se ejecutó con una logística de transporte vertical desde el primer nivel. Para el encofrado, la madera se almacenó en el primer piso, donde también se realizó la habilitación; posteriormente, el traslado hacia la escalera del segundo piso demandó aproximadamente 60 s, registrándose un desplazamiento de retorno sin carga de 15 s. En la etapa de acero, el material se almacenó igualmente en el primer piso, donde se habilitó la mayor parte; sin embargo, algunos elementos se habilitaron directamente en el punto de colocación (zona de la escalera), y el transporte del acero hacia la grada tomó entre 50 s y 60 s. Finalmente, el concreto se preparó con palana en la calle frente a la vivienda, con materiales ubicados al costado del punto de mezclado, por lo que el abastecimiento tomó menos de 15 s. La mezcla se transportó en baldes hacia el segundo nivel, con un tiempo promedio de 45 s por traslado y un retorno sin carga de 15 s, para proceder al vaciado en la escalera.

Figura 27

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 14

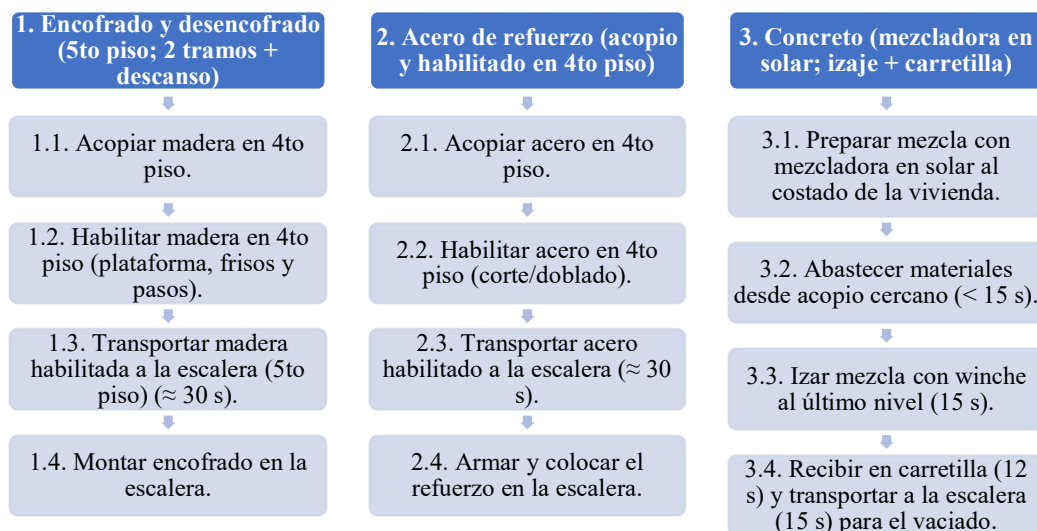


o) Vivienda 15.

En la Vivienda 15 (Jr. San Eusebio), la escalera de concreto armado del quinto piso, conformada por dos tramos y un descanso y ubicada en la parte frontal con vista a la calle, se ejecutó siguiendo la secuencia de encofrado/desencofrado, acero de refuerzo y vaciado de concreto, con acopio y habilitación concentrados en el cuarto nivel y un abastecimiento vertical mediante winche. Para el encofrado, la madera se almacenó en el cuarto piso, donde también se habilitó, y posteriormente se transportó hacia el quinto piso (zona de la escalera), registrándose un tiempo aproximado de 30 s por traslado. En la etapa de acero, el material se almacenó y habilitó igualmente en el cuarto piso, y el transporte hacia la grada tomó 30 s. Finalmente, el concreto se preparó con mezcladora en un solar al costado de la vivienda, con materiales ubicados junto al equipo, por lo que el abastecimiento tomó menos de 15 s. La mezcla se izó con winche hacia el último nivel en 15 s, luego se recibió en carretilla en 12 s y se transportó hasta la escalera en 15 s, donde se efectuó el vaciado.

Figura 28

Flujo constructivo de escalera con forma geométrica de U, vivienda 15



4.1.2. Rendimiento de la mano de obra en el encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto durante la construcción de escaleras con forma geométrica de U

a) Habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U.

Para la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U, los rendimientos reales en Chota presentan variabilidad según composición de cuadrilla, número de trabajadores y vivienda, pero en términos generales se ubican alrededor de los valores referenciales de CAPECO e incluso los superan en varios casos. Por cuadrilla, el rendimiento promedio osciló entre 5.83 m²/día (cuadrilla 1 OP) y 12.80 m²/día (cuadrilla 1 OP + 1.05 PE), con porcentajes respecto a CAPECO que van desde 57.06% (cuadrilla 1 OP + 1 OF + 1 PE) hasta 140.68% (cuadrilla 1 OP + 0.29 PE). Al agrupar por número de trabajadores (Tabla 34), el rendimiento no crece de manera lineal con la dotación: con 1.00 trabajador se registró 5.83 m²/día (123.88% de CAPECO para esa cuadrilla), con alrededor de 2.00–2.10 trabajadores se alcanzaron valores altos de 10.50–12.50 m²/día (111.59%–126.52%), y con 3.00 trabajadores el rendimiento promedio fue 10.11 m²/día, pero representó solo 71.60% del CAPECO equivalente, lo que evidencia que la mayor dotación no necesariamente se traduce en mayor rendimiento. Finalmente, al comparar por vivienda con el rendimiento ajustado a una cuadrilla equivalente de 2.1 trabajadores (Tabla 35), el promedio global fue 10.79 m²/día, lo que representa 1.09 veces el referencial CAPECO de 9.90 m²/día; destacaron las viviendas V15 (14.06 m²/día; 1.42), V7 (13.82 m²/día; 1.40) y V5 (13.77 m²/día; 1.39) como las de mayor desempeño ajustado, mientras que los valores más bajos se registraron en V10 (8.69 m²/día; 0.88), V9 (8.82 m²/día; 0.89) y V13 (8.96 m²/día; 0.90); en conjunto, 8 de 15 viviendas superaron el rendimiento dado por CAPECO, 1 lo igualó (V6) y el resto se ubicó ligeramente por debajo, confirmando productividad local heterogénea pero, en promedio, competitiva frente al valor referencial.

Tabla 33

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (m ²)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (m ² /día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (m ² /día)	% que representa de CAPECO
0.60 OP + 1 PE	5.00	5.24	0.57		0.95	1.53	8.38	7.53	111.35%
0.85 OP + 0.25 OF + 1 PE	3.50	5.47	0.54	0.16	0.64	1.34	12.50	9.88	126.52%
1 OP	6.47	4.98	1.41		0.00	1.41	5.83	4.71	123.88%
1 OP + 0.2 PE	8.75	7.39	1.18		0.24	1.42	6.76	5.65	119.68%
1 OP + 0.29 PE	3.85	4.11	0.94		0.27	1.21	8.54	6.07	140.68%
1 OP + 0.40 PE	5.35	4.64	1.15		0.46	1.61	6.94	6.59	105.31%
1 OP + 0.75 OF + 0.94 PE	3.50	4.89	0.72	0.54	0.67	1.92	11.18	12.66	88.34%
1 OP + 1 OF + 1 PE	1.92	1.93	0.99	0.99	0.99	2.98	8.06	14.12	57.06%
1 OP + 1 PE	3.63	4.75	0.80		0.80	1.60	10.63	9.41	112.93%
1 OP + 1.05 PE	1.80	2.88	0.63		0.66	1.28	12.80	9.65	132.68%
1 OP + 1.3 PE	7.00	9.86	0.71		0.92	1.63	11.27	10.82	104.15%
1 OP + 2 PE	4.63	6.49	0.72		1.44	2.16	11.14	14.12	78.88%
1.5 OP	3.97	3.56	1.69		0.00	1.69	7.21	7.06	102.15%
1.5 OP + 1 PE	3.58	4.91	1.34		0.90	2.24	9.81	11.76	83.39%
2 OP	3.13	4.13	1.54		0.00	1.54	10.47	9.41	111.24%
2 OP + 0.5 PE	2.25	2.37	1.42		0.47	1.90	8.44	11.76	71.74%

Tabla 34

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (m ²)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (m ² /día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (m ² /día)	% que representa de CAPECO
1.00	6.47	4.98	1.41		0.00	1.41	5.83	4.71	123.88%
1.20	8.75	7.39	1.18		0.24	1.42	6.76	5.65	119.68%
1.29	3.85	4.11	0.94		0.27	1.21	8.54	6.07	140.68%
1.40	5.35	4.64	1.15		0.46	1.61	6.94	6.59	105.31%
1.50	3.97	3.56	1.69		0.00	1.69	7.21	7.06	102.15%
1.60	5.00	5.24	0.57		0.95	1.53	8.38	7.53	111.35%
2.00	3.51	4.57	0.91		0.70	1.61	10.50	9.41	111.59%
2.05	1.80	2.88	0.63		0.66	1.28	12.80	9.65	132.68%
2.10	3.50	5.47	0.54	0.16	0.64	1.34	12.50	9.88	126.52%
2.30	7.00	9.86	0.71		0.92	1.63	11.27	10.82	104.15%
2.50	3.58	4.91	1.34		0.90	2.24	9.81	11.76	83.39%
2.69	3.50	4.89	0.72	0.54	0.67	1.92	11.18	12.66	88.34%
3.00	3.72	4.97	0.81	0.99	1.29	2.43	10.11	14.12	71.60%

Tabla 35

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Promedio de Op.	Promedio de Of.	Promedio de Pe.	Promedio de número de trabajadores	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (m²)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (m²/día)	Promedio de rendimiento ajustado (m²/día) cuadrilla 2.1 trabajadores	Promedio de % que representa de CAPECO (9.90 m²/día)
1	1.00		1.00	2.00	3.75	5.15	0.79		0.79	1.58	10.68	11.21	1.13
2	1.00		1.00	2.00	3.83	5.48	0.70		0.70	1.40	11.44	12.01	1.21
3	1.00		1.00	2.00	3.00	4.20	0.70		0.70	1.40	11.44	12.01	1.21
4	1.00		0.40	1.40	5.08	4.47	1.16		0.32	1.48	7.64	11.39	1.15
5	1.00		0.50	1.50	5.54	6.15	0.91		0.31	1.22	9.81	13.77	1.39
6	1.00		1.00	2.00	7.29	7.28	1.07		0.70	1.77	8.51	9.85	1.00
7	1.00		0.68	1.68	4.43	4.81	0.79		0.43	1.22	10.86	13.82	1.40
8	1.63		0.50	2.13	3.70	4.53	1.49		0.45	1.94	9.34	9.34	0.94
9	1.50		0.83	2.33	2.75	3.35	1.28		0.65	1.93	9.60	8.82	0.89
10	0.87		1.00	1.87	3.88	3.87	0.95		1.08	2.04	7.57	8.69	0.88
11	1.00		0.47	1.47	4.81	3.82	1.36		0.56	1.92	6.06	9.03	0.91
12	1.25		0.50	1.75	4.31	4.29	1.25		0.51	1.76	7.97	9.78	0.99
13	0.95	0.67	0.98	2.60	2.97	4.10	0.75	0.56	0.77	2.08	10.58	8.96	0.90
14	1.00		1.15	2.15	5.29	7.73	0.68		0.78	1.46	11.88	11.70	1.18
15	1.00		0.65	1.65	4.05	5.65	0.76		0.43	1.20	11.04	14.06	1.42
Total	1.10	0.67	0.77	1.92	4.19	4.81	1.00	0.56	0.61	1.66	9.55	10.79	1.09

b) Habilitación y colocación del acero en escaleras con forma geométrica de U.

Para la habilitación y colocación de acero en escaleras con forma geométrica de U, el rendimiento local en Chota presenta alta dispersión por tipo de cuadrilla, dotación y vivienda, y en promedio resulta inferior a CAPECO. Por cuadrilla, el rendimiento promedio varió entre 101.00 kg/día (cuadrilla 1.3 PE, 65.26% de CAPECO equivalente) y 257.29 kg/día (cuadrilla 1 OP + 1.2 PE, 98.24%), identificándose cuadrillas que superaron el estándar ($0.8 \text{ OP} + 0.8 \text{ PE} = 216.26 \text{ kg/día}$, 113.54%; $1 \text{ OP} + 0.5 \text{ PE} = 221.89 \text{ kg/día}$, 124.26%) y otras con brechas importantes ($1 \text{ OP} + 1 \text{ OF} = 131.60 \text{ kg/día}$, 55.27%; $0.1 \text{ OP} + 2 \text{ PE} = 152.77 \text{ kg/día}$, 61.11%; $1 \text{ OP} + 2 \text{ PE} = 221.40 \text{ kg/día}$, 61.99% al compararse con el CAPECO adaptado a esa mayor dotación). Por número de trabajadores (Tabla 37), se confirma que el rendimiento no aumenta de forma proporcional con más personal: con 1.6 trabajadores se alcanzó 216.26 kg/día (113.54%), mientras que con 3.0 trabajadores se registró 231.60 kg/día, pero solo 64.85% del CAPECO ajustado para esa cuadrilla, lo que evidencia pérdidas por coordinación, esperas y/o interferencias. Finalmente, por vivienda y con rendimiento ajustado a la cuadrilla CAPECO de 2.1 trabajadores (Tabla 38), el promedio global fue 200.39 kg/día, equivalente a 80.16% de 250 kg/día; destacaron por encima del referencial V7 (310.64 kg/día; 124.26%), V5 (303.29 kg/día; 121.32%) y V10 (283.84 kg/día; 113.54%), mientras que los valores más bajos se registraron en V13 (123.97 kg/día; 49.59%), V6 (152.77 kg/día; 61.11%) y V9 (154.98 kg/día; 61.99%). En conjunto, estos resultados muestran que el desempeño en acero es sensible a la composición real de la cuadrilla y a la organización del trabajo, alcanzándose rendimientos competitivos solo en ciertas configuraciones, mientras que en la mayoría de viviendas el rendimiento ajustado se mantiene por debajo del valor referencial dado por CAPECO.

Tabla 36

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (kg)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (kg/día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (kg/día)	% que representa de CAPECO
0.1 OP + 2 PE	4.25	81.16	0.01		0.10	0.11	152.77	250.00	61.11%
0.8 OP + 0.8 PE	2.85	77.04	0.03		0.03	0.06	216.26	190.48	113.54%
1 OP + 0.5 PE	4.50	124.81	0.04		0.02	0.05	221.89	178.57	124.26%
1 OP + 1 OF	3.42	56.20	0.06	0.06	0.00	0.12	131.60	238.10	55.27%
1 OP + 1 PE	2.98	72.25	0.05	0.00	0.05	0.09	181.64	238.10	76.29%
1 OP + 1.2 PE	3.20	96.87	0.03		0.04	0.07	257.29	261.90	98.24%
1 OP + 2 PE	3.67	101.47	0.04		0.07	0.11	221.40	357.14	61.99%
1.3 PE	4.92	62.11	0.00		0.10	0.10	101.00	154.76	65.26%
1.5 OP	3.33	64.30	0.08		0.00	0.08	154.47	178.57	86.51%
2 OP + 1 PE	2.17	65.49	0.07		0.03	0.10	241.80	357.14	67.70%
2.3 OP	2.25	62.04	0.08		0.00	0.08	220.60	273.81	80.57%

Tabla 37

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de Avance diario (kg)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de Aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (kg/día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (kg/día)	% que representa de CAPECO
1.3	4.92	62.11	0.00		0.10	0.10	101.00	154.76	65.26%
1.5	3.92	94.56	0.06		0.01	0.07	188.18	178.57	105.38%
1.6	2.85	77.04	0.03		0.03	0.06	216.26	190.48	113.54%
2	3.03	70.47	0.05	0.03	0.04	0.10	176.08	238.10	73.95%
2.1	4.25	81.16	0.01		0.10	0.11	152.77	250.00	61.11%
2.2	3.20	96.87	0.03		0.04	0.07	257.29	261.90	98.24%
2.3	2.25	62.04	0.08		0.00	0.08	220.60	273.81	80.57%
3	2.92	83.48	0.05		0.05	0.10	231.60	357.14	64.85%

Tabla 38

Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Promedio de Op.	Promedio de Of.	Promedio de Pe.	Promedio de número de trabajadores	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (kg)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (kg/día)	Promedio de rendimiento ajustado (m ² /día) cuadrilla 2.1 trabajadores	Promedio de % que representa de CAPECO (250 kg/día)
1	1		1	2	3.50	104.61	0.03		0.03	0.07	235.35	247.11	98.85%
2	1		1	2	3.50	74.91	0.05		0.05	0.09	171.23	179.79	71.92%
3	1		1	2	4.17	83.42	0.05		0.05	0.10	160.17	168.18	67.27%
4	1		1	2	4.05	99.09	0.04		0.04	0.08	195.74	205.53	82.21%
5	1		1.2	2.2	2.40	95.32	0.03		0.03	0.06	317.74	303.29	121.32%
6	0.1		2	2.1	4.25	81.16	0.01		0.10	0.11	152.77	152.77	61.11%
7	1		0.5	1.5	4.50	124.81	0.04		0.02	0.05	221.89	310.64	124.26%
8	1.75		1	2.25	2.75	64.89	0.07		0.02	0.09	198.14	192.76	77.10%
9	1		2	3	3.67	101.47	0.04		0.07	0.11	221.40	154.98	61.99%
10	0.8		0.8	1.6	2.85	77.04	0.03		0.03	0.06	216.26	283.84	113.54%
11	1		1.15	1.65	2.80	37.44	0.03		0.08	0.10	126.74	161.62	64.65%
12	2.3			2.3	2.25	62.04	0.08		0.00	0.08	220.60	201.42	80.57%
13	1	1	1	2	2.21	34.64	0.07	0.03	0.04	0.14	118.07	123.97	49.59%
14	1		1.2	2.2	4.00	98.43	0.04		0.05	0.09	196.85	187.90	75.16%
15	1		1	2	3.45	85.51	0.04		0.04	0.08	198.28	208.19	83.28%
Total	1.09	1	1.125	2.04	3.24	77.18	0.04	0.03	0.04	0.09	191.03	200.39	80.16%

c) Preparación y vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U.

Para la preparación y vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U, los rendimientos locales en Chota son, en la mayoría de casos, superiores a los valores CAPECO. Por cuadrilla, el rendimiento promedio osciló entre 1.79 m³/día (0.4 OP + 1.4 PE; 117.98%) y 10.72 m³/día (1.7 OP + 8.3 PE; 126.86%), observándose que casi todas las configuraciones superan el 100% de CAPECO (1 OP + 1 PE = 114.61%, 1 OP + 5 PE = 114.87%, 1.5 OP + 1.5 PE = 118.86%, 1 OP + 1 OF + 2 PE = 117.10%); la principal excepción fue la cuadrilla 2 OP + 8 PE, que alcanzó 6.50 m³/día, pero representó solo 76.96% del referencial CAPECO equivalente (8.45 m³/día), por subutilización del personal cuando la dotación es alta. Al agrupar por número de trabajadores (Tabla 40), se confirma que no existe un incremento proporcional del rendimiento con más personal: con 1.8–2.0 trabajadores se obtuvieron rendimientos de 1.79–1.94 m³/día (114.61%–120.66%); con 6–6.7 trabajadores se logró 5.82–6.71 m³/día (114.87%–118.49%); y con 10 trabajadores se alcanzó 8.61 m³/día, que representa 101.91% del CAPECO equivalente. Finalmente, a nivel de vivienda con rendimiento ajustado a la cuadrilla CAPECO de 14.2 trabajadores y referencia 12 m³/día (Tabla 41), la mayor parte de viviendas supera el estándar, destacando V15 (15.22 m³/día; 126.87%), V3 (14.87 m³/día; 123.95%), V2 (14.55 m³/día; 121.28%), V10 (14.48 m³/día; 120.67%), y un grupo muy consistente alrededor de 14 m³/día (V7=14.05; V8=14.26; V9=14.22; V11=14.16; V13=14.06). En contraste, los menores valores ajustados se registraron en V5 (9.24 m³/día; 76.97%) y V1 (10.80 m³/día; 90.00%), seguidos de V6 (12.36 m³/día; 102.99%) y V14 (12.70 m³/día; 105.81%). En conjunto, el vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U, bajo las condiciones locales, logra rendimientos ajustados superiores a CAPECO.

Tabla 39

Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (m ³)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (m ³ /día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (m ³ /día)	% que representa de CAPECO
0.4 OP + 1.4 PE	4.45	1.00	1.78		6.24	8.02	1.79	1.52	117.98%
0.63 OP + 2.23 PE	3.67	1.14	2.02		7.18	9.19	2.48	2.41	102.99%
0.7 OP + 1.2 PE	4.00	0.97	2.89		4.95	7.85	1.94	1.61	120.66%
1 OP + 0.33 OF + 2.7 PE	1.83	0.91	2.02	0.67	5.39	8.08	3.96	3.38	117.20%
1 OP + 1 OF + 2 PE	2.83	1.40	2.02	2.02	4.04	8.08	3.96	3.38	117.10%
1 OP + 1 PE	4.83	1.17	4.13		4.13	8.26	1.94	1.69	114.61%
1 OP + 3 PE	3.70	1.55	2.29		6.87	9.16	3.57	3.38	105.64%
1 OP + 5 PE	2.79	2.01	1.38		6.91	8.29	5.82	5.07	114.87%
1 OP + 5.7 PE	1.45	1.22	1.19		6.80	7.99	6.71	5.66	118.49%
1.5 OP + 1.5 PE	4.92	1.85	3.98		3.98	7.96	3.01	2.54	118.86%
1.7 OP + 8.3 PE	0.77	1.03	1.27		6.19	7.46	10.72	8.45	126.86%
2 OP + 8 PE	1.27	1.03	2.46		9.84	12.30	6.50	8.45	76.96%
2.2 OP + 1.8 PE	1.43	0.69	4.56		3.73	8.29	3.86	3.38	114.21%

Tabla 40

Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de Tiempo (hr)	Promedio de avance diario (m ³)	Promedio de Aporte Op.	Promedio de Aporte Of.	Promedio de Aporte Pe.	Promedio de aporte unitario (hh)	Promedio de Rendimiento (m ³ /día)	Rendimiento CAPECO para las cuadrillas de estudio (m ³ /día)	% que representa de CAPECO
1.8	4.45	1.00	1.78		6.24	8.02	1.79	1.52	117.98%
1.9	4.00	0.97	2.89		4.95	7.85	1.94	1.61	120.66%
2	4.83	1.17	4.13		4.13	8.26	1.94	1.69	114.61%
2.85	3.67	1.14	2.02		7.18	9.19	2.48	2.41	102.99%
3	4.92	1.85	3.98		3.98	7.96	3.01	2.54	118.86%
4	2.70	1.22	2.64	1.34	5.38	8.55	3.78	3.38	111.96%
6	2.79	2.01	1.38		6.91	8.29	5.82	5.07	114.87%
6.7	1.45	1.22	1.19		6.80	7.99	6.71	5.66	118.49%
10	1.02	1.03	1.86		8.02	9.88	8.61	8.45	101.91%

Tabla 41

Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U en la ciudad de Chota, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Op.	Of.	Pe.	Número de trabajadores	Tiempo (hr)	Avance diario (m3)	Aporte Op.	Aporte Of.	Aporte Pe.	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m³/día)	Rendimiento ajustado (m³/día) cuadrilla de 14.2 trabajadores	% que representa de CAPECO (12 m³/día)
1	1		3	4.00	5.267	2.003	2.63		7.89	10.52	3.04	10.80	90.00%
2	1		3	4.00	2.13	1.09	1.95		5.85	7.81	4.10	14.55	121.28%
3	1		5	6.00	2.33	1.83	1.27		6.36	7.64	6.28	14.87	123.95%
4	1		1	2.00	4.83	1.17	4.13		4.13	8.26	1.94	13.75	114.62%
5	2		8	10.00	1.27	1.03	2.46		9.84	12.30	6.50	9.24	76.97%
6	0.63		2.23	2.85	3.67	1.14	2.02		7.18	9.19	2.48	12.36	102.99%
7	1	1	2	4.00	2.83	1.40	2.0	2.0	4.0	8.08	3.96	14.05	117.11%
8	1.5		1.5	3.00	4.92	1.85	3.98		3.98	7.96	3.01	14.26	118.87%
9	1		5.7	6.70	1.45	1.22	1.19		6.80	7.99	6.71	14.22	118.50%
10	0.7		1.2	1.90	4.00	0.97	2.89		4.95	7.85	1.94	14.48	120.67%
11	0.4		1.4	1.80	4.45	1.00	1.78		6.24	8.02	1.79	14.16	117.99%
12	2.2		1.8	4.00	1.43	0.69	4.56		3.73	8.29	3.86	13.71	114.22%
13	1	0.33	2.7	4.00	1.83	0.91	2.0	0.7	5.4	8.08	3.96	14.06	117.21%
14	1		5	6.00	3.25	2.18	1.49		7.46	8.95	5.36	12.70	105.81%
15	1.7		8.3	10.00	0.77	1.03	1.27		6.19	7.46	10.72	15.22	126.87%

d) Ratios.

Los ratios obtenidos muestran que el aumento del número de trabajadores no se tradujo en una reducción proporcional del consumo de mano de obra por unidad ejecutada. En habilitación y encofrado, las configuraciones cercanas a dos trabajadores presentaron el comportamiento más favorable; con 2.05 trabajadores se alcanzaron $12.80 \text{ m}^2/\text{día}$ y un ratio de 0.160 jornal/m^2 , equivalente a 1.281 hh/m^2 , mientras que al incrementarse la dotación hasta tres trabajadores, el rendimiento disminuyó a $10.11 \text{ m}^2/\text{día}$ y el ratio aumentó a 0.297 jornal/m^2 (2.374 hh/m^2). Esto evidencia que incorporar personal adicional sin ampliar el frente efectivo de trabajo puede incrementar el consumo de mano de obra por metro cuadrado.

En la habilitación y colocación de acero se observó un comportamiento similar. Los menores ratios se presentaron en cuadrillas reducidas e intermedias; para una dotación equivalente a 1.60 trabajadores se obtuvo un rendimiento de 216.26 kg/día y un ratio de 0.0074 jornal/kg (0.0592 hh/kg). En cambio, con tres trabajadores, el rendimiento alcanzó 231.60 kg/día , pero la razón aumentó a 0.0130 jornal/kg (0.1036 hh/kg). Por tanto, el incremento de la producción total no implicó necesariamente un mejor aprovechamiento individual de la mano de obra.

Para la preparación y el vaciado de concreto, los ratios oscilaron entre 0.979 y $1.161 \text{ jornales/m}^3$ en la mayoría de las configuraciones analizadas. La cuadrilla equivalente a 6.70 trabajadores alcanzó $6.71 \text{ m}^3/\text{día}$ con un ratio de $0.999 \text{ jornales/m}^3$ (7.988 hh/m^3), mientras que la dotación de 10 trabajadores elevó el rendimiento a $8.61 \text{ m}^3/\text{día}$, pero también incrementó el consumo a $1.161 \text{ jornales/m}^3$ (9.292 hh/m^3). Este comportamiento confirma que una cuadrilla más numerosa puede aumentar la producción diaria sin necesariamente mejorar la eficiencia en el uso de la mano de obra, lo que sustenta la conveniencia de emplear cuadrillas moderadas y de organizar

adecuadamente las funciones de preparación, transporte, izaje y colocación del concreto.

Tabla 42

Ratios de mano de obra según rendimiento y número de trabajadores en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U

Partida	N.º trabajadores	Rendimiento observado	Ratio de mano de obra (jornal/unidad)	Ratio equivalente (hh/unidad)
Habilitación y encofrado	1.00	5.83 m ² /día	0.172 jornal/m ²	1.372 hh/m ²
	1.20	6.76 m ² /día	0.178 jornal/m ²	1.420 hh/m ²
	1.29	8.54 m ² /día	0.151 jornal/m ²	1.208 hh/m ²
	1.40	6.94 m ² /día	0.202 jornal/m ²	1.614 hh/m ²
	1.50	7.21 m ² /día	0.208 jornal/m ²	1.664 hh/m ²
	1.60	8.38 m ² /día	0.191 jornal/m ²	1.527 hh/m ²
	2.00	10.50 m ² /día	0.190 jornal/m ²	1.524 hh/m ²
	2.05	12.80 m²/día	0.160 jornal/m²	1.281 hh/m²
	2.10	12.50 m ² /día	0.168 jornal/m ²	1.344 hh/m ²
	2.30	11.27 m ² /día	0.204 jornal/m ²	1.633 hh/m ²
	2.50	9.81 m ² /día	0.255 jornal/m ²	2.039 hh/m ²
	2.69	11.18 m ² /día	0.241 jornal/m ²	1.925 hh/m ²
	3.00	10.11 m ² /día	0.297 jornal/m ²	2.374 hh/m ²
Habilitación y colocación de acero	1.30	101.00 kg/día	0.0129 jornal/kg	0.1030 hh/kg
	1.50	188.18 kg/día	0.0080 jornal/kg	0.0638 hh/kg
	1.60	216.26 kg/día	0.0074 jornal/kg	0.0592 hh/kg
	2.00	176.08 kg/día	0.0114 jornal/kg	0.0909 hh/kg
	2.10	152.77 kg/día	0.0137 jornal/kg	0.1100 hh/kg
	2.20	257.29 kg/día	0.0086 jornal/kg	0.0684 hh/kg
	2.30	220.60 kg/día	0.0104 jornal/kg	0.0834 hh/kg
	3.00	231.60 kg/día	0.0130 jornal/kg	0.1036 hh/kg
Preparación y vaciado de concreto	1.80	1.79 m ³ /día	1.006 jornal/m ³	8.045 hh/m ³
	1.90	1.94 m ³ /día	0.979 jornal/m ³	7.835 hh/m ³
	2.00	1.94 m ³ /día	1.031 jornal/m ³	8.247 hh/m ³
	2.85	2.48 m ³ /día	1.149 jornal/m ³	9.194 hh/m ³
	3.00	3.01 m ³ /día	0.997 jornal/m ³	7.973 hh/m ³
	4.00	3.78 m ³ /día	1.058 jornal/m ³	8.466 hh/m ³
	6.00	5.82 m ³ /día	1.031 jornal/m ³	8.247 hh/m ³
	6.70	6.71 m³/día	0.999 jornal/m³	7.988 hh/m³
	10.00	8.61 m ³ /día	1.161 jornal/m ³	9.292 hh/m ³

4.1.3. Uso de los tiempos de producción durante la construcción de escaleras con forma geométrica de U

a) Habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U.

Durante la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U, la distribución global del tiempo de la cuadrilla se concentró en 35.96% de tiempo productivo (TP), 33.73% de tiempo contributorio (TC) y 30.32% de tiempo no contributorio (TNC), lo que evidencia que cerca de dos tercios de la jornada se destina a actividades productivas o de apoyo, pero se mantiene una fracción relevante de pérdidas por improductividad. Según la cuadrilla (Tabla 43), el TP osciló entre 21.88% y 50.98%: se observan mejores condiciones cuando la cuadrilla se amplía y se organiza por especialidad, como en 2 OP + 2 PE (TP=50.98%) y 2 OP (TP=45.88%), mientras que los mayores niveles de improductividad se registraron en cuadrillas poco balanceadas, especialmente 1 PE (TNC=60.00%) y 1 OP + 1 OF + 1 PE (TNC=41.44%), lo que sugiere mayor incidencia de esperas, tiempos muertos o descoordinación. Por número de trabajadores (Tabla 44), el TP se mantuvo alrededor de 38.07% con 1 trabajador y 35.30% con 2 trabajadores, disminuyó a 34.14% con 3 trabajadores, y alcanzó su valor más alto con 4 trabajadores (TP=50.98%, con TC=14.01%), lo que confirma que el incremento de personal no mejora por sí solo la productividad, sino que depende de una asignación eficiente de tareas; en paralelo, el TNC aumenta cuando la dotación llega a 3 trabajadores (35.71%) y se mantiene elevado con 4 (35.01%), reflejando que parte del personal puede quedar subutilizado si el flujo de trabajo no está controlado. Finalmente, por vivienda (Tabla 45), el TP varió entre 23.54% (V15) y 49.48% (V9), observándose viviendas con desempeño favorable como V9 (TP=49.48%), V11 (TP=48.56%), V5 (TP=43.13%) y V14 (TP=42.90%), mientras que los mayores TNC se concentraron en V10 (40.21%), V13 (38.23%) y V12

(36.81%); además, en varias viviendas el TC fue elevado (V15=50.04%, V1=44.80%, V6=44.03%), lo cual indica que una proporción considerable del tiempo se empleó en actividades de apoyo (acarreos, mediciones, preparación), afectando el tiempo estrictamente productivo del encofrado.

Figura 29

Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U

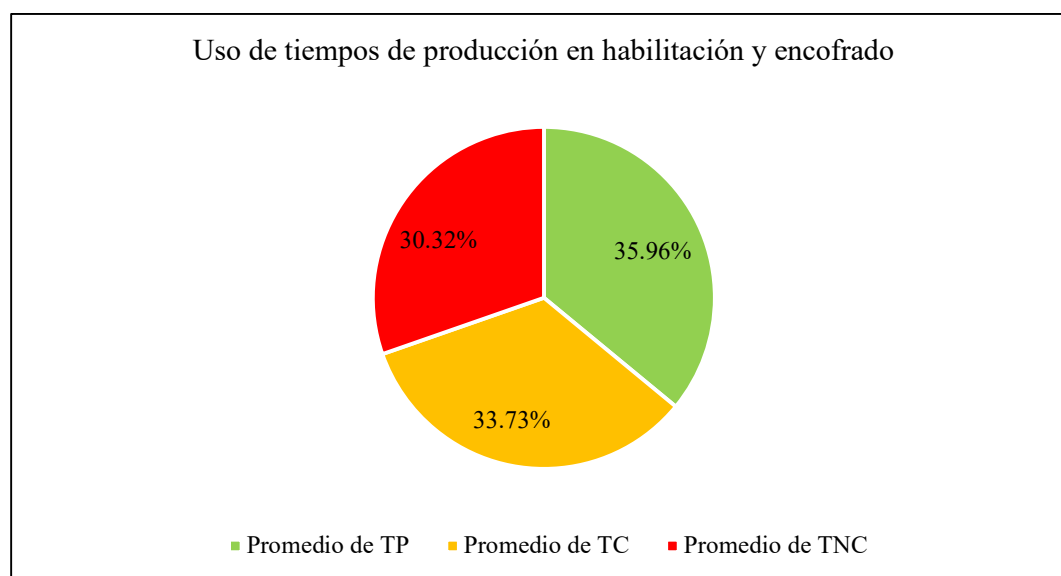


Tabla 43

Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1 OP	38.75%	35.59%	25.74%
1 OP + 1 OF + 1 PE	34.08%	24.49%	41.44%
1 OP + 1 PE	33.93%	36.81%	29.26%
1 OP + 1 PE	21.88%	46.04%	32.08%
1 OP + 2 PE	36.01%	35.38%	28.61%
1 PE	27.92%	12.08%	60.00%
2 OP	45.88%	26.17%	27.94%
2 OP + 1 PE	32.36%	33.40%	34.24%
2 OP + 2 PE	50.98%	14.01%	35.01%
Total	35.96%	33.73%	30.32%

Figura 30

Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla

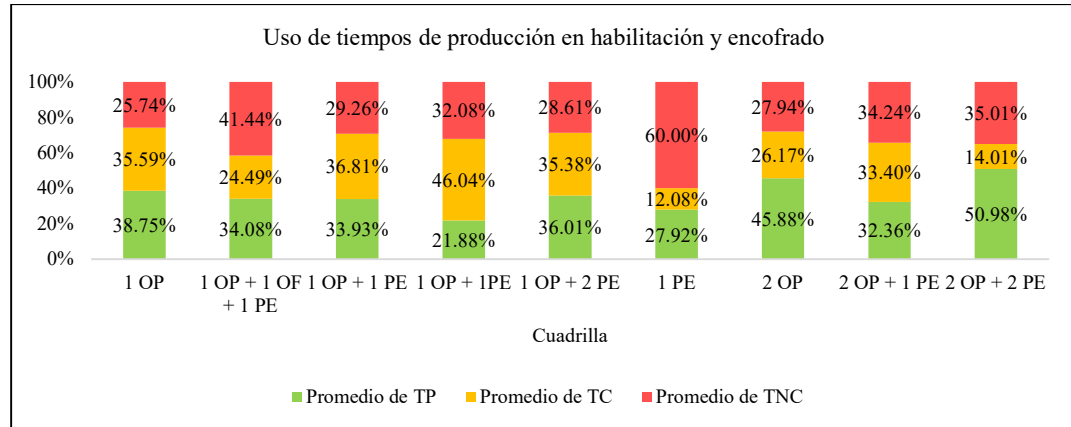


Tabla 44

Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	38.07%	34.12%	27.88%
2	35.30%	35.55%	29.15%
3	34.14%	30.15%	35.71%
4	50.98%	14.01%	35.01%
Total	35.96%	33.73%	30.32%

Figura 31

Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores

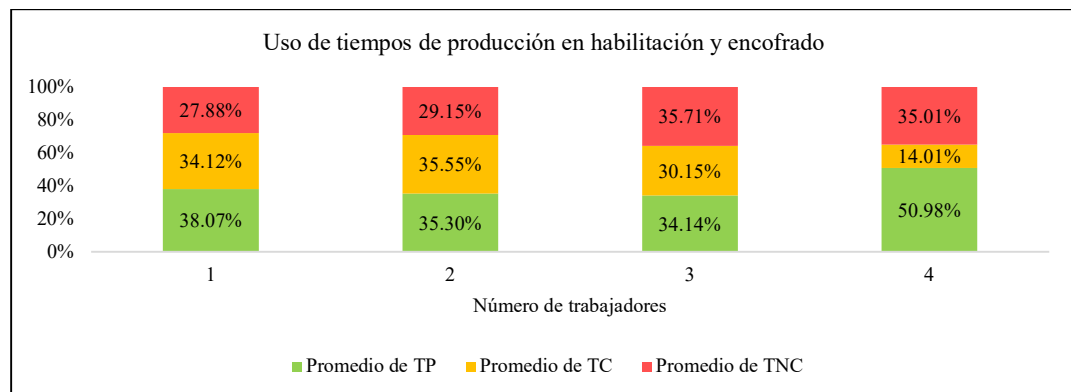


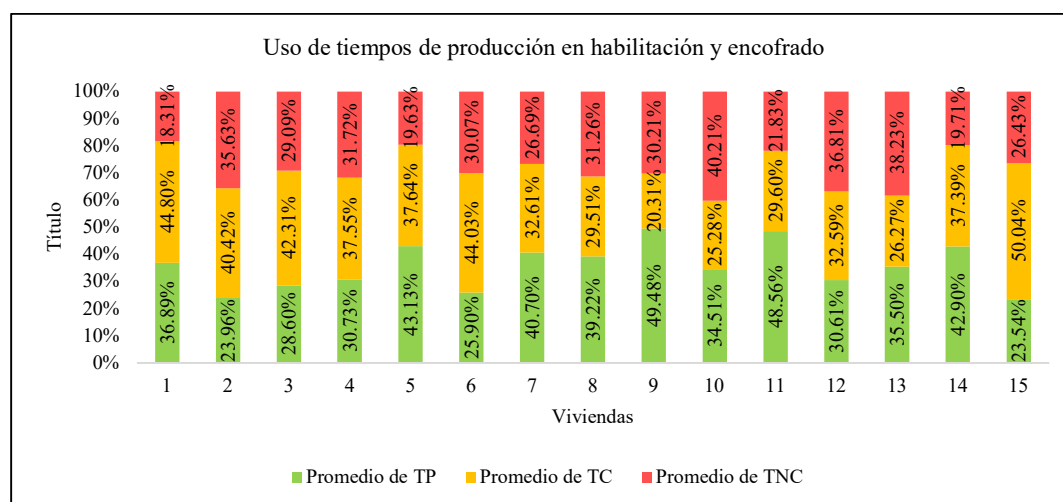
Tabla 45

Tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	36.89%	44.80%	18.31%
2	23.96%	40.42%	35.63%
3	28.60%	42.31%	29.09%
4	30.73%	37.55%	31.72%
5	43.13%	37.64%	19.63%
6	25.90%	44.03%	30.07%
7	40.70%	32.61%	26.69%
8	39.22%	29.51%	31.26%
9	49.48%	20.31%	30.21%
10	34.51%	25.28%	40.21%
11	48.56%	29.60%	21.83%
12	30.61%	32.59%	36.81%
13	35.50%	26.27%	38.23%
14	42.90%	37.39%	19.71%
15	23.54%	50.04%	26.43%
Total	35.96%	33.73%	30.32%

Figura 32

Uso de tiempos de producción en la habilitación y encofrado durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda



b) Habilitación y colocación del acero en escaleras con forma geométrica de U.

En la habilitación y colocación de acero de escaleras con forma geométrica de U, la distribución global del tiempo se orientó principalmente a actividades efectivas, con 48.64% de tiempo productivo (TP), 26.45% de tiempo contributivo (TC) y 24.91% de tiempo no contributivo (TNC), lo que representa un desempeño más favorable que el registrado en el encofrado, al concentrar casi la mitad de la jornada en producción directa y reducir las pérdidas por improductividad. Según la cuadrilla (Tabla 46), el TP varió entre 34.79% y 59.02%: la mayor productividad se alcanzó con la cuadrilla 1 OP + 2 PE (TP=59.02%; TNC=19.53%) y 1 OP + 2 PE (TP=59.02%), seguida por 1 OF (TP=51.02%) y 1 OP + 1 PE (TP=49.97%; TNC=21.81%), mientras que el desempeño más bajo se presentó en 2 OP (TP=34.79%; TNC=34.69%), lo cual sugiere que duplicar operarios sin una asignación complementaria de tareas puede incrementar interferencias, esperas o tiempos muertos. Por número de trabajadores (Tabla 47), los valores se mantuvieron relativamente estables (TP entre 48.15% y 49.77%), lo que indica que la dotación por sí sola no modifica sustancialmente la estructura del tiempo y que las variaciones dependen más de la organización interna del frente de trabajo; aun así, con 2 trabajadores se registró el menor TNC (24.45%) y con 1 trabajador, el TNC fue ligeramente mayor (26.26%). Finalmente, por vivienda (Tabla 48) se identificó una heterogeneidad importante: los mayores TP se registraron en V1 (70.10%) y V9 (69.10%), seguidos por V2 (64.79%), evidenciando frentes de trabajo con mejor continuidad y menos interrupciones (TNC cercano a 15%); en contraste, los menores TP se presentaron en V12 (32.62%; TNC=41.15%), V10 (39.71%; TNC=27.93%) y V8 (41.99%; TNC=25.69%), reflejando mayor proporción de tiempos improductivos o de apoyo. En conjunto, estos resultados muestran que la actividad de acero tiende a presentar un mayor tiempo productivo y una menor TNC que otras partidas, pero con

diferencias relevantes entre viviendas, asociadas a la forma de organización del trabajo y a la continuidad del proceso en obra.

Figura 33

Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U

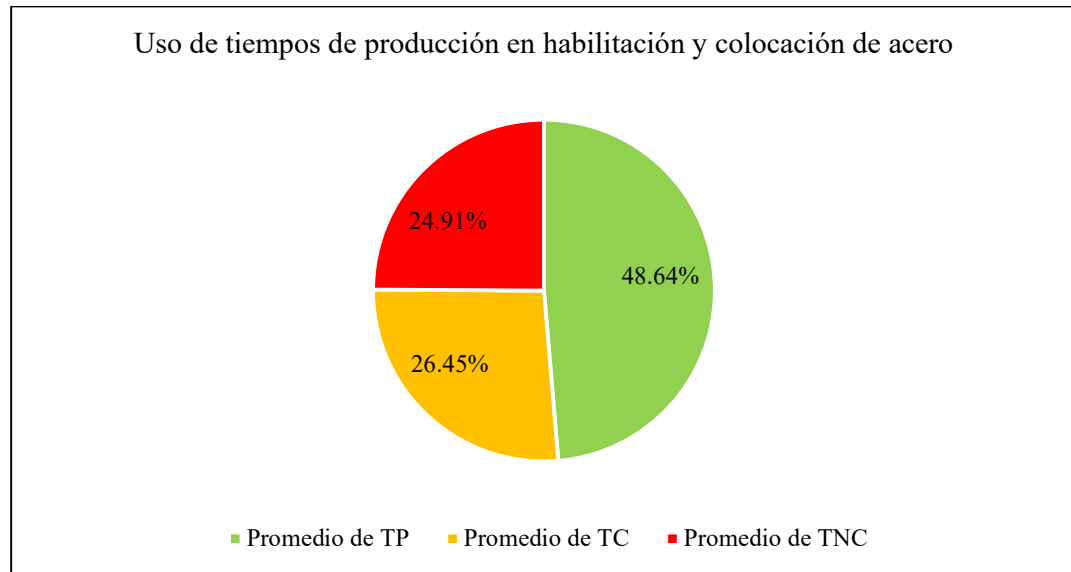


Tabla 46

Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1 OF	51.02%	18.37%	30.61%
1 OP	47.67%	26.79%	25.54%
1 OP + 1 OF	47.41%	22.09%	30.50%
1 OP + 1 PE	49.97%	28.22%	21.81%
1 OP + 2 PE	59.02%	21.45%	19.53%
2 OP	34.79%	30.52%	34.69%
2 OP + 1 PE	43.60%	27.32%	29.09%
2 PE	47.92%	25.42%	26.67%
Total	48.64%	26.45%	24.91%

Figura 34

Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla

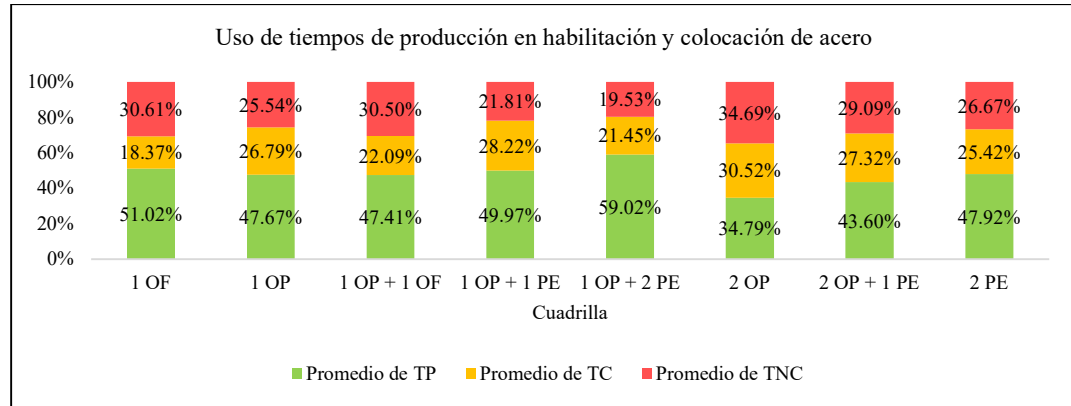


Tabla 47

Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	48.15%	25.59%	26.26%
2	48.36%	27.19%	24.45%
3	49.77%	24.97%	25.26%
Total	48.64%	26.45%	24.91%

Figura 35

Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores

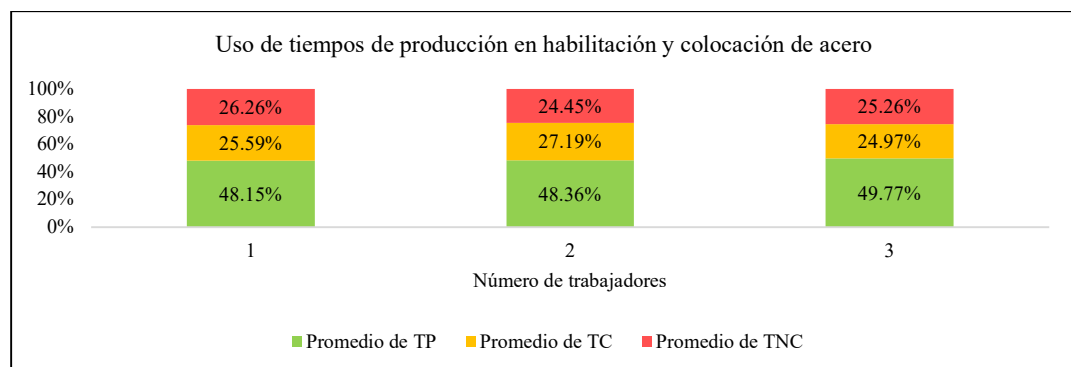


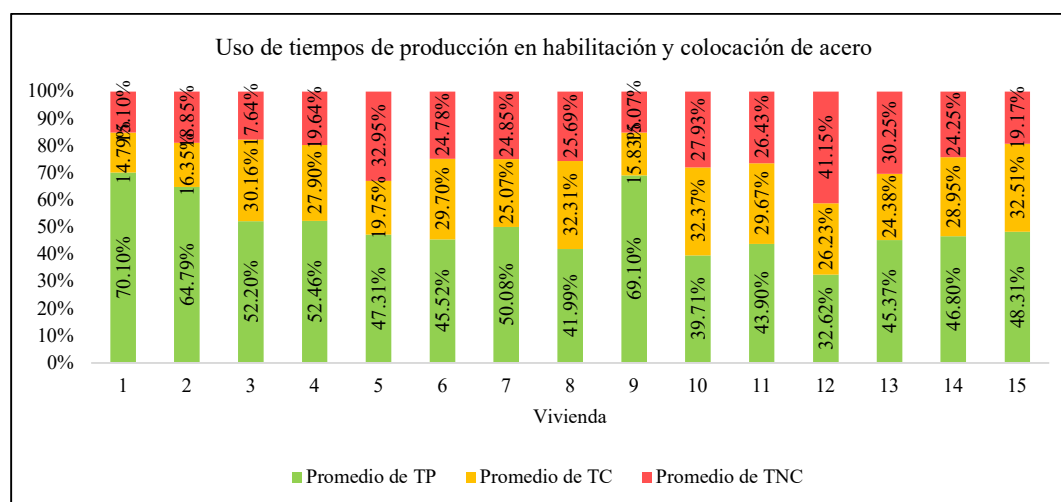
Tabla 48

Tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	70.10%	14.79%	15.10%
2	64.79%	16.35%	18.85%
3	52.20%	30.16%	17.64%
4	52.46%	27.90%	19.64%
5	47.31%	19.75%	32.95%
6	45.52%	29.70%	24.78%
7	50.08%	25.07%	24.85%
8	41.99%	32.31%	25.69%
9	69.10%	15.83%	15.07%
10	39.71%	32.37%	27.93%
11	43.90%	29.67%	26.43%
12	32.62%	26.23%	41.15%
13	45.37%	24.38%	30.25%
14	46.80%	28.95%	24.25%
15	48.31%	32.51%	19.17%
Total	48.64%	26.45%	24.91%

Figura 36

Uso de tiempos de producción en la habilitación y colocación de acero durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda



c) Preparación y vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U.

En la preparación y vaciado de concreto de escaleras con forma geométrica de U, la jornada de la cuadrilla se concentró principalmente en tiempo contributorio (TC), alcanzando en promedio 47.33%, mientras que el tiempo productivo (TP) fue 23.06% y el tiempo no contributorio (TNC) 29.61%, gran parte del tiempo se invierte en tareas de apoyo y logística (acarreos, preparación), reduciendo la proporción de producción directa. Por cuadrilla (Tabla 49), el TP varió ampliamente desde 0.00% (caso 1 OP, con TC=96.88%) hasta 39.86% (caso 3 PE, con TC=28.14%), destacándose también valores relativamente altos en 1 OF + 3 PE (TP=36.32%), 1 OP + 2 PE (31.84%) y 2 OP + 2 PE (30.29%); en contraste, las mayores pérdidas por improductividad se presentaron en configuraciones con alta dotación de peones, como 2 OP + 8 PE (TNC=50.24%) y 1 OP + 3 PE (TNC=50.03%), lo que sugiere tiempos muertos por interferencias y/o esperas durante el vaciado. Al agrupar por número de trabajadores (Tabla 50), se confirma que el aumento de dotación no mejora la productividad: con 2 trabajadores el TNC fue bajo (18.11%) y el TP alcanzó 23.76%, mientras que con 10 trabajadores el TP cayó a 8.71% y el TNC se elevó a 50.24%; además, con 6 trabajadores se registró un comportamiento más eficiente (TP=29.93% y TNC=17.89%), lo que indica que la eficiencia depende del balance de roles y del control del flujo de trabajo más que del tamaño de la cuadrilla. Finalmente, por vivienda (Tabla 51) se observó heterogeneidad relevante: los mayores TP se registraron en V14 (38.33%; TNC=10.90%) y V6 (37.50%; TNC=33.58%), mientras que los menores TP ocurrieron en V15 (8.46%; TNC=45.61%) y V5 (8.95%; TNC=54.87%); asimismo, las mayores proporciones de TNC se concentraron en V5 (54.87%), V2 (49.38%) y V15 (45.61%), evidenciando frentes con mayores interrupciones o esperas, mientras que en V4 el TC fue especialmente alto (67.60%) con TNC reducido (15.94%), indicando

predominio de actividades de apoyo con menor pérdida por improductividad. En conjunto, el vaciado de concreto presenta una dinámica en la que el TC domina y el TP es menor, y la eficiencia del tiempo se ve condicionada por la organización de la logística y el control de interrupciones durante la preparación y colocación del concreto.

Figura 37

Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U

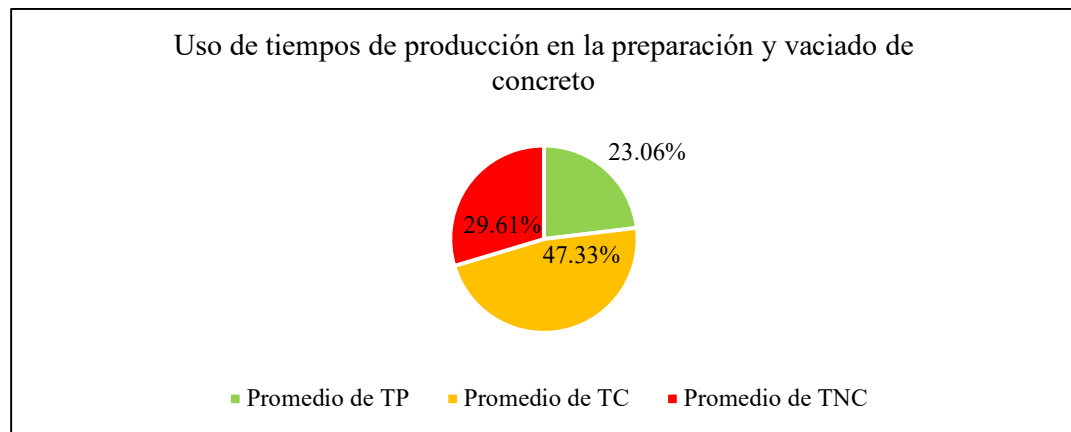


Tabla 49

Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la cuadrilla

Cuadrilla	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1 OF + 3 PE	36.32%	29.30%	34.37%
1 OP	0.00%	96.88%	3.13%
1 OP + 1 OF + 2 PE	14.28%	62.53%	23.19%
1 OP + 1 OF + 6 PE	11.44%	48.76%	39.80%
1 OP + 1 PE	23.76%	58.13%	18.11%
1 OP + 2 PE	31.84%	31.55%	36.62%
1 OP + 3 PE	14.10%	35.87%	50.03%
1 OP + 5 PE	29.93%	52.18%	17.89%
1 PE	13.33%	62.92%	23.75%
2 OP + 10 PE	14.77%	54.01%	31.22%
2 OP + 2 PE	30.29%	38.96%	30.75%
2 OP + 8 PE	8.71%	41.05%	50.24%
3 OP + 4 PE	17.47%	54.62%	27.90%
3 PE	39.86%	28.14%	32.00%
Total	23.06%	47.33%	29.61%

Figura 38

Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto por cuadrilla

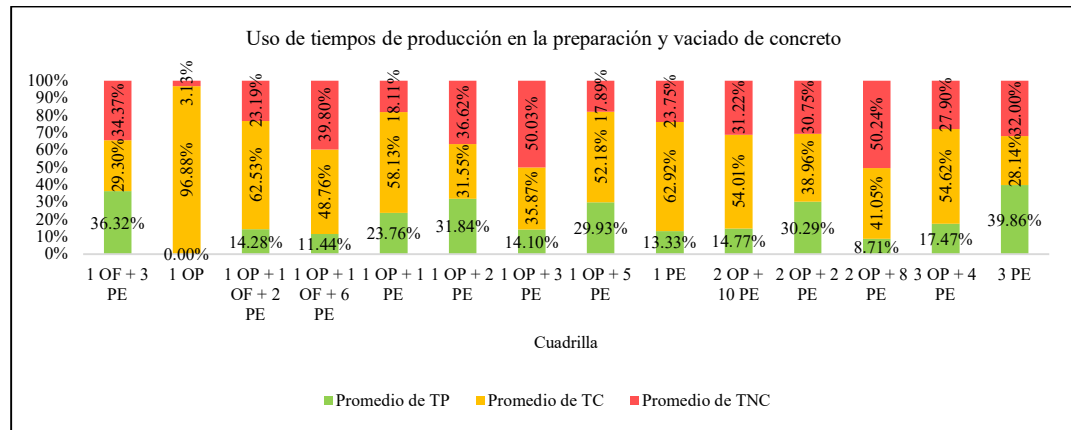


Tabla 50

Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con el número de trabajadores

Número de trabajadores	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	10.00%	71.41%	18.59%
2	23.76%	58.13%	18.11%
3	32.98%	31.06%	35.96%
4	24.48%	41.36%	34.16%
6	29.93%	52.18%	17.89%
7	17.47%	54.62%	27.90%
8	11.44%	48.76%	39.80%
10	8.71%	41.05%	50.24%
12	14.77%	54.01%	31.22%
Total	23.06%	47.33%	29.61%

Figura 39

Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto por número de trabajadores

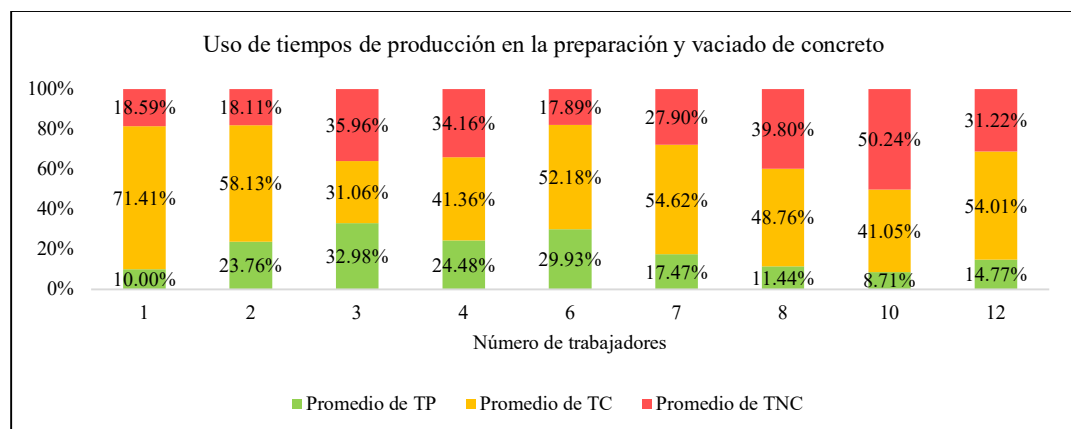


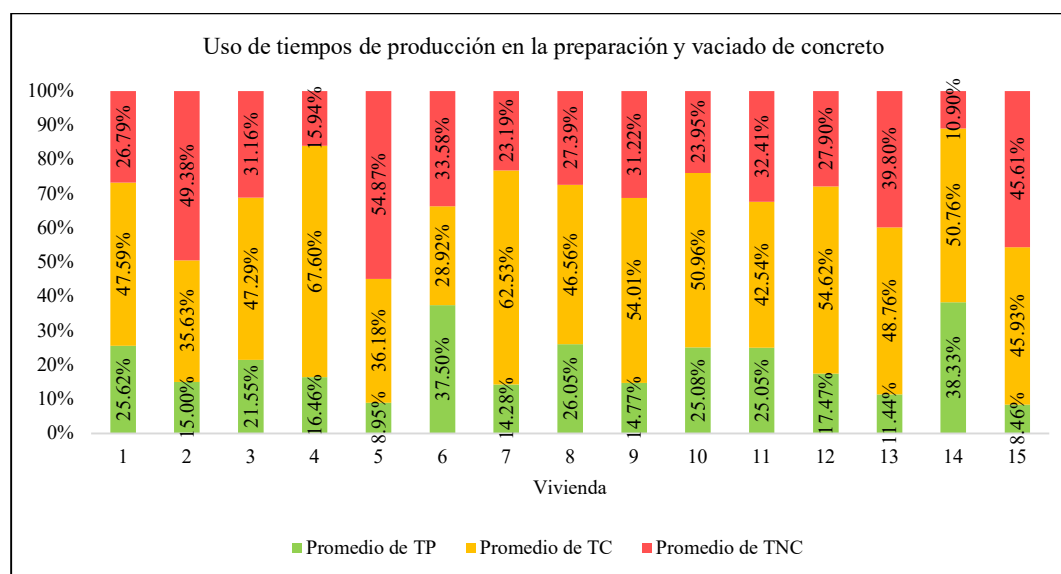
Tabla 51

Tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda

Vivienda	Promedio de TP	Promedio de TC	Promedio de TNC
1	25.62%	47.59%	26.79%
2	15.00%	35.63%	49.38%
3	21.55%	47.29%	31.16%
4	16.46%	67.60%	15.94%
5	8.95%	36.18%	54.87%
6	37.50%	28.92%	33.58%
7	14.28%	62.53%	23.19%
8	26.05%	46.56%	27.39%
9	14.77%	54.01%	31.22%
10	25.08%	50.96%	23.95%
11	25.05%	42.54%	32.41%
12	17.47%	54.62%	27.90%
13	11.44%	48.76%	39.80%
14	38.33%	50.76%	10.90%
15	8.46%	45.93%	45.61%
Total	23.06%	47.33%	29.61%

Figura 40

Uso de tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto durante la ejecución de escaleras con forma geométrica de U, de acuerdo con la vivienda



4.1.4. Flujo de trabajo óptimo en la construcción de escaleras con forma geométrica de U

La Tabla 52 a Tabla 55 integran una propuesta operativa para maximizar rendimiento y productividad en escaleras de concreto armado de U, a partir de los patrones observados en las 15 viviendas, donde el rendimiento se ve condicionado principalmente por la logística de abastecimiento, la altura/nivel de ejecución, la configuración geométrica (2 tramos vs 3 tramos) y la continuidad del frente de trabajo. En la Tabla 52 se plantea una cuadrilla óptima base por partida que busca mantener al operario en tareas de valor (montaje/ajuste, armado/amarre, control de vaciado) y descargar la logística en peones; así, para encofrado se recomienda 1 OP + 1 PE y, en condición exigente, adicionar 0.5 PE logístico para evitar interrupciones por acarreo cuando existen 3 tramos + 2 descansos, frentes altos (5.º–6.º) o acopios lejanos (sótano/vía pública); para acero se mantiene 1 OP + 1 PE, incrementando a 1 OP + 2 PE cuando hay izajes y trasvases, de modo que un peón quede dedicado a logística y se asegure un buffer mínimo de piezas habilitadas antes de la colocación; y para concreto se propone una cuadrilla moderada y diferenciada por método de mezcla (mezcladora: 1 OP + 1 OF + 4 PE; palana: 1 OP + 1 OF + 3 PE), ampliándose a 1 OP + 1 OF + 5 PE solo en alturas con winche y circuito definido, evitando la sobredotación que incrementa TNC por congestión.

La Tabla 53 operacionaliza esta propuesta mediante una distribución explícita de roles que ataca directamente los tiempos contributorios y no contributorios: el OP y el OF se concentran en control geométrico, calidad y continuidad (replanteo, rigidización, recubrimientos, secuencia de vaciado y acabado), mientras que los peones se asignan por estaciones (kitting/acopio, izaje/recepción, transporte interno), incorporando indicadores simples de control en obra (p. ej., “OP sin interrupciones por logística” y “buffer de acero del siguiente tramo listo”). La Tabla 54 organiza el flujo

de trabajo maestro con puntos “STOP” en cada fase (planificación, liberación de encofrado, verificación de acero, control de consistencia/continuidad del concreto y desencofrado), de manera que se garantice la secuencia sin retrabajos ni esperas, logrando como resultado esperado un frente continuo en la fiertería y un vaciado sin pausas largas ni juntas frías.

Finalmente, la Tabla 55 funciona como una matriz de decisión logística que permite seleccionar el escenario operativo óptimo según condiciones reales de obra (nivel, acceso, método de mezcla y transporte), priorizando estrategias como mini-acopios por nivel, kitting previo, circuito único sin cruces y peón dedicado a izaje/recepción en frentes altos o de difícil acceso, con el propósito de reducir recorridos improductivos, eliminar colas de espera y estabilizar el ciclo de producción en las tres partidas críticas.

Tabla 52

Propuesta de cuadrilla óptima por partida (escalera con forma geométrica de U)

Partida	Cuadrilla óptima base (condición estándar)	Cuadrilla óptima para condición exigente	Condición exigente típica (según tus 15 viviendas)	Enfoque de optimización
A. Habilitación + encofrado (incluye desencofrado)	1 OP + 1 PE	1 OP + 1 PE + 0.5 PE (logístico)	Escalera con 3 tramos + 2 descansos , frentes altos (5.º–6.º), acopio lejano (sótano/vía pública)	Evitar que el OP haga acarreos; “kitting” de madera por tramo y descanso
B. Habilitación + colocación de acero	1 OP + 1 PE	1 OP + 2 PE (1 PE dedicado a logística)	Izaje con winche/cuerda , habilitado fuera del frente, recorridos largos y trasvases (balde–carretilla)	Mantener buffer de acero habilitado al pie del frente; separar habilitado vs colocación continua
C. Preparación + transporte + vaciado de concreto (incluye compactación y acabado inicial)	Con mezcladora: 1 OP + 1 OF + 4 PE (6 pers.) Con palana: 1 OP + 1 OF + 3 PE (5 pers.)	Con winche/alturas: 1 OP + 1 OF + 5 PE (7 pers., solo si hay circuito definido)	Niveles altos y restricciones de acceso; necesidad de operador de izaje y receptor/trasvasador	Evitar sobredotación; definir circuito único y roles fijos por estación (mezcla–izaje–recepción–transporte interno–vaciado)

Nota. OP = Operario; OF = Oficial; PE = Peón. “PE logístico” = apoyo dedicado a acopio/izaje/recepción y abastecimiento al frente.

Tabla 53

Distribución de roles y responsabilidades por partida

Partida	Rol	Responsabilidades críticas (para reducir TC y TNC)	Indicador de control en obra
Encofrado	OP (carpintero)	Replanteo, niveles, plomos; montaje y rigidización; verificación final “STOP”	Encofrado rígido, alineado y sin juego; liberación formal para acero
Encofrado	PE (ayudante)	Acarreos y “kitting” de madera; corte simple; limpieza; abastecimiento a distancia brazo	Madera por lotes (descanso/tramo) lista y cerca del frente
Encofrado (exigente)	0.5 PE (logístico)	Subida/bajada de piezas, recepción en nivel, orden de acopios temporales	OP sin interrupciones por logística (>80% del tiempo en montaje/ajuste)
Acero	OP (fierro)	Habilitado fino, armado, amarres, recubrimientos; control de continuidad	Recubrimiento correcto y amarre completo antes de vaciado
Acero	PE (ayudante)	Corte, limpieza, entrega ordenada; apoyo de amarres; traslado interno	Flujo continuo sin esperas por falta de acero
Acero (exigente)	PE logístico	Izaje/recepción; traslado a mini-acopio; buffer de piezas habilitadas	Buffer mínimo: piezas del siguiente tramo listas (sin “habilitar a demanda”)
Concreto	OP (capataz/concretero)	Control de dosificación, secuencia de vaciado, ritmo del ciclo; coordinación de roles	Ciclo estable (sin pausas largas); continuidad de vaciado
Concreto	OF (colocador/acabador)	Guía de vaciado, compactación, nivelación inicial, acabado inmediato	Superficie sin segregación y con compactación uniforme
Concreto	PE-1 (mezcla)	Alimentación de mezcladora/palana; control de insumos y limpieza inmediata	Mezcla sin esperas; insumos al costado del punto de mezcla
Concreto	PE-2 (transporte primario)	Llenado y salida de baldes / apoyo en carretilla	No se rompe el ritmo del frente por falta de concreto
Concreto	PE-3 (izaje/recepción)	Operación de winche/cuerda, recepción y trasvase ordenado	Trasvase sin congestión; cola de espera controlada
Concreto	PE-4 (transporte interno)	Carretilla/balde al frente; retorno; orden del circuito	Circuito único sin cruces ni interferencias

Tabla 54

Flujo de trabajo óptimo propuesto y puntos “de control” de control (flujograma maestro)

Fase	Actividad principal	Subactividades operativas	Acción de control (punto “STOP”)	Resultado esperado
0	Planificación y acondicionamiento	Revisión geométrica; definición de acopios; decisión de transporte (balde/cuerda/winche); checklist de herramientas	No iniciar sin acopio mínimo (madera + acero base + insumos completos)	Reducción de esperas y recorridos improductivos
1	Encofrado	Replanteo; habilitado por lotes (descanso/tramos); montaje; rigidización; limpieza y desmoldante si aplica	Encofrado rígido , alineado, nivelado y limpio; liberación formal para acero	Continuidad para fierriería sin retrabajos
2	Acero	Habilitado por paquetes; izaje/traslado a mini-acopio; armado; amarres; separadores; verificación	Recubrimientos y amarres verificados ; frente libre para vaciado	Evitar desplazamientos de acero durante vaciado
3	Concreto	Preparación (palana/mezcladora); transporte (balde/carretilla/winche/canaleta); vaciado por secuencia; compactación; acabado inicial	Control de consistencia y continuidad; circuito único sin cruces; evitar pausas largas	Vaciado continuo, sin segregación ni juntas frías
4	Desencofrado y liberación	Desencofrado programado; revisión de defectos; limpieza; retiro de acopios temporales	Verificación visual de acabado y limpieza del frente	Frente liberado para partidas posteriores

Tabla 55

Matriz de decisión logística (selección de escenario operativo)

Criterio de obra	Opción	Implicancia en rendimiento	Decisión recomendada (para optimizar)
Nivel de ejecución	1.º–2.º	Recorridos cortos si acopio cercano	Mantener acopio interno (ambiente continuo) + circuito baldes
Nivel de ejecución	3.º–6.º	Aumenta TC por izajes/trasvases	Implementar mini-acopio por nivel + PE logístico
Acceso en planta	Frontal	Menor fricción de abastecimiento	Acopio organizado en zona de ingreso y ruta definida
Acceso en planta	Fondo/centro/sótano	Mayor tiempo de traslado y esperas	Traslado previo de materiales (“kitting”) antes de iniciar
Preparación de mezcla	Mezcladora	Mejora constancia y control	Preferir mezcladora si hay espacio; roles fijos por estación
Preparación de mezcla	Palana	Dependiente de espacio y coordinación	Aplicar cuadrilla moderada (5 pers.) y control estricto del circuito
Medio de transporte	Baldes	Alta dependencia del circuito y distancias	Circuito único + roles fijos (llenado–transporte–vaciado)
Medio de transporte	Winche/cuerda	Reduce subida, pero genera trasvases y colas	PE dedicado a izaje/recepción para evitar esperas del frente

Figura 41 *Flujograma maestro optimizado para la ejecución de escaleras de concreto armado de U, considerando puntos de control*

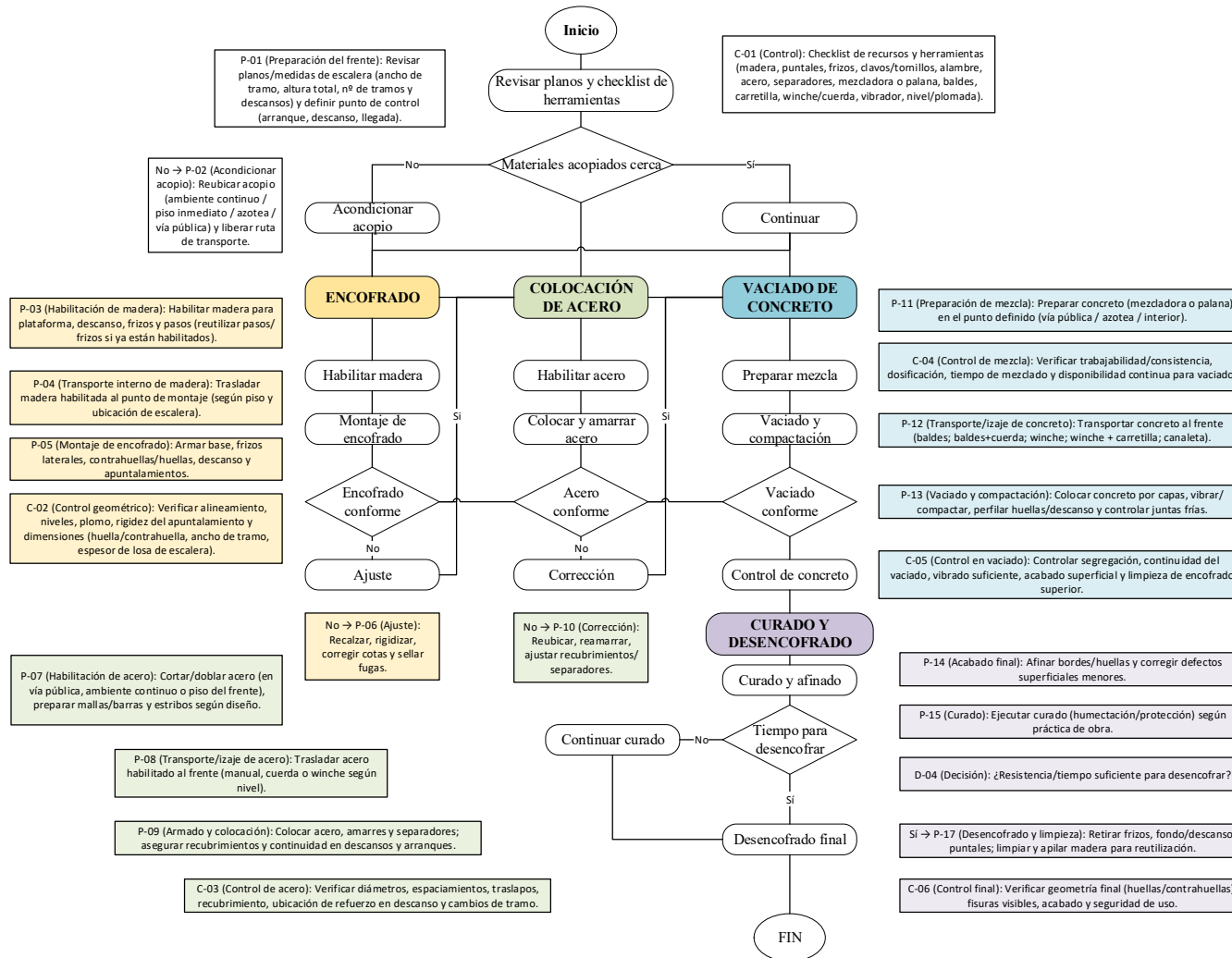
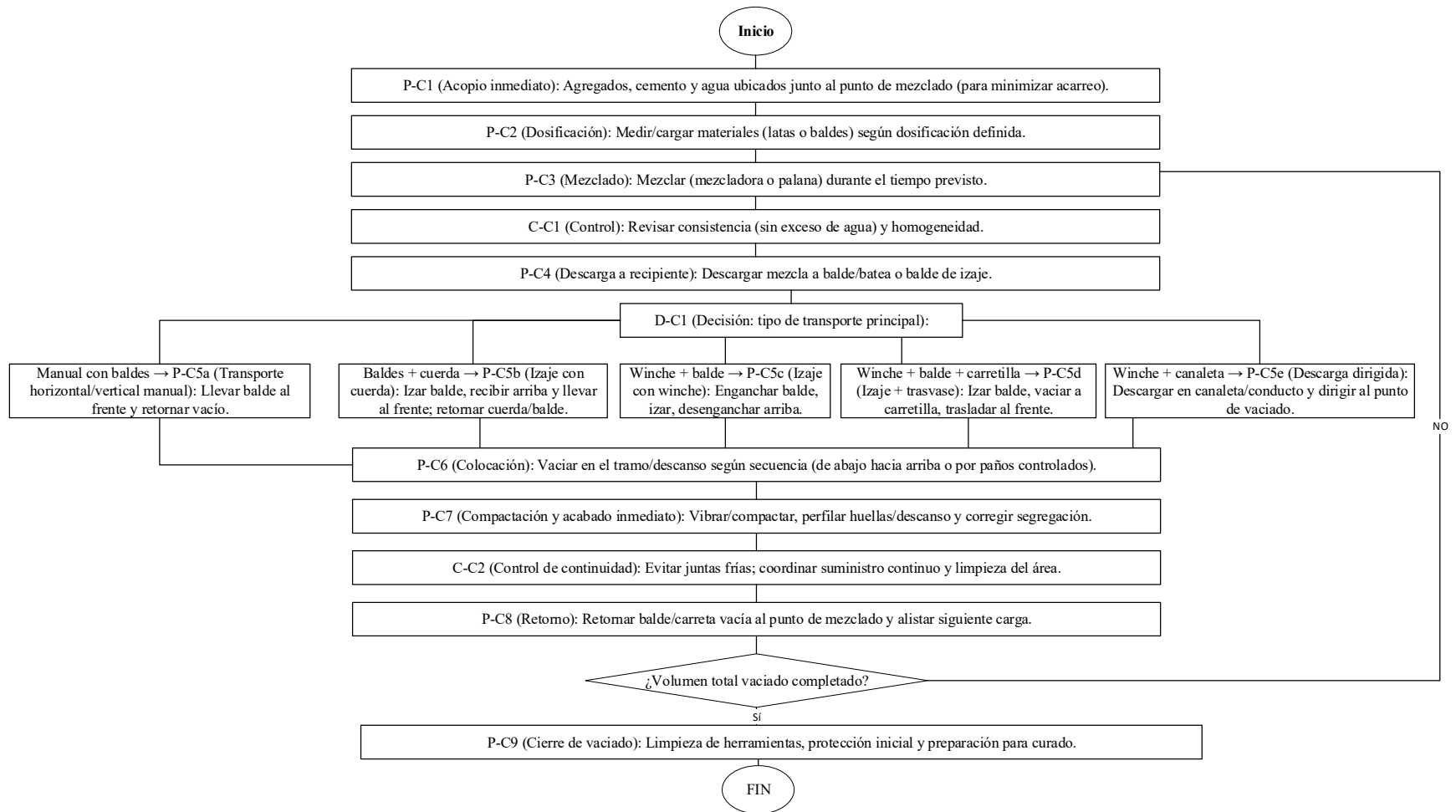


Figura 42

Circuito de trabajo para preparación–transporte–vaciado de concreto



4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis se realizó en el software Minitab 22, con el propósito de determinar si el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, fueron menores que los valores referenciales utilizados para la comparación técnica. Para el rendimiento, se consideraron como valores de referencia los rendimientos del compendio de la Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO] (2006): 9.90 m²/día para habilitación y encofrado, 250 kg/día para habilitación y colocación de acero, y 12 m³/día para preparación y vaciado de concreto. Para la productividad, se utilizó como criterio técnico el porcentaje de tiempo productivo (TP), tomando como umbral de referencia el 50%.

El umbral del 50% para el tiempo productivo se asumió con base en el enfoque de análisis de productividad propuesto por Ghio Castillo (2001), quien clasifica el trabajo en obra en tiempo productivo, tiempo contributorio y tiempo no contributorio, con el fin de diagnosticar la eficiencia real de las actividades constructivas. Desde esta perspectiva, un TP igual o superior al 50% indica que la mayor parte de la jornada se dedica a actividades que agregan valor directo al avance físico de la partida, mientras que valores inferiores evidencian un predominio relativo de actividades de apoyo, esperas, desplazamientos, interferencias o pérdidas. Por ello, dicho valor no se utilizó como una exigencia normativa, sino como un criterio técnico de comparación para determinar si el trabajo directo predominó sobre los tiempos indirectos o improductivos durante la ejecución de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U.

a) Hipótesis.

H₀: El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de

Chota, 2023-2024, son mayores o iguales que los valores referenciales de comparación técnica.

H₁: El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, son menores que los valores referenciales de comparación técnica.

Debido a que la hipótesis general integra indicadores con unidades de medida diferentes, la contrastación se realizó de manera independiente por partida y por indicador. En ese sentido, se evaluó el rendimiento en habilitación y encofrado, colocación de acero, preparación y vaciado de concreto; asimismo, se evaluó el tiempo productivo (TP) como indicador de productividad en las mismas partidas.

b) Hipótesis específicas para rendimiento.

Para el rendimiento de la mano de obra se plantearon los siguientes contrastes específicos:

Habilitación y encofrado

H₀: $\mu \geq 9.90 \text{ m}^2/\text{día}$

H₁: $\mu < 9.90 \text{ m}^2/\text{día}$

Habilitación y colocación de acero

H₀: $\mu \geq 250 \text{ kg/día}$

H₁: $\mu < 250 \text{ kg/día}$

Preparación y vaciado de concreto

H₀: $\mu \geq 12 \text{ m}^3/\text{día}$

H₁: $\mu < 12 \text{ m}^3/\text{día}$

c) Hipótesis específicas para productividad.

Para medir la productividad, se utilizó el tiempo productivo (TP) como indicador de la eficiencia de la jornada laboral. El contraste se realizó tomando como

referencia el umbral técnico de 50%, de acuerdo con la clasificación de tiempos de trabajo en obra propuesta por Ghio Castillo (2001).

Tiempo productivo en las diferentes partidas

$$H_0: \mu \geq 0.50$$

$$H_1: \mu < 0.50$$

d) Criterio de análisis.

La contrastación se realizó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. En cada prueba unilateral a la izquierda, se rechazó H_0 cuando el valor p fue menor o igual a 0.05; en cambio, no se rechazó H_0 cuando el valor p fue mayor que 0.05. Por tanto, cuando $p \leq 0.05$, se aceptó evidencia estadística suficiente para afirmar que el promedio observado era menor que el valor referencial; mientras que, cuando $p > 0.05$, se concluyó que no existía evidencia suficiente para afirmar que el promedio observado fuera menor que dicho valor.

e) Prueba de normalidad.

Antes de aplicar la prueba t de Student de una muestra, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson-Darling. En el rendimiento de la mano de obra, las tres partidas presentaron valores de p mayores que 0.05, por lo que se asumió un comportamiento compatible con la distribución normal. En el caso del tiempo productivo, la habilitación y colocación de acero y la preparación y vaciado de concreto también presentaron valores p mayores que 0.05; mientras que la habilitación y encofrado obtuvo un valor p igual a 0.05, considerado límite, pero aceptable para continuar con el análisis paramétrico, debido al tamaño de la muestra y al propósito comparativo del estudio.

Tabla 56*Análisis de normalidad del rendimiento de la mano de obra*

Partida	Media	N	AD	Valor p
Habilitación y encofrado	10.79	40	0.319	0.521
Habilitación y colocación de acero	200.4	19	0.491	0.194
Preparación y vaciado de concreto	4.378	15	0.600	0.097

Nota. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Anderson-Darling, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Tabla 57*Análisis de normalidad del tiempo productivo (TP) de la mano de obra*

Partida	Media	N	AD	Valor p
Habilitación y encofrado	0.3596	66	1.689	0.05
Habilitación y colocación de acero	0.4864	45	0.421	0.310
Preparación y vaciado de concreto	0.2306	33	0.638	0.088

Nota. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Anderson-Darling, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

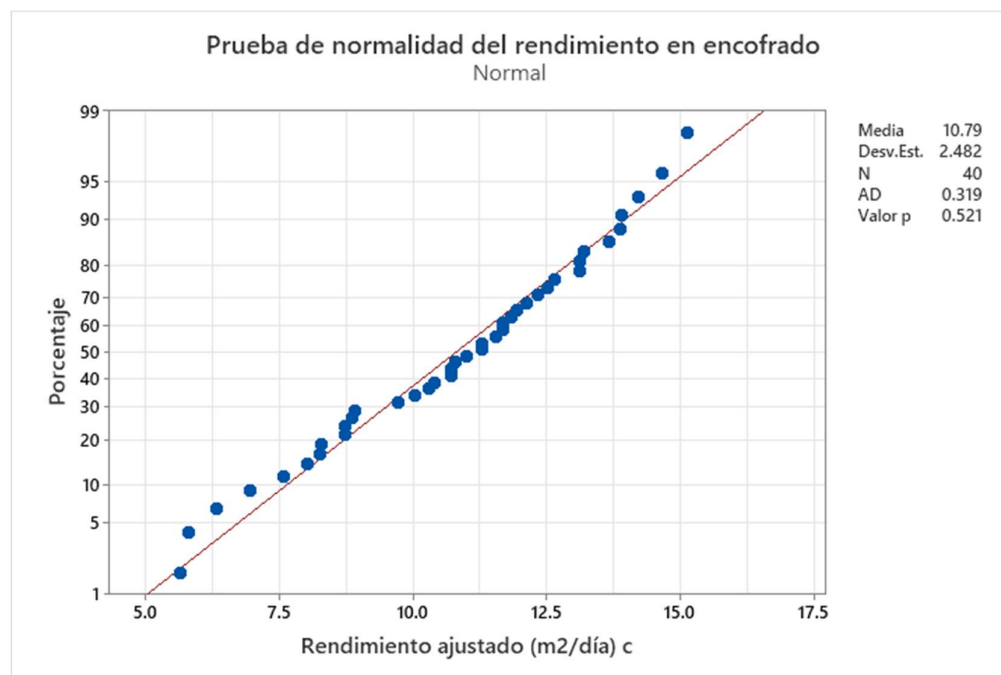
Figura 43*Prueba de normalidad del rendimiento en encofrado*

Figura 44

Prueba de normalidad del rendimiento en acero

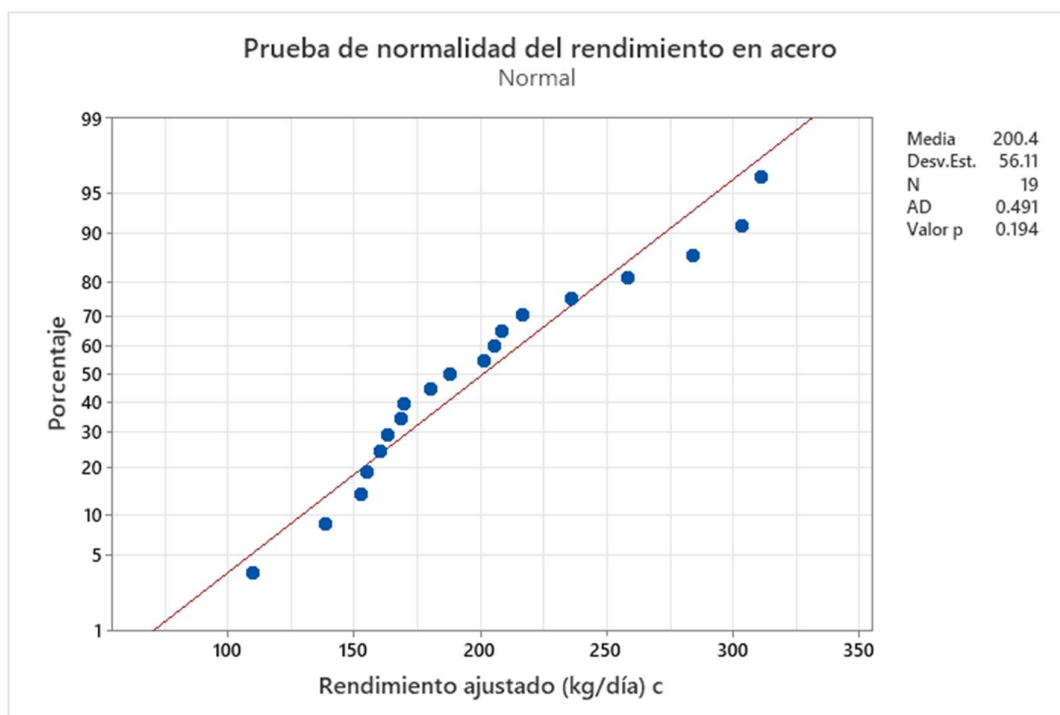


Figura 45

Prueba de normalidad del rendimiento en concreto

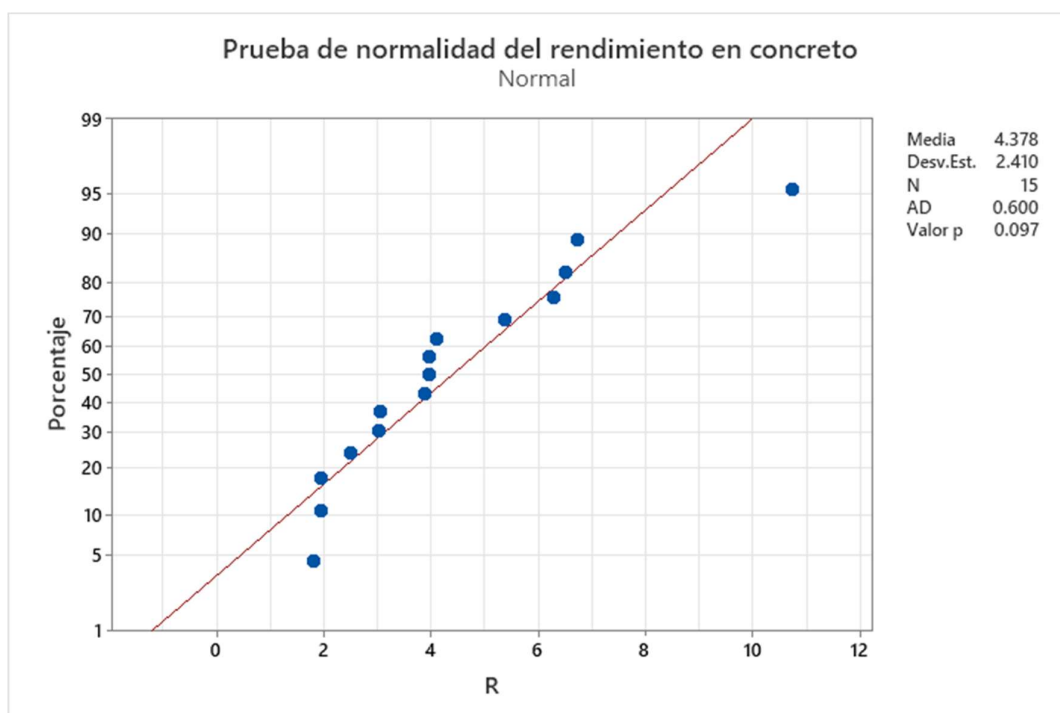


Figura 46

Prueba de normalidad del TP en encofrado

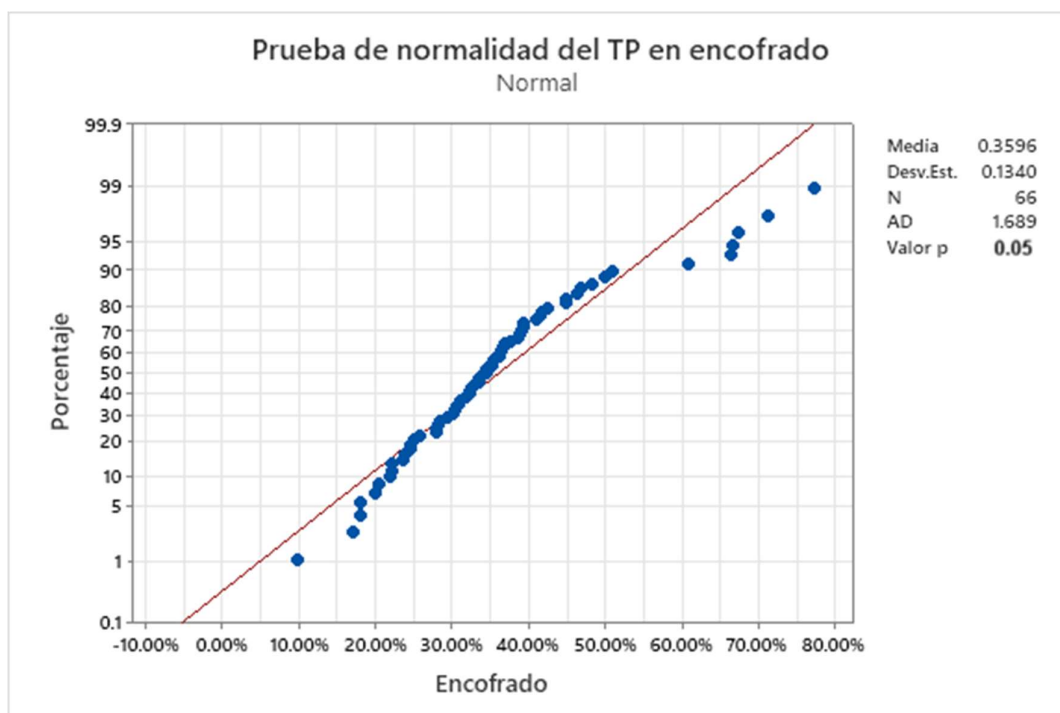


Figura 47

Prueba de normalidad del TP en acero

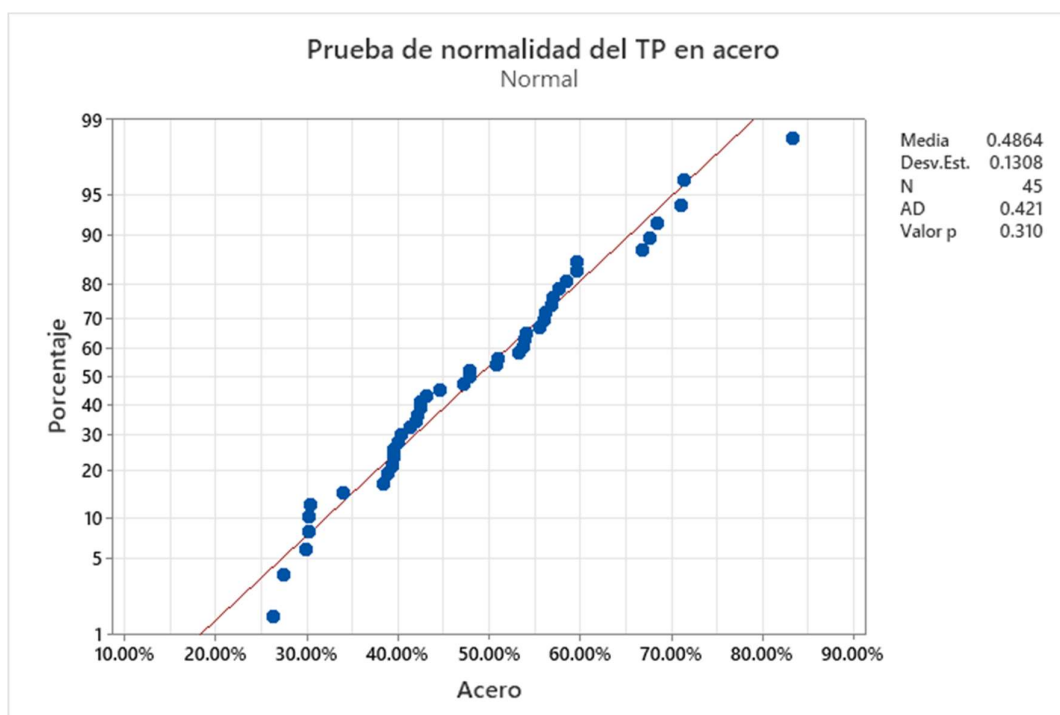
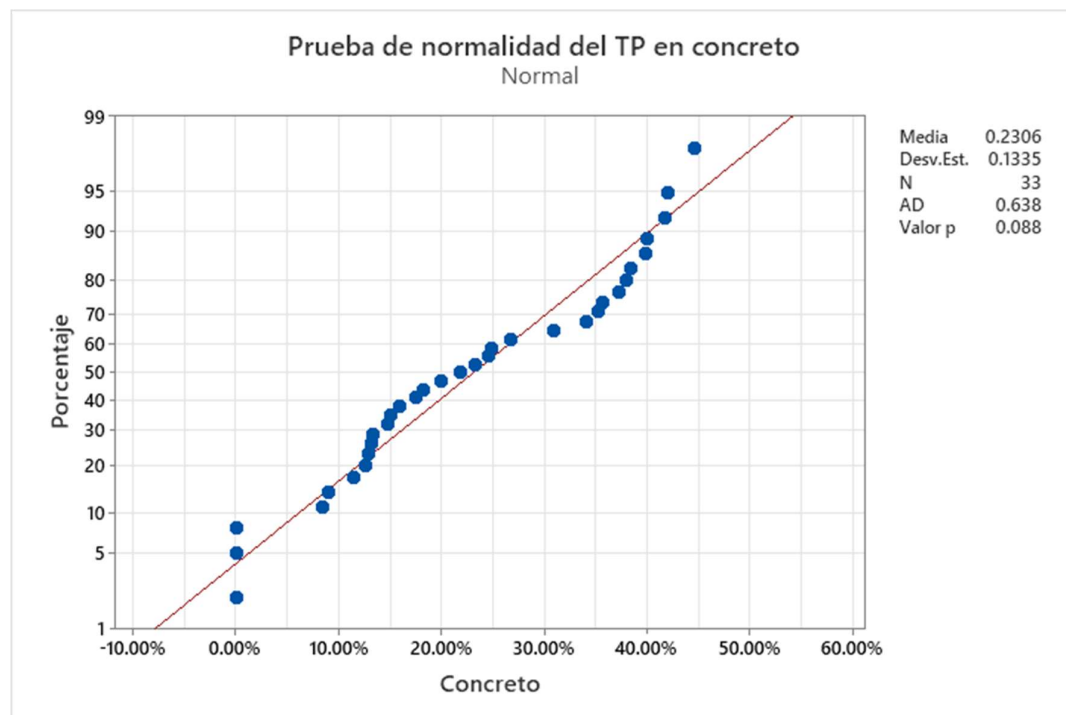


Figura 48

Prueba de normalidad del TP en vaciado de concreto



f) Prueba t-student del rendimiento.

La prueba t de Student de una muestra permitió contrastar la media observada de cada partida con su valor referencial de CAPECO (2006). En la habilitación y encofrado, se obtuvo una media de 10.786 m²/día y un valor p = 0.985; por tanto, no se rechazó H₀, concluyéndose que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que el rendimiento local sea menor que 9.90 m²/día. En consecuencia, el rendimiento local en esta partida fue igual o superior al valor referencial.

En la habilitación y colocación de acero, se obtuvo una media de 200.40 kg/día y un valor de p = 0.001; por ello, se rechazó H₀ y se aceptó H₁. Esto indica que el rendimiento promedio local fue significativamente inferior al valor referencial de 250 kg/día. Este resultado evidencia que la partida de acero presentó mayores restricciones operativas, probablemente asociadas a la geometría de la escalera, a los cambios de

dirección, a la habilitación manual, al transporte del acero y a la adaptación empírica de las cuadrillas.

En la preparación y vaciado de concreto, se obtuvo una media de 13.497 m³/día y un valor $p = 0.999$; por tanto, no se rechazó H_0 , y se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que el rendimiento local sea menor que 12 m³/día. En este caso, el rendimiento promedio fue superior al valor referencial, aunque debe interpretarse considerando que la productividad temporal mostró limitaciones debido a la elevada participación de tiempos contributivos.

Tabla 58

Estadísticas descriptivas del rendimiento de la mano de obra en la construcción de escaleras en la ciudad de Chota

Partida	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
Habilitación y encofrado	40	10.786	2.482	0.392	11.448
Habilitación y colocación de acero	19	200.40	56.10	12.90	222.70
Preparación y vaciado de concreto	15	13.497	1.617	0.418	14.232

Tabla 59

Prueba t de Student de una muestra en el rendimiento de la mano de obra

Partida	Prueba de hipótesis	Valor T	Valor p	Decisión
Habilitación y encofrado	$H_0: \mu = 9.9 \text{ m}^2/\text{día}$	2.26	0.985	No se rechaza H_0
	$H_1: \mu < 9.9 \text{ m}^2/\text{día}$			
Habilitación y colocación de acero	$H_0: \mu = 250 \text{ kg}/\text{día}$	-3.85	0.001	Se rechaza H_0
	$H_1: \mu < 250 \text{ kg}/\text{día}$			
Preparación y vaciado de concreto	$H_0: \mu = 12 \text{ m}^3/\text{día}$	3.58	0.999	No se rechaza H_0
	$H_1: \mu < 12 \text{ m}^3/\text{día}$			

Nota. La prueba fue unilateral a la izquierda, con un $\alpha = 0.05$.

g) Prueba t-student del tiempo productivo.

La prueba t de Student de una muestra permitió contrastar la media observada del tiempo productivo (TP) en cada partida frente al umbral técnico de 0.50, equivalente

al 50% de la jornada. En la habilitación y encofrado, se obtuvo una media de 0.3596, equivalente a 35.96%, y un valor $p = 0.000$; por tanto, se rechazó H_0 y se aceptó H_1 , concluyéndose que el tiempo productivo fue significativamente menor que el 50%. Este resultado indica que en esta partida hubo una participación importante de actividades de apoyo y tiempos no contributivos.

En la habilitación y colocación de acero, se obtuvo una media de 0.4864 (48.64%) y un valor $p = 0.245$; por lo tanto, no se rechazó H_0 . Aunque el promedio observado fue ligeramente inferior a 50%, la diferencia no fue estadísticamente significativa; por lo tanto, no puede afirmarse que el tiempo productivo en esta partida sea inferior al umbral técnico establecido.

En la preparación y el vaciado de concreto, se obtuvo una media de 0.2306, equivalente al 23.06%, y un valor $p = 0.000$; en consecuencia, se rechazó H_0 y se aceptó H_1 . Este resultado evidencia que el tiempo productivo fue significativamente menor que 50%, debido al predominio de actividades contributivas y no contributivas vinculadas con preparación de mezcla, transporte, izaje, espera de materiales, coordinación de cuadrilla y organización del frente de trabajo.

Tabla 60

Estadísticas descriptivas del tiempo productivo de la mano de obra en la construcción de escaleras en la ciudad de Chota

Partida	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
Habilitación y encofrado	66	0.3596	0.1340	0.0165	0.3871
Habilitación y colocación de acero	45	0.4864	0.1308	0.0195	0.5192
Preparación y vaciado de concreto	33	0.2306	0.1335	0.0232	0.2699

Tabla 61*Prueba t de Student de una muestra en el tiempo productivo de la mano de obra* $H_0: \mu = 0.50$ $H_1: \mu < 0.50$

Partida	Valor T	Valor p	Decisión
Habilitación y encofrado	-8.51	0.000	Se rechaza H_0
Habilitación y colocación de acero	-0.70	0.245	No se rechaza H_0
Preparación y vaciado de concreto	-11.60	0.000	Se rechaza H_0

Nota. La prueba fue unilateral a la izquierda, con un $\alpha = 0.05$. El valor 0.50 corresponde al umbral técnico de 50% de tiempo productivo, utilizado como referencia para evaluar el predominio del trabajo directo en la jornada laboral, de acuerdo con el enfoque de clasificación de tiempos de trabajo en obra propuesto por Ghio Castillo (2001).

h) Inferencia final (hipótesis general).

La contrastación de hipótesis se interpretó de manera distinta, ya que el rendimiento y la productividad se evaluaron con indicadores de unidades de medida diferentes. En el rendimiento de la mano de obra, no se rechazó H_0 para la habilitación y el encofrado, ya que el promedio local de 10.786 m²/día no fue menor que el valor referencial de 9.90 m²/día. De igual manera, no se rechazó H_0 para la preparación y el vaciado de concreto, ya que el promedio local de 13.497 m³/día no fue inferior al valor referencial de 12 m³/día. En cambio, en la habilitación y colocación de acero se rechazó H_0 y se aceptó H_1 , debido a que el rendimiento promedio local de 200.40 kg/día fue significativamente inferior al valor referencial de 250 kg/día.

Respecto a la productividad, se rechazó H_0 y se aceptó H_1 en habilitación y encofrado, así como en preparación y vaciado de concreto, debido a que los tiempos productivos promedio de 35.96% y 23.06%, respectivamente, fueron significativamente menores que el umbral técnico de 50%. En cambio, en la habilitación y colocación de acero no se rechazó H_0 porque el tiempo productivo promedio del 48.64% no fue estadísticamente menor que 50%.

En consecuencia, la hipótesis general se acepta parcialmente. El desempeño local no fue inferior a los valores referenciales en todas las partidas, puesto que el rendimiento de habilitación y encofrado, y el de preparación y vaciado de concreto, fueron estadísticamente iguales o superiores a sus valores de comparación. Sin embargo, sí se evidenciaron restricciones productivas relevantes en la habilitación y colocación del acero, así como en la distribución del tiempo productivo entre la habilitación y el encofrado, y entre la preparación y el vaciado de concreto. Por tanto, los resultados demuestran que la productividad de la mano de obra en escaleras de concreto armado con forma geométrica de U no depende únicamente del rendimiento diario alcanzado, sino también de la proporción de tiempo realmente destinado a actividades productivas, de la logística de materiales, de la composición de cuadrillas y de la continuidad del flujo de trabajo.

4.3. Discusión

En las 15 viviendas evaluadas, las escaleras de concreto armado con forma geométrica en U presentaron características propias de edificaciones residenciales, pero fueron ejecutadas en condiciones de obra heterogéneas. El ancho del tramo varió entre 0.80 m y 1.20 m, con una media de 1.04 m, mientras que la altura total osciló entre 2.48 m y 4.08 m, con una mediana de 2.64 m. Estos valores guardan relación con lo reportado por Rueda y Matíz (2020), quienes analizaron una escalera de 1.00 m de ancho en una vivienda prototípica, y con Caicedo (2024), quien evaluó escaleras a partir del número de peldaños en los procesos estructurales de la edificación. En el presente estudio predominó la configuración de 2 tramos + 1 descanso en 12 de las 15 viviendas; sin embargo, tres viviendas presentaron 3 tramos + 2 descansos, lo que incrementó la longitud de recorrido, el número de puntos de apoyo, la complejidad del encofrado y la demanda de transporte interno. Esta variación confirma que la geometría de la escalera

no solo define la forma del elemento, sino que también condiciona el rendimiento de la cuadrilla, tal como señalan Rathnayake et al. (2024), quienes sostienen que el desempeño a nivel de actividad se ve afectado por la magnitud, la ubicación y las condiciones del elemento constructivo.

La ubicación de las escaleras en las viviendas también influyó directamente en la productividad. Las escaleras se localizaron principalmente en la parte frontal de la vivienda en 6 de los 15 casos, en el fondo en 3 viviendas y, en menor proporción, en zonas centrales, laterales o próximas al ingreso. Esta condición modificó los recorridos, la accesibilidad, el uso de espacios de acopio, la maniobrabilidad de la cuadrilla y el transporte de materiales. En consecuencia, el flujo de trabajo no dependió únicamente de la partida ejecutada, sino también de la interacción entre la ubicación en planta, el nivel de ejecución, la distancia al acopio y el medio de transporte. Esta situación coincide con Potter (2025), quien atribuye parte de la baja productividad del sector de la construcción a la acumulación de tiempos no productivos vinculados a esperas, traslados y descoordinaciones. De igual modo, Torres et al. (2024), en el contexto local de Chota, evidenciaron que el desempeño de la mano de obra varía según la partida, la organización del frente de trabajo y las condiciones operativas de la vivienda.

En cuanto a las características constructivas, predominó la resistencia esperada $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en 12 de las 15 viviendas, mientras que el consumo de cemento varió entre 5.5 y 8.0 bls/m³, con una media de 6.73 bls/m³. Esta variación se relacionó con diferencias en el tipo de preparación de la mezcla, el nivel en el que se ejecutó la escalera y la disponibilidad de equipos o de medios auxiliares. La madera se acopió con mayor frecuencia dentro de la vivienda, en ambientes continuos o en pisos superiores; en cambio, el acero se abasteció con mayor frecuencia desde la vía pública y, en algunos casos, desde sótanos o niveles inferiores. Estas condiciones contrastan con estudios

realizados en entornos más estandarizados, como el de Losada-Suárez (2022), quien evaluó rendimientos en proyectos de torres con procesos repetitivos e industrializados. Asimismo, difieren de las experiencias de mejora mediante Lean Construction, como las descritas por Peralta (2024) y Delgado y Grados (2022), en las que la planificación del abastecimiento y el control de restricciones permiten reducir las pérdidas derivadas del transporte, las esperas o las interferencias.

Respecto al flujo del proceso constructivo, las viviendas mantuvieron una secuencia general constante: habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación, transporte y vaciado de concreto. Sin embargo, la forma de ejecutar cada actividad varió según el nivel de trabajo y la disponibilidad de medios auxiliares. La mezcla se preparó con mezcladora en 7 viviendas y con palana en 8; el transporte se realizó principalmente con baldes en 8 viviendas, con baldes y cuerda en 2, y mediante winche en 5. En los niveles altos, especialmente en las escaleras ubicadas en el quinto y sexto nivel, el winche redujo el esfuerzo físico del izaje, pero incorporó nuevos tiempos de trasvase, recepción, coordinación y espera entre las estaciones de trabajo. Este comportamiento es consistente con Rathnayake et al. (2024), quienes explican que las discontinuidades entre frentes o estaciones generan ineficiencias aun cuando se incorporan medios auxiliares. Por el contrario, en viviendas de niveles bajos, el transporte manual fue más eficiente cuando el acopio estuvo próximo; no obstante, cuando los materiales se ubicaron en la vía pública, en sótanos o en ambientes alejados, el rendimiento disminuyó debido a recorridos repetitivos. Por tanto, el flujo real de trabajo estuvo determinado por la combinación de la geometría, la ubicación, el nivel de ejecución, el sistema de acopio y el método de transporte.

Los rendimientos locales evidenciaron un comportamiento diferenciado por partida al compararlos con los valores referenciales de CAPECO. La habilitación y

encofrado, así como la preparación y vaciado de concreto, alcanzaron rendimientos promedio iguales o superiores al valor referencial; en cambio, la habilitación y colocación de acero presentaron una brecha desfavorable. Esta diferencia confirma que el desempeño de la mano de obra no puede interpretarse de manera global, sino por partida e indicador, ya que cada actividad tiene exigencias técnicas, espaciales y logísticas distintas. Dicho comportamiento concuerda con Rathnayake et al. (2024), quienes señalan que la productividad a nivel de actividad depende de restricciones específicas de flujo, de coordinación, de interrupciones y de la disponibilidad del espacio de trabajo. También guarda relación con Potter (2025), quien sostiene que las pérdidas de tiempo no productivo siguen siendo una de las principales causas del bajo crecimiento de la productividad en la construcción.

En la habilitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U, el rendimiento global ajustado a una cuadrilla equivalente de 2.1 trabajadores alcanzó $10.79 \text{ m}^2/\text{día}$, superando en 1.09 veces el valor referencial de CAPECO de $9.90 \text{ m}^2/\text{día}$. Este resultado demuestra que, bajo determinadas condiciones locales, el encofrado puede alcanzar niveles competitivos respecto del estándar nacional. Sin embargo, el análisis por cuadrilla evidenció que el incremento del número de trabajadores no necesariamente se tradujo en un mayor rendimiento. Las dotaciones cercanas a 2.05 y 2.10 trabajadores alcanzaron rendimientos de $12.80 \text{ m}^2/\text{día}$ y $12.50 \text{ m}^2/\text{día}$, equivalentes al 132.68% y al 126.52% del CAPECO ajustado, respectivamente; mientras que con 3.00 trabajadores el rendimiento promedio fue de $10.11 \text{ m}^2/\text{día}$, pero representó solo el 71.60% del valor del CAPECO equivalente. Esta situación indica que la sobredotación puede generar interferencias, esperas, superposición de tareas y subutilización del personal cuando no existe una asignación clara de roles. A nivel regional, Torres et al. (2024) reportaron rendimientos de $10 \text{ m}^2/\text{día}$ en vigas y $10.93 \text{ m}^2/\text{día}$ en columnas,

valores similares al promedio ajustado del presente estudio. En contraste, Peralta (2024) obtuvo 5.86 m²/día en gradas, lo que permite inferir que la planificación del flujo, el control de las restricciones y la ubicación de los materiales pueden producir diferencias sustanciales en una misma partida.

En la habilitación y colocación de acero, el rendimiento ajustado promedio fue de 200.39 kg/día, equivalente al 80.16% del valor referencial de CAPECO de 250 kg/día. Este resultado confirma que el acero fue la partida con la mayor restricción respecto al estándar de comparación. Aunque algunas viviendas superaron el valor referencial, como V7 con 310.64 kg/día, V5 con 303.29 kg/día y V10 con 283.84 kg/día, la mayoría se ubicó por debajo de CAPECO, registrándose valores críticos en V13, V6 y V9. La menor productividad del acero puede explicarse por la geometría de la escalera en U, que exige cortes, dobleces, traslapes, cambios de dirección y una colocación más precisa que en elementos lineales como vigas o columnas. Además, cuando el acero se habilitó lejos del frente de trabajo o se transportó desde la vía pública, se incrementaron los tiempos contributorios. Esta interpretación se relaciona con Rathnayake et al. (2024), quienes identifican bajos niveles de tiempo productivo en actividades de acero cuando se producen interrupciones, esperas o descoordinación. Asimismo, Torres et al. (2024) reportaron rendimientos de acero de 275.72 kg/día y 275.86 kg/día en vigas y columnas, superiores al promedio del presente estudio, lo que sugiere que las escaleras de U presentan una mayor complejidad operativa. Por ello, aunque CAPECO considera 250 kg/día como rendimiento referencial, dicho valor puede alcanzarse en elementos más regulares, pero resulta más exigente en escaleras con geometría confinada y cambios de dirección.

En la preparación y el vaciado de concreto, el rendimiento local fue predominantemente superior al estándar. El rendimiento ajustado se ubicó en torno a

14 m³/día en varias viviendas, destacando V15 con 15.22 m³/día, V3 con 14.87 m³/día, V2 con 14.55 m³/día y V10 con 14.48 m³/día. Estos valores superaron el rendimiento referencial de CAPECO de 12 m³/día. No obstante, las viviendas V5 y V1 mostraron rendimientos menores, de 9.24 m³/día y 10.80 m³/día, respectivamente, lo que evidencia que el vaciado de concreto depende críticamente de la continuidad del abastecimiento y de la organización del circuito de transporte. Aunque la producción diaria fue alta en varias viviendas, ello no significó necesariamente mayor productividad temporal, porque el vaciado concentró elevados tiempos contributorios asociados a preparación de mezcla, transporte, izaje, recepción, distribución y compactación. Esta diferencia entre rendimiento y productividad es importante, pues una cuadrilla puede alcanzar un volumen elevado si cuenta con más personal, pero, al mismo tiempo, presentar una baja eficiencia si gran parte de la jornada se dedica a tareas de apoyo o a la espera. En comparación, Peralta (2024) reportó 5.79 m³/día y Delgado y Grados (2022) 6 m³/día en contextos distintos, mientras que Torres et al. (2024) registraron 12.58 m³/día en columnas, el valor más cercano al obtenido en esta investigación. Asimismo, Mirnayani y Paradiba (2025) advierten que el incremento de la producción requiere control operativo, ya que una mayor intensidad de trabajo puede generar fatiga, desorganización o pérdidas si no se estabiliza el flujo.

La distribución del tiempo de trabajo permitió complementar la interpretación del rendimiento. En habilitación y encofrado se registró 35.96% de tiempo productivo, 33.73% de tiempo contributorio y 30.32% de tiempo no contributorio. En acero, la distribución fue más favorable, con 48.64% de TP, 26.45% de TC y 24.91% de TNC. En cambio, en concreto se observó el escenario más crítico, con 23.06% de TP, 47.33% de TC y 29.61% de TNC. Estos resultados demuestran que el rendimiento diario no debe analizarse de forma aislada, ya que la productividad también depende de la

proporción del tiempo realmente destinado a actividades que generan un avance directo. En ese sentido, los hallazgos coinciden con Potter (2025), quien relaciona la baja productividad con la persistencia de tiempos no productivos, y con Rathnayake et al. (2024), quienes explican que las discontinuidades, interferencias y esperas entre frentes son factores determinantes de la pérdida de eficiencia.

En habilitación y encofrado, el TP global de 35.96% fue mayor que el rango reportado por Rathnayake et al. (2024) para el encofrado de losa, situado entre 19% y 24%; sin embargo, el TNC de 30.32% revela que aún hubo pérdidas importantes por esperas, desplazamientos, búsqueda de herramientas, instrucciones, correcciones y descoordinación. Al compararse con estudios en los que se aplicaron herramientas de gestión, la diferencia se vuelve aún más evidente. Gamarra y Roldan (2023), mediante Last Planner System, reportaron 62% de TP, 21% de TC y 17% de TNC, lo que demuestra que una planificación semanal y el control de restricciones pueden mejorar de manera significativa el uso del tiempo. A nivel local, Torres et al. (2024) registraron en el encofrado 39% de TP, 38% de TC y 23% de TNC, una distribución ligeramente más eficiente que la obtenida en escaleras en forma de U. Esta diferencia puede atribuirse a que la escalera presenta una mayor fragmentación del trabajo, cambios de dirección, ajustes geométricos, replanteos y movimientos internos. Además, el análisis interno mostró que las cuadrillas con mejor equilibrio de roles alcanzaron mayores TP, mientras que las configuraciones desequilibradas elevaron el TNC. Por ello, más que incrementar el número de trabajadores, se requiere ordenar las funciones y asegurar la continuidad del frente.

En la habilitación y colocación de acero, el TP de 48.64% fue el más alto de las tres partidas, aunque todavía menor que los valores reportados en antecedentes con mejor organización del frente. Rojas (2019) obtuvo 60% de TP, 20% de TC y 20% de

TNC en habilitación de acero para escaleras, mientras que Torres et al. (2024) alcanzaron 59% de TP, 23% de TC y 18% de TNC en acero para vigas y columnas. En comparación, el presente estudio mostró menor TP y mayor TNC, lo que sugiere que la partida estuvo afectada por esperas de abastecimiento, ajustes de armado, verificación geométrica, falta de acopio previo o interferencias en el área de trabajo. Caicedo (2024) destaca que la supervisión técnica continua y la planificación de cuadrillas son necesarias para estabilizar rendimientos en escaleras, aspecto que coincide con los hallazgos locales. Además, la evidencia interna muestra que el tamaño de la cuadrilla no explicó por sí solo el mejor desempeño: algunas configuraciones con mayor número de trabajadores no alcanzaron mayores niveles de TP, mientras que cuadrillas más balanceadas lograron mejor continuidad. Este resultado coincide con los enfoques Lean citados por Peralta (2024) y Delgado y Grados (2022), donde la mejora productiva proviene del control de restricciones y del ordenamiento del flujo, no únicamente del aumento de personal.

En la preparación y vaciado de concreto, el predominio del TC evidencia que esta partida estuvo controlada por la logística. El 47.33% del tiempo se destinó a actividades de apoyo, mientras que solo el 23.06% correspondió a trabajo productivo. Esta distribución se aproxima a lo reportado por Torres et al. (2024), quienes identificaron en concreto 15% de TP, 47% de TC y 39% de TNC en elementos estructurales de viviendas de Chota. No obstante, frente a Rathnayake et al. (2024), quienes reportaron alrededor de 31% de TP en vaciado de concreto, el valor local fue menor, lo que indica mayores interrupciones o menor continuidad en el abastecimiento durante el vaciado de escaleras. La dispersión por cuadrilla refuerza esta interpretación: algunas dotaciones altas, como 2 OP + 8 PE, alcanzaron elevados niveles de TNC, lo que evidencia congestión operativa y subutilización del personal. En cambio,

configuraciones más moderadas y con roles definidos lograron mejores proporciones de TP. Por tanto, el problema del concreto no fue únicamente la cantidad de trabajadores, sino la falta de un circuito continuo y balanceado entre preparación, transporte, recepción, vaciado y compactación.

Desde la perspectiva por vivienda, la heterogeneidad de los resultados confirma que la productividad temporal fue altamente sensible a las condiciones específicas del frente de trabajo. En encofrado, el TP osciló entre 23.54% y 49.48%, lo que evidencia que algunas viviendas lograron mayor continuidad productiva, mientras otras estuvieron dominadas por actividades de apoyo. En acero, se observaron casos con alta eficiencia, como V1 y V9, con TP superiores al 69%, frente a situaciones críticas como V12, donde el TNC alcanzó 41.15%. En concreto, el mejor equilibrio se registró en V14, con 38.33% de TP y 10.90% de TNC, mientras que V5 y V15 presentaron los mayores niveles de pérdida. Estas diferencias respaldan que la productividad no depende solo del tipo de partida, sino del control del abastecimiento, la ubicación de materiales, la secuencia de trabajo, el nivel de ejecución y la coordinación entre trabajadores. Esta interpretación es coherente con Gamarra y Roldan (2023) y Montenegro (2025), quienes resaltan que la planificación y el control de restricciones reducen actividades indirectas e improductivas. Asimismo, coincide con Mirnayani y Paradiba (2025), quienes sostienen que las medidas de aceleración solo mejoran la productividad cuando se gestiona adecuadamente la fatiga y se estabiliza el flujo de trabajo.

A partir de los resultados, se evidencia que la optimización del rendimiento y la productividad en escaleras de concreto armado con forma geométrica de U no depende de aumentar indiscriminadamente la mano de obra, sino de organizar el flujo, asignar roles, reducir interferencias y controlar la logística de materiales. Las mayores pérdidas

se originaron en abastecimiento, trasvases, izajes, recorridos largos, esperas y discontinuidades del frente. Este hallazgo coincide con Potter (2025), quien vincula el bajo crecimiento de la productividad con altos tiempos no productivos, y con Rathnayake et al. (2024), quienes atribuyen las ineficiencias a interrupciones entre ubicaciones y deficiente acoplamiento entre cuadrillas. En consecuencia, la mejora debe orientarse a reducir el tiempo contributorio y el no contributorio mediante decisiones de organización del trabajo, antes que mediante incrementos de personal o extensión de jornada.

En habilitación y encofrado, la propuesta de cuadrilla base de 1 OP + 1 PE, con apoyo adicional de 0.5 PE logístico en condiciones exigentes, se sustenta en que los mejores rendimientos no se lograron con las mayores dotaciones, sino con configuraciones balanceadas y continuidad del frente. En escaleras con 3 tramos + 2 descansos, frentes en niveles altos o acopios lejanos, el operario pierde productividad cuando debe asumir actividades de acarreo, búsqueda de materiales o habilitación complementaria. Por ello, se recomienda preparar materiales por tramo y descanso, liberar formalmente el encofrado antes de iniciar el acero y mantener una distribución clara de funciones. Esta propuesta se relaciona con Peralta (2024) y Gamarra y Roldan (2023), quienes muestran que la productividad mejora cuando se eliminan restricciones y se sostiene la continuidad del trabajo.

En habilitación y colocación de acero, se recomienda mantener una cuadrilla estándar de 1 OP + 1 PE, y utilizar 1 OP + 2 PE cuando existan izajes, habilitado fuera del frente o trasvases. Esta decisión responde a que el acero requiere precisión, verificación geométrica, control de recubrimientos y continuidad en el abastecimiento. Cuando el operario espera el acero o debe interrumpir el armado para coordinar transporte, el TP disminuye. Por ello, resulta conveniente contar con un peón dedicado

a logística y mantener un buffer mínimo de acero habilitado para el siguiente tramo. Esta estrategia reduce la discontinuidad entre estaciones de trabajo, mecanismo de pérdida descrito por Rathnayake et al. (2024), y fortalece la supervisión técnica señalada por Caicedo (2024) como condición necesaria para estabilizar el rendimiento en escaleras.

En preparación, transporte y vaciado de concreto, los resultados respaldan evitar la sobredotación y priorizar cuadrillas moderadas con estaciones definidas. Para trabajos con mezcladora se propone una cuadrilla de 1 OP + 1 OF + 4 PE, y para mezclado con palana una cuadrilla de 1 OP + 1 OF + 3 PE; solo en alturas con winche y circuito claramente definido se justificaría ampliar la dotación. Esta recomendación se sustenta en que el vaciado concentró el mayor TC y mostró casos de congestión cuando se incorporó demasiada mano de obra sin organización del circuito. Por tanto, el proceso debe organizarse en estaciones: mezcla, transporte o izaje, recepción, traslado interno, vaciado y compactación. A diferencia de las estrategias de aceleración por horas extra analizadas por Mirnayani y Paradiba (2025) y Muin et al. (2023), en el contexto de viviendas de Chota la prioridad no debe ser extender la jornada, sino estabilizar el ciclo de abastecimiento y reducir esperas.

Finalmente, el flujo maestro con puntos de control y la matriz de decisión logística constituyen el principal aporte operativo de la investigación. Estos instrumentos permiten convertir los hallazgos de campo en reglas prácticas de ejecución: no iniciar sin acopio mínimo, liberar el encofrado solo cuando esté alineado y rígido, verificar amarres y recubrimientos antes del vaciado, asegurar continuidad de mezcla para evitar pausas prolongadas y desencofrar sin interferir con actividades posteriores. Este enfoque coincide con Montenegro (2025), al evidenciar que una parte considerable de la jornada se consume en tareas indirectas cuando no existe preparación

del trabajo, y con Ruiz y Saavedra (2022), quienes resaltan el valor de las herramientas de control para mantener niveles aceptables de eficiencia. En conjunto, la comparación con antecedentes confirma que la productividad en escaleras con forma geométrica de U puede mejorar mediante especialización de roles, reducción de tiempos logísticos, control de restricciones y organización del flujo de trabajo, más que mediante el incremento de trabajadores sin planificación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De forma general se concluyó que el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, no fueron uniformemente menores que los valores referenciales de CAPECO. El rendimiento local superó el valor referencial en habilitación y encofrado, equivalente a 1.09 veces el CAPECO; sin embargo, en la habilitación y colocación de acero se obtuvo un rendimiento promedio equivalente al 80.16% de CAPECO, lo que evidencia una brecha operativa en esta partida. Respecto a la productividad, el tiempo productivo fue inferior al 50% en las tres partidas evaluadas: 35.96% en encofrado, 48.64% en acero y 23.06% en concreto, lo que demuestra que las actividades estuvieron asociadas a tiempos contributivos y no contributivos. Siendo las conclusiones específicas:

- 1) Las escaleras con forma geométrica de U presentan una geometría funcionalmente diversa, pero un proceso constructivo estructuralmente uniforme. En las 15 viviendas evaluadas, los tramos presentaron anchos entre 0.80 m y 1.20 m (media de 1.04 m) y alturas totales entre 2.48 m y 4.08 m (mediana de 2.64 m), con predominio de la configuración de 2 tramos + 1 descanso (12/15). El flujo de ejecución mantuvo secuencia común: encofrado, colocación de acero, preparación, transporte y vaciado de concreto; pero en niveles bajos (1.º–2.º) predominó el uso de palana y baldes con recorridos cortos cuando el material estuvo próximo, mientras que en niveles altos (5.º–6.º) se requirió mayormente winche (5/15) para izaje de acero y concreto; además, la mezcla se preparó con mezcladora en 7 viviendas y con palana en 8, y el transporte principal se realizó con baldes (8/15), baldes/cuerda (2/15) y sistemas de winche (5/15).

- 2) El rendimiento de la mano de obra en Chota en la construcción de escaleras de concreto armado de U supera el estándar de CAPECO en encofrado y vaciado, pero presenta brecha crítica en el acero, donde la organización y coordinación de la cuadrilla condicionan el rendimiento. En habilitación y encofrado, el rendimiento resultó ligeramente superior al estándar, con un promedio ajustado de 10.79 m²/día, equivalente a 1.09 veces el valor CAPECO de 9.90 m²/día; destacaron V15 (14.06 m²/día; 1.42), V7 (13.82 m²/día; 1.40) y V5 (13.77 m²/día; 1.39), mientras que los menores rendimientos se ubicaron alrededor de 0.88–0.90 del referencial (V10: 8.69 m²/día; 0.88). En la habilitación y colocación de acero, el rendimiento fue inferior al estándar, con un promedio ajustado de 200.39 kg/día, equivalente al 80.16% del CAPECO (250 kg/día), lo que evidencia una alta dispersión entre viviendas (máximos: V7 = 310.64 kg/día; 124.26% y V5 = 303.29 kg/día; 121.32%; mínimos: V13 = 123.97 kg/día; 49.59%). Finalmente, en preparación y vaciado de concreto, el rendimiento fue superior al de CAPECO, con viviendas que alcanzaron valores ajustados entre 14.05 y 15.22 m³/día (V15: 15.22 m³/día; 126.87%, V3: 14.87 m³/día; 123.95%, V2: 14.55 m³/día; 121.28%), aunque se identificaron brechas puntuales por subutilización de dotaciones altas (V5: 9.24 m³/día; 76.97%).
- 3) La distribución de tiempos de la cuadrilla en la ejecución de escaleras de concreto armado de U evidenció que gran parte del tiempo de trabajo se ocupa en actividades complementarias; en habilitación y encofrado, el comportamiento se concentró en 35.96% de tiempo productivo (TP), 33.73% de tiempo contributorio (TC) y 30.32% de tiempo no contributorio (TNC); las mejores condiciones se registraron con configuraciones más equilibradas como 2 OP + 2 PE (TP=50.98%) y 2 OP (TP=45.88%), mientras que la mayor improductividad se observó en cuadrillas desbalanceadas (1 PE: TNC=60.00% y 1 OP + 1 OF + 1 PE: TNC=41.44%). En la

habilitación y colocación de acero, la estructura del tiempo fue más favorable, con 48.64% TP, 26.45% TC y 24.91% TNC, alcanzándose una mayor productividad con 1 OP + 2 PE (TP=59.02%; TNC=19.53%) y en viviendas con alta continuidad operativa, como V1 (TP=70.10%) y V9 (TP=69.10%). En preparación y vaciado de concreto, predominó el componente logístico, con 47.33% TC, 23.06% TP y 29.61% TNC, lo que muestra que casi la mitad de la jornada se consume en actividades de apoyo. Además, el incremento de personal no garantizó una mayor eficiencia, ya que con 10 trabajadores el TP cayó a 8.71% y el TNC subió a 50.24%, mientras que casos mejor controlados, como V14, lograron TP=38.33% y TNC=10.90%.

- 4) La propuesta de flujo de trabajo y conformación de cuadrilla óptimos para escaleras de concreto armado de U se orienta a maximizar el rendimiento, manteniendo la continuidad del frente y reduciendo los tiempos contributivos y no contributivos mediante logística previa, un circuito único sin cruces y puntos de control. En condición estándar, la cuadrilla más eficiente es: encofrado 1 OP + 1 PE, acero 1 OP + 1 PE, y concreto con mezcladora 1 OP + 1 OF + 4 PE o con palana 1 OP + 1 OF + 3 PE, adicionando solo un peón logístico en escenarios exigentes (3 tramos + 2 descansos, niveles 5.º–6.º, acopios lejanos o izajes con winche/cuerda) para evitar interrupciones del operario. Esta configuración se sustenta en que la sobredotación no mejora el rendimiento (encofrado con 3 trabajadores el rendimiento relativo bajó a 71.60% del CAPECO equivalente) y en que, durante el vaciado, dotaciones altas incrementan pérdidas por congestión (con 10 trabajadores se registró TP=8.71% y TNC=50.24%), por lo que el óptimo se logra cuando el operario/oficial se concentran en control de calidad y los peones asumen la logística de abastecimiento, izaje/recepción y transporte interno para sostener un ciclo estable y sin esperas.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a residentes de obra y maestros de obra planificar la ejecución de escaleras con forma geométrica de U según el nivel de trabajo y el sistema de abastecimiento, definiendo, antes de iniciar el frente, el método de mezcla y el medio de izaje/transporte (baldes o winche), con acopios cercanos por nivel para reducir recorridos y mantener la secuencia encofrado–acero–concreto sin interrupciones.

Se recomienda a los jefes de cuadrilla priorizar acciones de mejora en la habilitación y colocación de acero, estandarizando la organización del frente (roles claros, prehabilitación por paquetes, verificación de recubrimientos) y asegurando la continuidad operativa, porque allí se concentra la brecha crítica respecto a CAPECO; además, ajustar la dotación y la coordinación para evitar caídas puntuales de rendimiento por subutilización del personal en vaciado.

Se recomienda a los maestros de obra y/o ingenieros de obra implementar un control sistemático con carta balance y microplanificación diaria para reducir TC y TNC, reasignando tareas para evitar cuadrillas desbalanceadas (1 PE) y sobredotación en el vaciado; se recomienda introducir la preparación de materiales, buffers (esperas) mínimos y reglas de trabajo estandarizadas que mantengan el tiempo productivo por encima de los rangos observados en las mejores configuraciones.

Se recomienda a los ingenieros civiles, maestros de obras y demás personas encargadas de la construcción de escaleras en edificaciones adoptar el flujo de trabajo óptimo, logística previa y puntos de control aplicando la conformación de cuadrilla propuesta por partida y activando un peón logístico solo en escenarios exigentes (alturas, acopios lejanos, 3 tramos + 2 descansos o izajes); con ello se evita la congestión, se protege el tiempo del operario/oficial para control geométrico y calidad, y se estabiliza el ciclo de producción para maximizar rendimiento y productividad.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2020). *Manual de construcción para maestros de obra*.
<https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra.pdf>
- Aceros Arequipa. (2023). *Construye seguro: Manual del maestro constructor*. Aceros Arequipa.
- Aceros Arequipa. (2025). *Peso nominal del acero de acuerdo al diámetro del fierro*. Aceros Arequipa:
<https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/el-acer>
- Agudelo, L. G., Aignerren, J. M., & Ruiz, J. (2008). Diseños de investigación experimental y no-experimental. *La Sociología en sus Escenarios*, 1(18), 1-46.
<https://hdl.handle.net/10495/2622>
- Al-Mamlook, R., Bzizi, M., Al-Kbisbeh, M., Ali, T., & Almajiri, E. (2020). Factors affecting labor productivity in the construction industry. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 4(2), 24-30. 10.11648/j.ajese.20200402.13
- Alvarez, J. E., Chaparro, E. H., & Cotrado, D. M. (2019). Formulación e implementación de un software sobre sistemas de escaleras de concreto armado en proyectos de Ingeniería Civil. *Ingeniería Investiga*, 1(1), 72-80. <https://doi.org/10.47796/ing.v1i1.124>
- Arias, M. (2015). *Introducción al dibujo de estructuras en concreto armado*. Ediciones y representaciones B. Honorio J.
- Bautista, C. A., & Romero, A. F. (2019). *Evaluación y elaboración de tablas de rendimientos de obra en proyectos de construcción*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3735>
- Brioso, X., & Calderon-Hernandez, C. (2023). Framework for integrating productive, contributory, and noncontributory work with safe and unsafe acts and conditions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 1-10.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20043412>
- Burga, J. (2022). *Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>

- Bustos, E. Y., & Velásquez, D. M. (2019). *Software para el análisis y diseño de escaleras en concreto reforzado en forma de I,L y U, utilizando el lenguaje de programación Java*. [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4915>
- Cabrera, O., Tejeda, J., Llontop, J., Mendoza, P., Alvarez, J. C., & Demirkesen, S. (2023). A validation model to reduce non-contributory time based on Lean tools: Case of a construction company in Perú. *Cogent Engineering*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2236838>
- Cahuana, O. E., & Sequeiros, Y. (2019). *Análisis comparativo de la productividad de mano de obra utilizando las herramientas del lean construction: 5's, y cartas balance, en un modelo de ejecución por procesos y ejecución por flujos en las partidas de asentado de muros y tarrajeo en la residenc*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco].
- Caicedo, A. J. (2024). *Supervisión, control, e inspección técnica en los procesos constructivos de elementos estructurales, acatando las normas técnicas.Control de mano de obra y calidad en las obras de la constructora METRO T S.A.S*. [Tesis de grado, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/ad30af72-abe9-4640-86c7-1365f4a2aeb1>
- CAPECO. (2006). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).
- Castillo, C. F. (2021). *Productividad y rendimiento de mano de obra en el proyecto de mejoramiento de la I.E. César A. Vallejo, de la ciudad de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4151>
- Castro, E. R., & Tamayo, E. E. (2022). *Modelo de mejora de la productividad de la mano de obra en las partidas de acero, concreto y encofrado en proyectos de edificaciones multifamiliares mediante la aplicación de herramientas del lean construction*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/660410>
- Cisneros, L. (2021). *Costos unitarios y presupuestos de obra*. [Instituto de Educación Superior Tecnológico Público "San Miguel"]. https://es.slideshare.net/slideshow/ii_costos-unitarios-en-proyectos-de-ingenieria-pptx/268654606?
- Cruzado, R. E. (2020). *Distribución de trabajo según la carta balance y el rendimiento en la construcción de viviendas unifamiliares - Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/24768>

- Delgado, M. F., & Grados, M. A. (2022). *Aplicación de la metodología Lean Construction en un proyecto de infraestructura educativa para optimizar los rendimientos ante las medidas sanitarias impuestas por Covid-19, Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9709>
- Delgado, R. (9 de Febrero de 2023). *Work Sampling Method*. Proyectos: <https://camposabogados.pe/work-sampling-method/>
- Ebrahimi, S., Robinson, A., & Sumati, V. (2021). Hybrid Artificial Intelligence HFS-RF-PSO Model for Construction Labor Productivity Prediction and Optimization. *Algorithms*, 14(7), 214-232. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/a14070214>
- Flórez, D. (2021). *Medición de rendimientos de mano de obra para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura y losas de concreto en residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMeans*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Costa Rica].
- Gamarra, F. A., & Roldan, G. R. (2023). *Implementación del sistema last planner system en actividades de encofrados en pisos altos aplicado en el proyecto multifamiliar prime Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/38215/Gamarra%20Terrones%20Franklin%20Anyerson%20-%20Roldan%20Castro%20Golber%20Robert.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo*. Universidad del Azuay. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/73760>
- García, R., & García, A. (1998). *Manual de escaleras y rampas*. E.T.S.A. Sevilla. <https://es.slideshare.net/slideshow/manual-de-escaleras-y-rampas/27209584#6>
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Fondo editorial.
- Gomel, A. J. (2021). *Análisis y formulación comparativa de rendimientos en la construcción de edificios multifamiliares en el distrito de Tacna*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna].
- Gómez, J., Hernandez, L. D., Contreras, A., & Bravo, L. (2018). *Resistencia a compresión del concreto*. [Universidad del Atlantico]. https://www.researchgate.net/publication/328199242_RESISTENCIA_A_LA_COMPRESION_DEL_CONCRETO
- Gonzales, C. S. (2021). *Rendimiento y productividad en la ejecución de obras de viviendas familiares en la ciudad de Cajamarca - 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4540>

- GOV. (2022). *Technical Handbook - Domestic*. Building, planning and design. <https://www.gov.scot/binaries/content/documents/govscot/publications/advice-and-guidance/2022/06/building-standards-technical-handbook-2022-domestic/documents/building-standards-technical-handbook-2022-domestic/building-standards-technical-handbook-2022-d>
- Guebla, H. A., & Solis, S. A. (2022). *Elaboración de presupuesto de los rubros de la Edificación de oficinas para la empresa Agripac S.A mediante la interacción matemática de rendimiento de mano de obra con la duración de la actividad en la programación y la interacción de rendimientos de mat.* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil].
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte I. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2), 187-211. <https://doi.org/10.2307/1942661>
- Insignia. (29 de Febrero de 2024). *Construcción de una y mil escaleras*. Reabilitación y arquitectura: <https://obrasinsignia.com/blog/construccion-de-escaleras/#>
- Janampa, G. E. (2021). *Análisis del rendimiento de mano de obra en las partidas tarrajeo de muros interiores y cielorraso, y su influencia en los costos reales de ejecución, en la construcción del Colegio Integrado Puerto Yurinaki - Perené.* [Tesis de grado, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/9210>
- Jiménez, G. K. (2020). *Rendimientos de mano de obra en obra gris para losas postensadas en edificios tipo ofiCentro para el caso de estudio, 100 Calle Blancos Corporate Business Center.* [Trabajo de grado para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad Latina de Costa Rica].
- Kanawaty, G. (1992). *Introduction to work study*. International Labour Organization. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IHHB-3qayLUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=George+Kanawaty+&ots=rWE_EJYnFL&sig=MlevwrkD7SUPT0oSqkJKczOP2EY#v=onepage&q=George%20Kanawaty&f=false
- Koutamanis, A. (2024). Stair Design and User Interaction. *Architecture*, 4(3), 692-716. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/architecture4030036>
- Losada-Suárez, G. A. (2022). *Cálculo de los rendimientos para actividades de construcción que empleen el sistema industrializado.* [Trabajo de especialización, Universidad Católica de Colombia].

- Manoharan, K., Dissanayake, P., Pathirana, C., Deegahawature, D., & Silva, R. (2024). Assessing the performance and productivity of labour in building construction projects through the application of work-based training practices. *Construction Innovation*, 24(2), 558-583. <https://doi.org/10.1108/CI-05-2022-0126>
- Mirnayani, & Hafisa, P. (2025). The impact of overtime duration variations on labor productivity in apartment construction projects: A study on engineering and disaster management in the construction sector. *Calamity: A Journal of Disaster Technology and Engineering*, 2(2), 116-131. <https://doi.org/10.61511/calamity.v2i2.2025.1321>
- Montenegro, D. (2025). *Optimización de la planificación y productividad utilizando el método de construcción sin pérdidas en un colegio de la provincia de Chota-Cajamarca, 2024*. [Tesis de grado, universidad Priada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/45482/Montenegro%20Fernandez%2c%20Deyman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU Chota 2017-2027*. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- Muin, O. E., Tejndani, H., & Witjaksana, B. (2023). Cost and time analysis of fast food restaurant building construction project in pontianak using crashing method. *International journal on advanced technology, engineering, and information system*, 3(1), 2828-5425. https://www.researchgate.net/publication/379612870_Cost_and_Time_Analysis_of_The_Pontianak_MCD_Building_Project_Using_Time_Cost_Trade_Off_TCTO_Method
- MVCS. (2009). Norma E.060 Concreto armado. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-201). Instituto de Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2009_E_060.pdf
- Neve, H., Wandahl, S., Lindhard, S., Teizer, J., & Lerche, J. (2020). Determining the relationship between direct work and construction labor productivity in North America: four decades of insights. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(9), 1-5. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001887](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001887)
- Nguyen, Q. T., Nguyen, T., Dinh, T. H., & Nguyen, D. Q. (2020). Critical factors affecting labor productivity within construction project implementation: a project manager's

- perspective. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(2), 751-763. 10.9770/jesi.2020.8.2(45)
- Nilimaa, J., Gamil, Y., & Zhaka, V. (2023). Formwork Engineering for Sustainable Concrete Construction. *CivilEng*, 4(4), 1098-1120. <https://doi.org/10.3390/civileng4040060>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Peralta, R. V. (2024). *Aplicación de la filosofía lean construction en el mejoramiento de la productividad de la mano de obra en la construcción de una vivienda en la Ciudad de San Miguel*. [Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. <https://repositorio.uancv.edu.pe/server/api/core/bitstreams/19f001f7-a782-42d0-a827-3fc0fb673770/content>
- Potter, B. (2025). *Labor Productivity in Construction*. Aspeninstitute. https://www.aspeninstitute.org/wp-content/uploads/2025/09/Potter_Construction_Productivity.pdf
- Quispe, J. E., & Vasquez, J. A. (2019). *Planificación de mano de obra para mejorar la productividad en el desarrollo de la estructura de un edificio multifamiliar, Lince año-2019*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma].
- Ramos, J. (2015). *Costos y Presupuestos en edificaciones*. CAPECO.
- Rathnayake, A., Murguia, D., & Middleton, C. (2024). Measuring activity-level construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8), 04024099. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14602>
- Rojas, L. E. (2019). *Evaluación de productividad de mano de obra en construcción de edificio el Chotanito utilizando el sistema last planner Jaén Cajamarca 2017*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39288>
- Rueda, L. N., & Matíz, N. K. (2020). *Manual para estimar el tiempo requerido en la construcción de vivienda*. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].
- Ruiz, A., & Saavedra, R. A. (2022). *Control del rendimiento de la mano de obra en edificaciones aplicando herramientas de gestión de proyectos, Tarapoto 2021*. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/2047>
- Solis, D. A. (2022). *Análisis de las metodologías Value Stream Mapping y Last Planner en la optimización de la mano de obra en proyectos de viviendas multifamiliares, Cajamarca*

2020. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/30946>
- Taylor, F. W., Fayol, H., & del Camino, A. G. (1961). *Principios de la administración científica*. Herrero hermanos.
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3011767/mod_resource/content/2/Artigo%20-%20Princ%C3%ADpios%20da%20Administra%C3%A7%C3%A3o%20Cientifica%20-%20Frederick%20W.%20Taylor.pdf
- Toledo, R. (14 de julio de 2010). Aspectos éticos en las publicaciones científicas.
<http://www.infodoctor.org/rafabravo/fraude.htm>
- Torres-Torres, R., Benavides Irigoín, L. F., Romero Chuquilín, L. F., & Cieza Sánchez, E. (2024). Productividad y rendimiento de mano de obra en la construcción de vigas y columnas en viviendas de Chota, Cajamarca. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 7(1), 33-42.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37518/2663-6360X2024v7n1p33>
- Tseng, C. C., Huang, L. S., & Huang, C. F. (2024). A Study on the Spatial Layout of Newly Built Townhouses in Kaohsiung City. *Applied Sciences*, 14(18), 1-10.
<https://doi.org/10.3390/app14188547>
- Tucay, E., & Ibanez, A. (2021). Effect of covid-19 pandemic in construction labor productivity: a quantitative and qualitative data analysis. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(1), 23-33. 10.12691/ajcea-9-1-4
- Van Tam, N. (2024). Unveiling global research trends in construction productivity: A scientometric analysis of twenty-first century research. *Smart Construction and Sustainable Cities*, 2(2), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s44268-024-00025-7>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tesis: Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, Chota, 2023-2024

Tesista(s): Karen Lisseth Bustamante Colunche, y Luz Maribel Díaz Díaz

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál es el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024?	Objetivo general	H1: El rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, es menor que los valores referenciales del compendio CAPECO, es decir, menor a 9.90 m³/día en encofrado, menor a 250 kg/día en habilitación de acero, menor a 12 m³/día en vaciado de concreto y con tiempo productivo menor a 50%. Ho: El rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024, es mayor o igual que los valores referenciales del compendio CAPECO, es decir, mayor o igual a 9.90 m³/día en encofrado, 250 kg/día en habilitación de acero, 12 m³/día en vaciado de concreto y con tiempo productivo mayor o igual a 50%.	VI Construcción de la escalera de concreto armado con forma geométrica de U	Características geométricas de la escalera	Altura total de la escalera	Enfoque cuantitativo Nivel descriptivo Tipo aplicada Muestra: La mano de obra de 15 viviendas en las que se realizará la construcción de escaleras con forma geométrica de U
	Evaluar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de escaleras de concreto armado con forma geométrica de U, en viviendas de la ciudad de Chota, 2023-2024.				Ancho del tramo	
	Objetivos específicos				Nivel al que conduce	
					Ubicación dentro de la vivienda	
				Resistencia esperada del concreto		
			Características técnicas de la construcción	Cantidad de cemento utilizado		
				Tipo de mezclado		
	Medio de transporte de materiales					
	Número de trabajadores					
	VD Rendimiento de la mano de obra			Encofrado	Aporte unitario	
			Rendimiento diario			
			Habilitación de acero		Número de trabajadores	
					Aporte unitario	
				Rendimiento diario		
			Vaciado de concreto	Número de trabajadores		
				Aporte unitario		
				Rendimiento diario		
				Tiempo productivo		
			Tiempos de producción	Tiempo contributorio		
				Tiempo no contributorio		

Anexo 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Habilidadación y encofrado en la vivienda 1



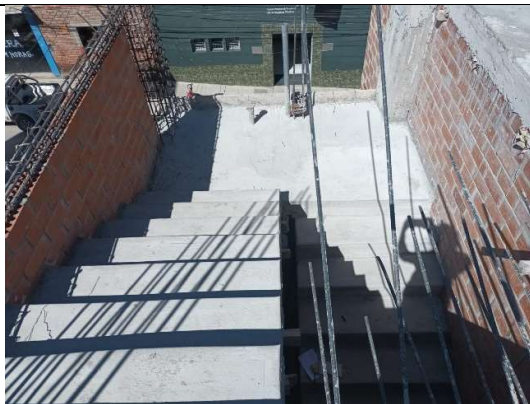
Fotografía 2. Habilidadación y colocación de acero en la vivienda 1



Fotografía 3. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 1



Fotografía 4. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 1



Fotografía 5. Habilidadación y colocación de acero en la vivienda 2



Fotografía 6. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 2



Fotografía 7. Registro de la carta balance en la vivienda 2 durante la construcción de la escalera con forma geométrica de U



Fotografía 8. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 2



Fotografía 9. Habilidad y encofrado en la vivienda 3



Fotografía 10. Habilidad y colocación de acero en la vivienda 3



Fotografía 11. Tesistas y asesor de la investigación verificando el proceso de construcción en la vivienda 3



Fotografía 12. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 3



Fotografía 13. Habilidad y encofrado en la vivienda 4



Fotografía 14. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 4



Fotografía 15. Registro de la carta balance en la vivienda 4 durante la construcción de la escalera con forma geométrica de U



Fotografía 16. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 4



Fotografía 17. Habilidad y encofrado en la vivienda 5



Fotografía 18. Habilidad y colocación de acero en la vivienda 5



Fotografía 19. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 5



Fotografía 20. Registro de la carta balance en la vivienda 5 durante la construcción de la escalera con forma geométrica de U



Fotografía 21. Habilitación y encofrado en la vivienda 6



Fotografía 22. Habilitación y colocación de acero en la vivienda 6



Fotografía 23. Registro de la carta balance en la vivienda 6 en la construcción de la escalera con forma geométrica de U



Fotografía 24. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 6



Fotografía 25. Habilidad y encofrado en la vivienda 7



Fotografía 26. Verificaciones de dimensiones en la escalera con forma de U en la vivienda 7



Fotografía 27. Habilidad y colocación de acero en la vivienda 7



Fotografía 28. Registro de la carta balance en la vivienda 7 en la construcción de la escalera con forma de U



Fotografía 29. Vista frontal de la vivienda 8 a evaluar



Fotografía 30. Habilidad y encofrado en la vivienda 8



Fotografía 31. Habilitación y colocación de acero en la vivienda 8



Fotografía 32. Vista de la escalera en forma de U en la vivienda 8



Fotografía 33. Verificaciones de la separación de acero y dimensiones en la escalera con forma de U en la vivienda 8



Fotografía 34. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 8



Fotografía 35. Habilitación y encofrado en la vivienda 9



Fotografía 36. Habilitación y colocación de acero en la vivienda 9



Fotografía 37. Registro de la carta balance en la vivienda 9 en la construcción de la escalera con forma de U



Fotografía 38. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 9



Fotografía 39. Vista frontal de la vivienda 10 a evaluar



Fotografía 40. Habilitación y colocación de acero en la vivienda 10



Fotografía 41. Habilitación y encofrado en la vivienda 10



Fotografía 42. Registro de la carta balance en la vivienda 10



Fotografía 43. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 10



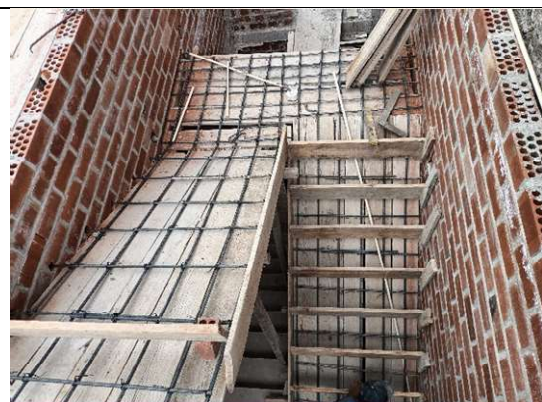
Fotografía 44. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 10



Fotografía 45. Habilidad y encofrado en la vivienda 11



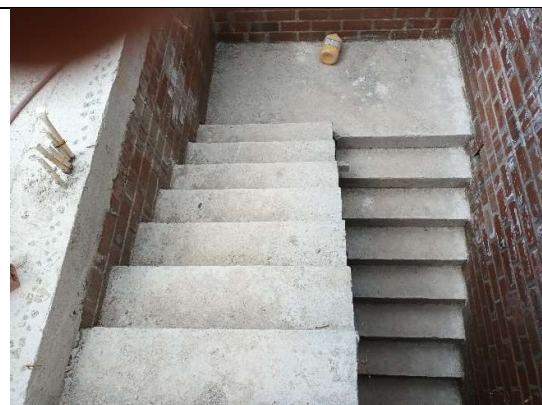
Fotografía 46. Habilidad y colocación de acero en la vivienda 11



Fotografía 47. Registro de la carta balance en la vivienda 11 en la construcción de la escalera con forma de U



Fotografía 48. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 11



Fotografía 49. Habilidadación y colocación de acero en la vivienda 12



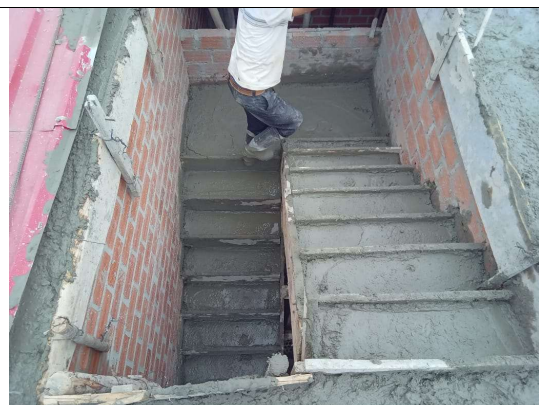
Fotografía 50. Habilidadación y encofrado en la vivienda 12



Fotografía 51. Registro de la carta balance en la vivienda 12 en la construcción de la escalera con forma de U



Fotografía 52. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 12



Fotografía 53. Verificaciones de la separación de acero y dimensiones en la escalera con forma de U en la vivienda 13



Fotografía 54. Registro de la carta balance en la vivienda 13 en acero de la escalera con forma de U



Fotografía 55. Registro de la carta balance en la vivienda 13 en la escalera con forma de U



Fotografía 56. Preparación y vaciado de concreto en la vivienda 13



Fotografía 57. Habilidadación y encofrado en la vivienda 14



Fotografía 58. Habilidadación y colocación de acero en la vivienda 14



Fotografía 59. Registro de la carta balance en la vivienda 14 en la construcción de la escalera con forma de U



Fotografía 60. Vista de la escalera en forma de U construida en la vivienda 14



Anexo 3. Resumen de resultados de rendimiento de la mano de obra

a) Habitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U.

Vivienda	Día	Cuadrilla			Cuadrilla	Número de trabajadores	Tiempo (hr)	Avance diario (m2)	Coeficiente de Aporte unitario Mano de Obra			Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m2/día)	Rendimiento ajustado (m2/día) cuadrilla 2.1 trabajadores	% que representa de CAPECO (9.90 m2/día)
		Op.	Of.	Pe.					Op.	Of.	Pe.				
1	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	5.5	7.01	0.8		0.8	1.57	10.20	10.71	108.21%
1	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	2.1	2.05	1.0		1.0	2.03	7.86	8.26	83.41%
1	3	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.7	6.40	0.6		0.6	1.15	13.97	14.67	148.14%
2	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.92	5.75	0.7		0.7	1.36	11.75	12.34	124.63%
2	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.75	5.22	0.7		0.7	1.44	11.13	11.69	118.04%
3	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.42	5.93	0.7		0.7	1.49	10.74	11.28	113.91%
3	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	1.08	1.63	0.7		0.7	1.33	12.04	12.64	127.66%
3	3	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.50	5.05	0.7		0.7	1.39	11.54	12.12	122.42%
4	1	1		0.2	1 OP + 0.2 PE	1.2	8.75	7.39	1.2		0.2	1.42	6.76	11.83	119.46%
4	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	2.50	3.44	0.7		0.7	1.45	11.01	11.56	116.75%
4	3	1			1 OP	1	4.00	2.57	1.6		0.0	1.56	5.14	10.79	109.03%
5	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.92	6.37	0.6		0.6	1.23	13.01	13.66	138.03%
5	2	1			1 OP	1	7.17	5.92	1.2		0.0	1.21	6.61	13.88	140.18%
6	1	1		2	1 OP + 2 PE	3	6.00	8.60	0.7		1.4	2.09	11.46	8.03	81.06%
6	2	1			1 OP	1	8.58	5.97	1.4		0.0	1.44	5.56	11.68	117.95%
7	1	1			1 OP	1	9.75	8.79	1.1		0.0	1.11	7.21	15.14	152.93%
7	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	1.75	2.75	0.6		0.6	1.27	12.57	13.20	133.33%
7	3	1		1.05	1 OP + 1.05 PE	2.05	1.80	2.88	0.6		0.7	1.28	12.80	13.11	132.45%
8	1	1.5			1.5 OP	1.5	4.15	3.30	1.9		0.0	1.89	6.36	8.91	90.01%
8	2	1.5		1	1.5 OP + 1 PE	2.5	2.17	1.86	1.7		1.2	2.90	6.89	5.78	58.42%
8	3	1.5		1	1.5 OP + 1 PE	2.5	5.00	7.96	0.9		0.6	1.57	12.74	10.70	108.06%
8	4	2			2 OP	2	3.50	4.98	1.4		0.0	1.41	11.38	11.95	120.73%
9	1	2			2 OP	2	2.75	3.29	1.7		0.0	1.67	9.56	10.03	101.36%
9	2	2		0.50	2 OP + 0.5 PE	2	2.25	2.37	1.4		0.5	1.90	8.44	8.86	89.51%
9	3	1		2	1 OP + 2 PE	3	3.25	4.39	0.7		1.5	2.22	10.81	7.56	76.41%
10	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	1.83	1.38	1.3		1.3	2.66	6.02	6.32	63.87%
10	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.80	4.99	1.0		1.0	1.92	8.32	8.73	88.21%
10	3	0.6		1	0.60 OP + 1 PE	1.6	5.00	5.24	0.6		1.0	1.53	8.38	11.00	111.15%
11	1	1			1 OP	1	2.83	1.64	1.7		0.0	1.73	4.63	9.72	98.22%
11	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	6.25	5.17	1.2		1.2	2.42	6.62	6.95	70.18%
11	3	1		0.4	1 OP + 0.40 PE	1.4	5.35	4.64	1.2		0.5	1.61	6.94	10.41	105.13%
12	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.83	4.76	1.0		1.0	2.03	7.88	8.28	83.62%
12	2	1.5			1.5 OP	1.5	3.78	3.81	1.5		0.0	1.49	8.06	11.28	113.93%
13	1	1	1	1	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	1.92	1.93	1.0	1.0	1.0	2.98	8.06	5.64	56.96%
13	2	1	0.75	0.94	1 OP + 0.75 OF + 0.94 PE	2.69	3.50	4.89	0.7	0.5	0.7	1.92	11.18	8.73	88.18%
13	3	0.85	0.25	1	0.85 OP + 0.25 OF + 1 PE	2.1	3.50	5.47	0.5	0.2	0.6	1.34	12.50	12.50	126.29%
14	1	1		1.3	1 OP + 1.3 PE	2.3	7.00	9.86	0.7		0.9	1.63	11.27	10.29	103.97%
14	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.58	5.59	0.6		0.6	1.28	12.48	13.10	132.36%
15	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.25	7.19	0.6		0.6	1.18	13.53	14.21	143.54%
15	2	1		0.29	1 OP + 0.29 PE	1.29	3.85	4.11	0.9		0.3	1.21	8.54	13.90	140.43%

b) **Habilitación y colocación del acero en escaleras con forma geométrica de U.**

Vivienda	Día	Cuadrilla			Cuadrilla	Número de trabajadores	Tiempo (hr)	Avance diario (kg)	Coeficiente de Aporte unitario Mano de Obra			Aporte unitario (hh)	Rendimiento (kg/día)	Rendimiento ajustado (m2/día) cuadrilla 2.1 trabajadores	% que representa de CAPECO (250 kg/día)
		Op.	Of.	Pe.					Op.	Of.	Pe.				
1	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.75	145.99	0.03		0.03	0.07	245.9	258.16	103.27%
1	2	1		1	1 OP + 1 PE	2	2.25	63.23	0.04		0.04	0.07	224.8	236.06	94.43%
2	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.5	74.913	0.05		0.05	0.09	171.2	179.79	71.92%
3	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.17	83.42	0.05		0.05	0.10	160.17	168.18	67.27%
4	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	4.05	99.09	0.04		0.04	0.08	195.74	205.53	82.21%
5	1	1		1.2	1 OP + 1.2 PE	2.2	2.40	95.32	0.03		0.03	0.06	317.74	303.29	121.32%
6	1	0.1		2	0.1 OP + 2 PE	2.1	4.25	81.16	0.01		0.10	0.11	152.77	152.77	61.11%
7	1	1		0.5	1 OP + 0.5 PE	1.5	4.50	124.81	0.04		0.02	0.05	221.89	310.64	124.26%
8	1	2		1	2 OP + 1 PE	3	2.17	65.49	0.07		0.03	0.10	241.80	169.26	67.70%
8	2	1.5		0	1.5 OP	1.5	3.33	64.30	0.08		0.00	0.08	154.47	216.26	86.51%
9	1	1		2	1 OP + 2 PE	3	3.67	101.47	0.04		0.07	0.11	221.40	154.98	61.99%
10	1	0.8		0.8	0.8 OP + 0.8 PE	1.6	2.85	77.04	0.03		0.03	0.06	216.26	283.84	113.54%
11	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	0.67	12.77	0.05		0.05	0.10	152.48	160.10	64.04%
11	2			1.3	1.3 PE	1.3	4.92	62.11	0.00		0.10	0.10	101.00	163.15	65.26%
12	1	2.3		0	2.3 OP	2.3	2.25	62.04	0.08		0.00	0.08	220.60	201.42	80.57%
13	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	1.00	13.07	0.1	0.0	0.1	0.15	104.54	109.77	43.91%
13	2	1	1	0	1 OP + 1 OF	2	3.42	56.20	0.1	0.1	0.0	0.12	131.60	138.18	55.27%
14	1	1		1.2	1 OP + 1.2 PE	2.2	4.00	98.43	0.04		0.05	0.09	196.85	187.90	75.16%
15	1	1		1	1 OP + 1 PE	2	3.45	85.51	0.04		0.04	0.08	198.28	208.19	83.28%

c) Preparación y vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U.

Vivienda	Cuadrilla			Cuadrilla	Número de trabajadores	Tiempo (hr)	Avance diario (m3)	Coeficiente de Aporte unitario Mano de Obra			Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m3/día)	Rendimiento ajustado (m3/día) cuadrilla de 14.2 trabajadores	% que representa de CAPECO (12 m3)
	Op.	Of.	Pe.					Op.	Of.	Pe.				
1	1		3	1 OP + 3 PE	4.00	5.267	2.003	2.63		7.89	10.52	3.04	10.80	90.00%
2	1		3	1 OP + 3 PE	4.00	2.13	1.09	1.95		5.85	7.81	4.10	14.55	121.28%
3	1		5	1 OP + 5 PE	6.00	2.33	1.83	1.27		6.36	7.64	6.28	14.87	123.95%
4	1		1	1 OP + 1 PE	2.00	4.83	1.17	4.13		4.13	8.26	1.94	13.75	114.62%
5	2		8	2 OP + 8 PE	10.00	1.27	1.03	2.46		9.84	12.30	6.50	9.24	76.97%
6	0.63		2.23	0.63 OP + 2.23 PE	2.85	3.67	1.14	2.02		7.18	9.19	2.48	12.36	102.99%
7	1	1	2	1 OP + 1 OF + 2 PE	4.00	2.83	1.40	2.0	2.0	4.0	8.08	3.96	14.05	117.11%
8	1.5		1.5	1.5 OP + 1.5 PE	3.00	4.92	1.85	3.98		3.98	7.96	3.01	14.26	118.87%
9	1		5.7	1 OP + 5.7 PE	6.70	1.45	1.22	1.19		6.80	7.99	6.71	14.22	118.50%
10	0.7		1.2	0.7 OP + 1.2 PE	1.90	4.00	0.97	2.89		4.95	7.85	1.94	14.48	120.67%
11	0.4		1.4	0.4 OP + 1.4 PE	1.80	4.45	1.00	1.78		6.24	8.02	1.79	14.16	117.99%
12	2.2		1.8	2.2 OP + 1.8 PE	4.00	1.43	0.69	4.56		3.73	8.29	3.86	13.71	114.22%
13	1	0.33	2.7	1 OP + 0.33 OF + 2.7 PE	4.00	1.83	0.91	2.0	0.7	5.4	8.08	3.96	14.06	117.21%
14	1		5	1 OP + 5 PE	6.00	3.25	2.18	1.49		7.46	8.95	5.36	12.70	105.81%
15	1.7		8.3	1.7 OP + 8.3 PE	10.00	0.77	1.03	1.27		6.19	7.46	10.72	15.22	126.87%

Anexo 4. Resumen de resultados de productividad de la mano de obra

a) Habitación y encofrado de escaleras con forma geométrica de U.

Vivienda	Día	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
1	1	1 OP + 1 PE	2	36.25%	45.00%	18.75%
1	2	1 OP + 1 PE	2	33.54%	49.79%	16.67%
1	3	1 OP + 1 PE	2	32.92%	43.96%	23.13%
1	4	1 OP + 1 PE	2	44.85%	40.44%	14.71%
2	1	1 OP + 1 PE	2	27.92%	38.33%	33.75%
2	2	1 OP + 1 PE	2	20.00%	42.50%	37.50%
3	1	1 OP + 1 PE	2	32.29%	45.00%	22.71%
3	2	1 OP + 1 PE	2	17.08%	58.13%	24.79%
3	3	1 OP + 1 PE	2	30.50%	46.00%	23.50%
3	4	1 OP + 1 PE	2	34.52%	20.12%	45.36%
4	1	1 OP + 1 PE	2	41.67%	30.42%	27.92%
4	2	1 OP + 1 PE	2	32.50%	36.04%	31.46%
4	3	1 OP	1	25.00%	37.92%	37.08%
4	4	1 OP	1	23.75%	45.83%	30.42%
5	1	1 OP	1	39.17%	45.42%	15.42%
5	2	1 OP	1	60.83%	19.58%	19.58%
5	3	1 OP	1	29.38%	47.92%	23.89%
6	1	1 OP + 2 PE	3	28.19%	47.92%	23.89%
6	2	1 OP + 2 PE	3	23.61%	40.14%	36.25%
7	1	1 OP	1	77.33%	9.88%	12.79%
7	2	1 OP	1	38.75%	49.58%	11.67%
7	3	1 OP	1	36.25%	29.17%	34.58%
7	4	1 OP	1	30.83%	44.17%	25.00%
7	5	1 OP	1	24.58%	43.75%	31.67%
7	6	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	36.47%	19.08%	44.44%
8	1	2 OP + 1 PE	3	20.56%	53.19%	26.25%
8	2	2 OP + 1 PE	3	36.81%	31.81%	31.39%
8	3	2 OP + 1 PE	3	36.67%	19.44%	43.89%
8	4	2 OP + 1 PE	3	35.42%	29.17%	35.42%
8	5	2 OP	2	66.67%	13.96%	19.38%
9	1	2 OP	2	41.04%	35.42%	23.54%
9	2	2 OP + 2 PE	4	50.98%	14.01%	35.01%

Vivienda	Día	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
9	3	2 OP	2	39.38%	22.08%	38.54%
9	4	1 OP + 2 PE	3	66.53%	9.72%	23.75%
10	1	1 OP + 1 PE	2	39.38%	21.46%	39.17%
10	2	1 OP + 1 PE	2	30.21%	11.04%	58.75%
10	3	1 OP + 1 PE	2	22.19%	45.00%	32.81%
10	4	1 OP + 1 PE	2	35.21%	45.00%	19.79%
10	5	1 OP + 1 PE	2	41.46%	17.92%	40.63%
10	6	1 OP + 1 PE	2	24.58%	26.88%	48.54%
10	7	1 OP + 1 PE	2	30.99%	32.55%	36.46%
10	8	1 PE	1	27.92%	12.08%	60.00%
10	9	1 OP + 1 PE	2	46.32%	20.64%	33.04%
10	10	1 OP + 1 PE	2	46.88%	20.21%	32.92%
11	1	1 OP + 1 PE	2	34.38%	43.96%	21.67%
11	2	1 OP	1	67.50%	27.08%	5.42%
11	3	1 OP + 1 PE	2	42.38%	32.79%	24.83%
11	4	1 OP	1	50.00%	14.58%	35.42%
12	1	1 OP	1	30.42%	24.17%	45.42%
12	2	1 OP	1	9.68%	46.77%	43.55%
12	3	2 OP	2	34.07%	37.88%	28.05%
12	4	2 OP	2	48.26%	21.53%	30.21%
13	1	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	28.39%	33.03%	38.58%
13	2	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	38.61%	26.67%	34.72%
13	3	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	33.47%	23.75%	42.78%
13	4	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	32.40%	20.77%	46.84%
13	5	1 OP + 1 OF + 1 PE	3	35.14%	23.61%	41.25%
13	6	1 OP + 1 PE	2	45.00%	29.79%	25.21%
14	1	1 OP + 1 PE	2	71.25%	17.92%	10.83%
14	2	1 OP + 1 PE	2	31.76%	50.49%	17.75%
14	3	1 OP + 2 PE	3	25.69%	43.75%	30.56%
15	1	1 OP + 1 PE	2	17.92%	58.96%	23.13%
15	2	1 OP + 1 PE	2	21.88%	46.04%	32.08%
15	3	1 OP + 1 PE	2	18.06%	36.39%	45.56%
15	4	1 OP + 1 PE	2	22.08%	60.76%	17.16%
15	5	1 OP	1	37.75%	48.04%	14.22%

b) Habitación y colocación del acero en escaleras con forma geométrica de U.

Vivienda	Día	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
1	1	1 OP + 1 PE	2	56.88%	22.71%	20.42%
1	2	1 OP + 1 PE	2	83.33%	6.88%	9.79%
2	1	1 OP + 1 PE	2	58.54%	21.04%	20.42%
2	2	1 OP + 1 PE	2	71.04%	11.67%	17.29%
3	1	1 OP + 1 PE	2	41.25%	31.46%	27.29%
3	2	1 OP + 1 PE	2	55.63%	31.25%	13.13%
3	3	1 OP + 1 PE	2	59.72%	27.78%	12.50%
4	1	1 OP + 1 PE	2	59.58%	15.21%	25.21%
4	2	1 OP + 1 PE	2	30.21%	48.13%	21.67%
4	3	1 OP + 1 PE	2	67.59%	20.37%	12.04%
5	1	2 OP + 1 PE	3	38.31%	17.38%	44.30%
5	2	2 OP + 1 PE	3	56.30%	22.11%	21.60%
6	1	2 OP + 1 PE	3	43.13%	33.97%	22.90%
6	2	2 PE	2	47.92%	25.42%	26.67%
7	1	1 OP + 1 OF	2	40.42%	31.25%	28.33%
7	2	1 OF	1	51.02%	18.37%	30.61%
7	3	1 OP	1	50.83%	24.58%	24.58%
7	4	1 OP	1	39.58%	35.83%	24.58%
7	5	1 OP	1	68.55%	15.32%	16.13%
8	1	2 OP + 1 PE	3	26.25%	44.03%	29.72%
8	2	2 OP + 1 PE	3	57.64%	23.33%	19.03%
8	3	2 OP	2	42.08%	29.58%	28.33%
9	1	1 OP + 2 PE	3	66.81%	12.64%	20.56%
9	2	1 OP + 2 PE	3	71.39%	19.03%	9.58%
10	1	1 OP + 1 PE	2	29.94%	40.82%	29.24%
10	2	1 OP + 1 PE	2	47.22%	25.91%	26.88%
10	3	1 OP + 1 PE	2	41.97%	30.37%	27.66%
11	1	1 OP + 1 PE	2	39.36%	27.21%	33.42%
11	2	1 OP + 1 PE	2	39.58%	30.63%	29.79%
11	3	1 OP	1	54.17%	25.42%	20.42%
11	4	1 OP	1	42.50%	35.42%	22.08%
12	1	2 OP	2	27.50%	31.46%	41.04%
12	2	2 OP + 1 PE	3	39.95%	23.07%	36.98%
12	3	1 OP	1	30.42%	24.17%	45.42%
13	1	1 OP + 1 PE	2	30.21%	42.71%	27.08%

Vivienda	Día	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
13	2	1 OP + 1 OF	2	38.96%	22.71%	38.33%
13	3	1 OP + 1 OF	2	47.92%	21.67%	30.42%
13	4	1 OP + 1 OF	2	53.75%	18.33%	27.92%
13	5	1 OP + 1 OF	2	56.00%	16.50%	27.50%
14	1	1 OP + 2 PE	3	44.57%	25.52%	29.91%
14	2	1 OP + 1 PE	2	42.50%	32.71%	24.79%
14	3	1 OP + 2 PE	3	53.33%	28.61%	18.06%
15	1	1 OP + 1 PE	2	33.96%	51.88%	14.17%
15	2	1 OP + 1 PE	2	53.96%	28.13%	17.92%
15	3	1 OP + 1 PE	2	57.02%	17.54%	25.44%

c) Preparación y vaciado de concreto en escaleras con forma geométrica de U.

Vivienda	Número de registros por hora	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
1	1	1 OP + 2 PE	3	34.03%	24.12%	41.85%
1	2	1 OP + 2 PE	3	23.19%	34.58%	42.22%
1	3	1 OP + 2 PE	3	35.65%	29.40%	34.95%
1	4	1 OP + 1 PE	2	35.25%	52.95%	11.80%
1	5	1 OP	1	0.00%	96.88%	3.13%
2	1	1 OP + 3 PE	4	15.00%	35.63%	49.38%
3	1	1 OP + 5 PE	6	24.79%	58.06%	17.15%
3	2	1 OP + 5 PE	6	26.67%	47.71%	25.63%
3	3	1 OP + 3 PE	4	13.19%	36.11%	50.69%
4	1	1 OP + 1 PE	2	20.00%	63.33%	16.67%
4	2	1 OP + 1 PE	2	12.92%	71.88%	15.21%
5	1	2 OP + 8 PE	10	8.95%	36.18%	54.87%
6	1	3 PE	3	39.86%	28.14%	32.00%
6	2	1 OF + 3 PE	4	30.94%	33.02%	36.04%
6	3	1 OF + 3 PE	4	41.71%	25.59%	32.70%
7	1	1 OP + 1 OF + 2 PE	4	15.94%	55.94%	28.13%
7	2	1 OP + 1 OF + 2 PE	4	12.63%	69.13%	18.25%
8	1	1 OP + 1 PE	2	13.33%	69.38%	17.29%
8	2	2 OP + 2 PE	4	44.55%	28.72%	26.74%
8	3	2 OP + 2 PE	4	24.58%	38.54%	36.88%
8	4	2 OP + 2 PE	4	21.75%	49.61%	28.65%

Vivienda	Número de registros por hora	Cuadrilla	Número de trabajadores	TP	TC	TNC
9	1	2 OP + 10 PE	12	14.77%	54.01%	31.22%
10	1	1 PE	1	0.00%	78.75%	21.25%
10	2	1 OP + 1 PE	2	37.29%	33.13%	29.58%
10	3	1 OP + 2 PE	3	37.95%	41.02%	21.03%
11	1	1 PE	1	0.00%	78.33%	21.67%
11	2	1 PE	1	40.00%	31.67%	28.33%
11	3	1 OP + 2 PE	3	42.05%	33.68%	24.27%
11	4	1 OP + 2 PE	3	18.15%	26.48%	55.37%
12	1	3 OP + 4 PE	7	17.47%	54.62%	27.90%
13	1	1 OP + 1 OF + 6 PE	8	11.44%	48.76%	39.80%
14	1	1 OP + 5 PE	6	38.33%	50.76%	10.90%
15	1	2 OP + 8 PE	10	8.46%	45.93%	45.61%

Anexo 5. Datos recolectados en campo

Este anexo compila todos los datos primarios obtenidos durante la evaluación del rendimiento y la productividad en la construcción de escaleras de concreto con forma geométrica de U en las 15 viviendas seleccionadas para el estudio, en la ciudad de Chota. Incluye la información de identificación de cada vivienda, los datos de la mano de obra participante y los formatos empleados para el registro, cálculo y control del desempeño productivo en las partidas evaluadas: habilitación y encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. Su contenido permite reproducir el procedimiento metodológico, contrastar los registros de campo y verificar la consistencia de los resultados obtenidos.

Para fines de ordenamiento y trazabilidad, la documentación se presenta en carpetas individuales por vivienda, y en cada una se incorpora lo siguiente:

- Datos de la vivienda (identificación y ubicación).
- Datos de la mano de obra (cuadrilla participante y características relevantes).
- Formato de rendimiento para el cálculo del rendimiento de mano de obra por partida.
- Carta balance para la determinación de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos.

La versión electrónica del anexo puede descargarse directamente mediante el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1d8Zas73bJUqdFFNdpw7UQNoa1Tz6NUXU?usp=drive_link

También se encuentra disponible a través del código QR adjunto.

