

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica, de
cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Tecnología de la construcción y procesos constructivos

Autor(es):

Anacely Lizbeth Herrera Fernández

Maritza Yoemí Acuña Vásquez

Asesor:

Dr. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín

Chota – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



CARTA N° 09-2026-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Karina del R. Silva Tarrillo**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de Anacely Lizbeth Herrera Fernández y Maritza Yoemí Acuña Vásquez.

FECHA : Colpa Matara, 10 de junio del 2026.

REFERENCIA: i) INFORME N° 019-2026-UNACH/KRS / Envío de tesis en digital en su versión final
ii) CARTA N° 006-2026-UNACH/KRST / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N° 037-2026-UNACH-FCI-EPIC-DAIC/JEGG / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) INFORME N° 007-2026-UNACH/CEBN / 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: **“PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTO EN LA EXCAVACIÓN MANUAL Y MECÁNICA, DE CIMENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **Anacely Lizbeth Herrera Fernández y Maritza Yoemí Acuña Vásquez**, 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
N° 127732

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

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 09-2026.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 10 de junio del 2026.

C.O. N° 09-2026-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: **“PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTO EN LA EXCAVACIÓN MANUAL Y MECÁNICA, DE CIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Anacely Lizbeth Herrera Fernández y Maritza Yoemí Acuña Vásquez**, 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

Anacely L Herrera F - Maritza Y. Acuña V

Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica, de cimientos en la construcción de viviendas de la c...

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

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3591113672

Fecha de entrega

9 jun 2026, 9:48 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 jun 2026, 8:45 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_okok_TNT.pdf

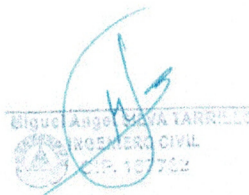
Tamaño del archivo

1.8 MB

138 páginas

37.176 palabras

186.270 caracteres




Dr. Luis F. ROMERO CHUCQUILIN

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.




DR. LUIS F. ROMERO CHUDUILIN

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	5%
2	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
3	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
4	Internet	vsip.info	<1%
5	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
6	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
7	Internet	hdl.handle.net	<1%
8	Internet	documents.mx	<1%
9	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
10	Internet	tesis.unsm.edu.pe	<1%
11	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	<1%

D.R. LUIS E. ROMERO CHURRUARÍN



12	Internet	www.essex.ac.uk	<1%
13	Internet	edoc.pub	<1%
14	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
15	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
16	Internet	www.coursehero.com	<1%
17	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
18	Internet	repositorio.uladech.edu.pe	<1%
19	Internet	www.unach.edu.pe	<1%
20	Internet	journal.admi.or.id	<1%
21	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
22	Internet	en.www.inegi.org.mx	<1%
23	Internet	issuu.com	<1%
24	Internet	comunidadaria.com	<1%
25	Internet	www.mdpi.com	<1%

DR. LUIS E. RAMIRO CHUQUILIN



26	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	<1%
27	Publicación	Munoz Builes, Diana Marcela. "Estudio Sociolinguistico de la Entonacion del Espa...	<1%
28	Internet	worldwidescience.org	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
30	Trabajos del estudiante	Colegio de Postgraduados	<1%
31	Publicación	Muhammad Nadeem, Heejong Park, Avinash Malik. "Bandwidth Stealing TDMA A...	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
33	Internet	alumnieditora.com	<1%
34	Internet	repositorio.eespnsrmdrededios.edu.pe	<1%
35	Trabajos del estudiante	Escola Universitària Salesiana de Sarrià	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%
39	Internet	docs.google.com	<1%


 DR. LUIS F. ROMERO CHUQUILAN

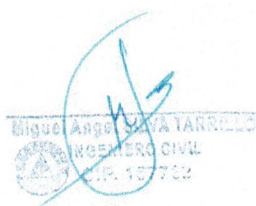


40	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
41	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	<1%
42	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
43	Internet	1library.co	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Alas Peruanas	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	<1%
46	Internet	pdfcookie.com	<1%
47	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
48	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	<1%
49	Internet	repositorio.umch.edu.pe	<1%
50	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
51	Internet	www.icfes.gov.co	<1%
52	Internet	www.ilustrados.com	<1%
53	Internet	www.ul-brasil.com	<1%

DR. LUIS F. ROMERO CHURQUILIN



54	Publicación	José J Bustillos-Guzmán, Christine J Band-Schmidt, David J López-Cortés, Francisco...	<1%
55	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
56	Internet	www.ilo.ch	<1%
57	Internet	www.paho.org	<1%



Dr. Luis F. Romero Chuquilin

**PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTO EN LA EXCAVACIÓN
MANUAL Y MECÁNICA, DE CIMIENTOS EN LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE
CHOTA, 2024**

POR:

ANACELY LIZBETH HERRERA FERNÁNDEZ

MARITZA YOEMÍ ACUÑA VÁSQUEZ

**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



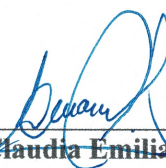
Mg. Ing. Karina del Rocío Silva Tarrillo

PRESIDENTE



Dr. Ing. Juan Esteban Gonzales García

SECRETARIO



Dra. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Ley de creación N° 29531

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

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 4:00 p.m. del día 23 de junio de 2026, reunidos en la sala de docentes de la EPIC, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentada por las Bachilleres: Anacely Lizbeth Herrera Fernández y Maritza Yoemí Acuña Vásquez, denominada: **“PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTO EN LA EXCAVACIÓN MANUAL Y MECÁNICA, DE CIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

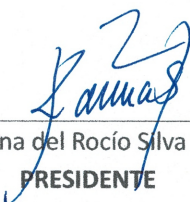
APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

CON EL CALIFICATIVO (*)

QUINCE (15.00)

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, 23 de junio del 2026.


Mg. Karina del Rocío Silva Tarrillo
PRESIDENTE


Dr. Juan Esteban Gonzales García
SECRETARIO


Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
VOCAL


Dr. Luis Fernando Romero Chuquilín
ASESOR

(*) 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 Suma 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

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



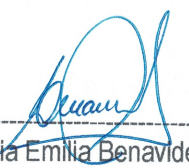
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

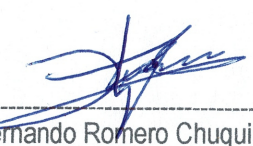
Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **"Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica, de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024"** presentado por los bachilleres **Anacely Lizbeth Herrera Fernández y Maritza Yoemí Acuña Vásquez**, sustentada el día 23 de junio del 2026, según Resolución N°149-2026-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 13 de julio de 2026.


Mg. Karina del Rocio Silva Tarrillo
PRESIDENTE


Dr. Juan Esteban Gonzales García
SECRETARIO


Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
VOCAL


Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por concederme salud, fortaleza y sabiduría para sostener la disciplina y la perseverancia requeridas durante el desarrollo de esta investigación, aun en los momentos de mayor exigencia. A mi madre, por su amor infinito, su sacrificio silencioso y su fe inquebrantable en mí, por enseñarme que los sueños se construyen con esfuerzo. A mis hermanos, por ser mi fuente de motivación. Y a todos los que me apoyaron y dejaron su huella en mi desarrollo personal.

De: Anacely Lizbeth Herrera Fernández

Esta tesis está dedicada, en primer lugar, a Dios, porque gracias a su guía y fortaleza he podido culminar mi carrera. A mi papá, por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que me motivaron a ser una mejor persona y a luchar por mis sueños. A mi hermano, por acompañarme en cada paso y por ofrecerme palabras de aliento cuando más las necesitaba. A mis angelitos en el cielo, por cuidarme, protegerme y guiarme en cada decisión. Finalmente, a mis amigos, compañeros y a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a que alcanzara este objetivo.

De: Acuña Vásquez Maritza Yoemí.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Dios por la vida, la salud y la fortaleza que hicieron posible la culminación de este trabajo; a nuestro asesor Mg. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín, por su guía académica, sus observaciones precisas y su acompañamiento constante durante el desarrollo de la investigación; y a todas las personas que, de manera directa o indirecta, brindaron su apoyo, tiempo y colaboración para alcanzar este objetivo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Justificación (incluya el impacto y pertinencia del tema de investigación).....	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. Enfoque teórico de la productividad en la construcción	30
2.2.2. Enfoque teórico del rendimiento en la construcción.....	32
2.2.3. Teoría del estudio del trabajo aplicada a la construcción	33
2.2.4. Modelos técnicos para el cálculo del rendimiento manual	35
2.2.5. Modelos técnicos para el cálculo del rendimiento mecánico.....	36
2.2.6. Rendimientos de CAPECO (2006) para excavaciones manuales y mecánicas	42
2.3. Definiciones conceptuales	43
2.3.1. Cimentaciones	43
2.3.2. Método de excavación para cimentaciones.....	46
2.3.3. Rendimiento en la construcción	51
2.3.4. Productividad en la construcción	53

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	55
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	55
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	57
3.2.1. Ubicación	57
3.2.2. Población.....	58
3.2.3. Muestreo.....	58
3.2.4. Muestra.....	59
3.2.5. Unidad de análisis	60
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
3.3.1. Técnicas de recolección de datos	61
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos	62
3.4. Hipótesis	62
3.5. Operacionalización de variables	63
3.5.1. Variable independiente: Método de excavación de cimientos, manual o mecánica	63
3.5.2. Variable dependiente 1: Rendimiento.....	63
3.5.3. Variable dependiente 2: Productividad	63
3.5.4. Matriz de operacionalización de variables	64
3.6. Procedimientos de recolección de datos	65
3.6.1. Revisión documental del compendio CAPECO (2006) y cálculo de los aportes unitarios por partida	65
3.6.2. Selección y caracterización de las viviendas de estudio	67
3.6.3. Caracterización de las cimentaciones.....	69
3.6.4. Aplicación de la encuesta y caracterización de la mano de obra	70
3.6.5. Caracterización de la maquinaria	71
3.6.6. Registro y cálculo del rendimiento	72
3.6.7. Registro de la productividad a través de la carta balance	75
3.7. Procedimientos de análisis de datos.....	80
3.8. Material y equipos (descripción del uso).....	81
3.9. Aspectos éticos	82
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	84

4.1. Descripción de resultados	84
4.1.1. Condiciones de las cimentaciones, el terreno y los recursos de ejecución (mano de obra y maquinaria) en la excavación.....	84
4.1.2. Rendimiento y uso de los tiempos de producción durante la excavación manual de cimientos en viviendas.....	90
4.1.3. Rendimiento y uso de los tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas.....	105
4.1.4. Comparar el rendimiento y productividad de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas.....	117
4.1.5. Características, ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos	120
4.2. Contrastación de hipótesis.....	124
4.3. Discusión.....	126
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
5.1. Conclusiones.....	142
5.2. Recomendaciones.....	144
REFERENCIAS.....	146
ANEXOS.....	155
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	155
Anexo 2. Panel fotográfico	156
Anexo 3. Datos de la cimentación	170
Anexo 4. Cuestionario a la mano de obra	176
Anexo 5. Cuestionario sobre las características de la maquinaria	178
Anexo 6. Rendimiento en excavaciones	179
Anexo 7. Validación de instrumentos.....	184
Anexo 8. Resultado de las características de las viviendas, la cimentación, los trabajadores, la maquinaria, el rendimiento y la productividad en la excavación manual y con maquinaria .	190
Anexo 9. Análisis de confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos (cuestionarios)	191

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Factor de visibilidad en obra.....	37
Tabla 2	Factor de altitud	37
Tabla 3	Factor de tipo de material.....	38
Tabla 4	Tiempo promedio de un ciclo	38
Tabla 5	Factores de conversión volumétrica de acuerdo al tipo de suelo	39
Tabla 6	Grado de esponjamiento de acuerdo con el tipo de suelo	41
Tabla 7	Rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones según CAPECO (2006)	42
Tabla 8	Tipo de investigación según los principales criterios	55
Tabla 9	Criterios de inclusión y exclusión para la selección de la muestra	58
Tabla 10	Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio	60
Tabla 11	Matriz de operacionalización de variables	64
Tabla 12	Resumen de rendimientos y aportes unitarios de la mano de obra para la excavación de cimentaciones según CAPECO (2006)	66
Tabla 13	Características generales de las viviendas donde se ha realizado excavación manual	68
Tabla 14	Características generales de las viviendas donde se ha realizado excavación mecánica	68
Tabla 15	Actividades consideradas como tiempo productivo, contributorio y no contributorio en excavaciones manuales para cimentaciones	77
Tabla 16	Actividades consideradas como tiempo productivo, contributorio y no contributorio en excavaciones mecánicas para cimentaciones	79
Tabla 17	Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la investigación.....	81
Tabla 18	Resumen de las condiciones de la cimentación y del terreno en viviendas con excavación manual.....	84
Tabla 19	Resumen de las condiciones de la cimentación y del terreno en viviendas con excavación con maquinaria.....	85
Tabla 20	Características de la mano de obra en viviendas con excavación manual	88
Tabla 21	Características de la mano de obra en viviendas con excavación con maquinaria	88
Tabla 22	Características de la maquinaria empleada en la excavación de cimentaciones	89
Tabla 23	Rendimientos de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla de 1 PE	90
Tabla 24	Comparación del rendimiento de la mano de obra en la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla 1.1 trabajadores.....	91
Tabla 25	Rendimientos de la mano de obra en la excavación manual de cimientos, por partida, para la cuadrilla 1 PE.....	92

Tabla 26	Comparación del rendimiento en la excavación manual de cimientos, por partida	93
Tabla 27	Rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda.	94
Tabla 28	Comparación del rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda	95
Tabla 29	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en viviendas	96
Tabla 30	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 1	98
Tabla 31	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 1	98
Tabla 32	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 2	99
Tabla 33	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 3	100
Tabla 34	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 8	101
Tabla 35	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 9	102
Tabla 36	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 12	103
Tabla 37	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 13	104
Tabla 38	Rendimiento durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas	105
Tabla 39	Porcentaje del rendimiento real referente al planificado en la excavación mecánica	106
Tabla 40	Comparación del rendimiento ajustado con el rendimiento dado por CAPECO	107
Tabla 41	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas	108
Tabla 42	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 4	110
Tabla 43	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 5	111
Tabla 44	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 6	112
Tabla 45	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 7	113
Tabla 46	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 10	114

Tabla 47	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 11	115
Tabla 48	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 14	116
Tabla 49	Comparación del rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos	117
Tabla 50	Comparación del uso de los tiempos en la excavación manual y mecánica	119
Tabla 51	Características generales observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos.	120
Tabla 52	Comparación de tiempo y rendimiento entre la excavación manual y mecánica de cimientos	121
Tabla 53	Condiciones económicas y operativas observadas en la excavación manual y mecánica .	122
Tabla 54	Comparación del costo estimado de excavación en un lote pequeño - mediano	122
Tabla 55	Comparación del costo estimado de excavación en un lote grande	122
Tabla 56	Ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos...	123
Tabla 57	Prueba de Mann-Whitney para comparación del rendimiento manual y mecánico.....	125
Tabla 58	Prueba de Mann-Whitney para comparación del uso de los tiempos de producción manual y mecánico	125
Tabla 59	Resumen de rendimiento y productividad: excavación manual de cimientos.....	138
Tabla 60	Resumen de rendimiento y productividad: excavación mecánica de cimientos	139
Tabla 61	Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación manual.....	140
Tabla 62	Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación mecánica	141
Tabla 63	Alfa de Cronbach determinado para los cuestionarios.....	191

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Técnicas de la medición del trabajo	33
Figura 2	Ángulo de giro 90° del talud excavado	39
Figura 3	Cimentaciones superficiales de acuerdo con la norma E.050.....	43
Figura 4	Tipos de cimentaciones superficiales	44
Figura 5	Diseño de investigación.....	56
Figura 6	Ubicación de la ciudad de Chota	57
Figura 7	Ubicación de las viviendas en estudio.....	59
Figura 8	Características de la cimentación registradas en cada lugar de excavación	69
Figura 9	Aplicación del cuestionario a trabajadores de excavaciones manuales y mecánicas	70
Figura 10	Características de la maquinaria utilizada en la excavación.....	71
Figura 11	Registro del rendimiento diario en excavaciones manuales y mecánicas	72
Figura 12	Registro del uso de los tiempos de producción (productividad) en excavaciones manuales y mecánicas.....	75
Figura 13	Procesamiento de la información de la carta balance	80
Figura 14	Porcentaje de trabajadores según categoría en la excavación manual.....	86
Figura 15	Porcentaje de trabajadores según categoría en la excavación mecánica	87
Figura 16	Comparación del rendimiento de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla 1.1 trabajadores.....	91
Figura 17	Comparación del rendimiento en la excavación manual de cimientos, por partida	93
Figura 18	Comparación del rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda	95
Figura 19	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en viviendas	97
Figura 20	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos por viviendas.....	97
Figura 21	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 2.....	99
Figura 22	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 3.....	100
Figura 23	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 8.....	101
Figura 24	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 9.....	102

Figura 25	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 12.....	103
Figura 26	Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 13.....	104
Figura 27	Porcentaje del rendimiento real referente al planificado en la excavación mecánica.....	106
Figura 28	Comparación del rendimiento ajustado con el rendimiento dado por CAPECO	107
Figura 29	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas	109
Figura 30	Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos por viviendas.....	109
Figura 31	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 4	110
Figura 32	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 5	111
Figura 33	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 6	112
Figura 34	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 7	113
Figura 35	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 10	114
Figura 36	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 11	115
Figura 37	Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 14	116
Figura 38	Comparación de la cuadrilla de trabajo en la excavación manual y mecánica de cimientos	118
Figura 39	Comparación del rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos.....	118
Figura 40	Comparación del tiempo de excavación manual y mecánica de cimientos.....	118
Figura 41	Comparación del uso de los tiempos en la excavación manual y mecánica.....	119
Figura 42	Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación manual	140
Figura 43	Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación mecánica.....	141

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Sigla / Abreviatura	Significado
AU	Aporte unitario
AUop	Aporte unitario del operario
AUpe	Aporte unitario del peón
AUt	Aporte unitario total
BIM	Building Information Modeling
CAP	Capataz
CAPECO	Cámara Peruana de la Construcción
CEC	Capacidad efectiva del cucharón
CV	Coeficiente de variación
Fa	Factor de altitud
FCF	Factor de corrección final
Fca	Factor de corte y ángulo de giro
Fman	Factor de maniobrabilidad
Fp	Factor de pendiente
Fv	Factor de visibilidad en obra
GIS	Sistema de Información Geográfica
GM	Guía de la máquina
GNSS	Sistema global de navegación por satélite
HH	Horas-hombre
IMU	Unidad de medición inercial
JL	Jornada laboral
M.O.	Mano de obra
MRT	Mass Rapid Transit
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NC	Número de ciclos
NDT-SLAM	Normal Distributions Transform - Simultaneous Localization and Mapping
OF	Oficial
OP	Operario
PBI	Producto Bruto Interno
PCA	Análisis de componentes principales
PE	Peón
RE	Rendimiento esperado
RRE	Rendimiento de la retroexcavadora
RR	Rendimiento real
Rp	Rendimiento promedio
Tc	Tiempo de ciclo
TC	Tiempo contributorio
TNC	Tiempo no contributorio
TP	Tiempo productivo
TTC	Tiempo total de ciclo

RESUMEN

La excavación de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota presenta diferencias técnicas y operativas entre el método manual y el mecánico, las cuales inciden directamente en el rendimiento y en la productividad de la ejecución. En ese contexto, la investigación tuvo como objetivo analizar la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. La investigación fue de enfoque cuantitativo de nivel descriptivo-comparativo y de diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por 14 viviendas en construcción del área urbana de Chota, seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados mostraron que, en la excavación manual, predominaron las zapatas y los cimientos corridos, con alturas de excavación entre 0.60 m y 2.00 m, cuadrillas promedio de 3.5 trabajadores y rendimiento real promedio de 2.38 m³/día; además, se registró un 53.0% de tiempo productivo, 29.9% de tiempo contributorio y 17.1% de tiempo no contributorio. En la excavación mecánica se observó una mayor diversidad de cimentaciones, alturas de excavación entre 1.10 m y 2.80 m, cuadrillas promedio de 1.8 trabajadores y rendimiento real promedio de 152.05 m³/día; sin embargo, se registró un 51.0% de tiempo productivo y un 31.0% de tiempo no contributorio. Se concluyó que la excavación mecánica fue superior en rendimiento absoluto y capacidad de producción, mientras que la excavación manual mostró mejor aprovechamiento del tiempo, mayor cercanía al estándar CAPECO y mejor adaptación a espacios reducidos; por ello, la elección del método depende del tamaño del lote, el volumen a excavar, el costo y la calidad de ejecución requerida.

Palabras clave: tiempo productivo, metrado, operario, peón, maquinaria, cimientos.

ABSTRACT

Foundation excavation in residential construction in the city of Chota exhibits technical and operational differences between manual and mechanical methods that directly affect execution productivity and performance. In this context, the objective of the study was to analyze the productivity and performance of manual and mechanical foundation excavation in residential building construction in the city of Chota. The study adopted a quantitative approach, with a descriptive-comparative level and a non-experimental design. The sample consisted of 14 housing units under construction in the urban area of Chota, selected through non-probabilistic convenience sampling. The results showed that, in manual excavation, isolated footings and continuous strip footings predominated, with excavation depths ranging from 0.60 m to 2.00 m, average crews of 3.5 workers, and an average actual production rate of 2.38 m³/day; additionally, 53.0% productive time, 29.9% contributory time, and 17.1% non-contributory time were recorded. In mechanical excavation, a greater diversity of foundation types was observed, with excavation depths ranging from 1.10 m to 2.80 m, an average crew size of 1.8 workers, and an average actual production rate of 152.05 m³/day; however, 51.0% of the time was productive, and 31.0% was non-contributory. It was concluded that mechanical excavation outperformed manual excavation in terms of absolute production rate and production capacity, whereas manual excavation showed better time utilization, closer alignment with the CAPECO standard, and better adaptability to confined spaces; therefore, the choice of method depends on lot size, excavation volume, cost, and the required quality of execution.

Keywords: productive time, quantity takeoff, operator, laborer, machinery, foundations.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La excavación de cimientos condiciona la estabilidad inicial de la estructura, la seguridad operativa y la duración de la obra. La construcción emplea alrededor del 7% de la fuerza laboral mundial, equivalente a unos 220 millones de personas, y genera cerca del 15% del PBI global y concentra tareas de alto impacto; por ello, decidir entre la excavación manual y la mecánica no solo responde a criterios de rapidez, sino también de seguridad, precisión y productividad (Allana et al., 2025). En ese contexto, Wu et al. (2024) señalan que la excavación manual mantiene ventajas de control y precisión en espacios reducidos, mientras que Wang y He (2024) destacan que la excavación mecánica permite remover mayores volúmenes en menor tiempo. Del mismo modo, Xia et al. (2024) señalan que la mecanización puede reducir significativamente los tiempos de ejecución hasta en un 50%, pero Nam (2023) precisa que el método manual sigue siendo preferible cuando se requiere mayor detalle o cuando existen restricciones físicas en el entorno inmediato.

En el país, de acuerdo con la Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO] (2024), se estima que se requiere construir alrededor de 195 mil viviendas al año durante los próximos veinte años para atender tanto el déficit acumulado como la formación de nuevos hogares. A ello se suma que, según CAPECO, en 2024 el sector de la construcción registró un crecimiento de 2.2%, con incrementos de 10.5% en la inversión pública, 18.3% en el monto de créditos hipotecarios y 10.9% en el empleo en la construcción de Lima Metropolitana. En ese escenario, la excavación de cimientos, por ser una partida inicial que condiciona plazos, costos y la secuencia de actividades posteriores, requiere mediciones de rendimiento y productividad ajustadas a las condiciones reales de trabajo y no solo a valores referenciales generales. Esto se debe

a que, si bien CAPECO (2006) presenta valores referenciales como: 450 m³/día para excavaciones masivas con maquinaria; 4.0 m³/día para zanjas manuales hasta 1.00 m; 3.50 m³/día hasta 1.40 m; 3.00 m³/día hasta 1.70 m; 2.50 m³/día para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m; y 6.0 m³/día para acarreo manual a 30 m. Estos son valores estimados para el contexto de la ciudad de Lima; por ende, no hay datos locales.

En Cajamarca, estudios recientes evidencian que los rendimientos teóricos o presupuestados no siempre reflejan el comportamiento real de la mano de obra ni de la maquinaria en campo. Pizán (2023), en Cajamarca, reportó rendimientos promedio de 128.84 m³/h para la excavadora y de 45.49 m³-km/h para el volquete y concluyó que dichos valores fueron menores que los previstos en la propuesta económica y los teóricos. De manera complementaria, Gaitán (2024), en Chota, determinó que el clima, el tipo de suelo, la experiencia del operario y la antigüedad de la maquinaria influyeron negativamente en la productividad de la excavadora, de modo que el rendimiento efectivo representó el 55.37% del rendimiento teórico. Esto muestra que la productividad de las actividades de movimiento de tierras depende de condiciones específicas del entorno y del sistema de trabajo, lo que justifica estudios focalizados en partidas concretas, como la excavación de cimientos para viviendas.

En la ciudad de Chota, investigaciones recientes en partidas de edificaciones de vivienda ya han advertido que los valores de rendimiento empleados de manera habitual en expedientes técnicos, muchas veces tomados de CAPECO (2006), no representan necesariamente el comportamiento real de la mano de obra local. Torres et al. (2024) señalan expresamente que gran parte de los expedientes técnicos continúa utilizando rendimientos de CAPECO o tablas antiguas, lo que afecta negativamente la programación de la obra. En la misma línea, Medina y Romero (2024) identificaron una distribución del tiempo de 33.85% productivo, 43.75% contributorio y 22.425% no

contributorio y concluyeron que los rendimientos obtenidos fueron inferiores a los establecidos por CAPECO. Por tanto, la productividad y el rendimiento en Chota presentan particularidades propias, asociadas al contexto local de trabajo.

Sin embargo, pese a dicha evidencia local en otras partidas, no se cuenta con información específica y actualizada sobre la productividad y el rendimiento en la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota, aun cuando esta actividad presenta características particulares que pueden modificar sustancialmente el desempeño esperado. A diferencia de otras partidas, la excavación de cimientos está fuertemente condicionada por la profundidad de desplante, el tipo de suelo, el espacio disponible para maniobras, la geometría de zapatas y cimientos corridos, y la necesidad de precisión para no sobreexcavar ni afectar las colindancias. En estas condiciones, la excavación mecánica puede ofrecer mayor rapidez cuando existe accesibilidad y un frente de trabajo suficiente, pero puede perder eficiencia en lotes reducidos o con restricciones de maniobra; mientras que la excavación manual, aunque más lenta y físicamente exigente, puede adaptarse mejor a espacios estrechos y a detalles geométricos más controlados. Por ello, resulta necesario analizar comparativamente ambos métodos en viviendas de la ciudad de Chota, a fin de determinar su productividad y rendimiento reales, contrastarlos con los valores referenciales disponibles y generar evidencia técnica útil para la programación, presupuestación y toma de decisiones en obras de vivienda.

1.2. Justificación (incluya el impacto y pertinencia del tema de investigación)

La investigación permitió ampliar el conocimiento sobre la productividad y el rendimiento en la excavación de cimientos al comparar dos métodos de excavación empleados en la construcción de viviendas: la excavación manual y la mecánica. A partir de esta comparación, fue posible identificar las ventajas, limitaciones y

condiciones de aplicación de cada método. De este modo, el estudio contribuyó a fortalecer el sustento técnico de futuras investigaciones relacionadas con los procesos constructivos, el rendimiento de la mano de obra y el uso eficiente de la maquinaria.

La investigación abordó un vacío de información existente en la ciudad de Chota, donde no se habían estudios que analicen la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas. En ese sentido, el estudio permitió aplicar procedimientos de medición directa en campo, registrar rendimientos, analizar la productividad y contrastar con valores referenciales, lo que constituyó una base objetiva para evaluar el desempeño de ambos métodos de excavación. Asimismo, la investigación aportó una referencia metodológica que puede utilizarse en estudios similares relacionados con partidas de movimiento de tierras y cimentaciones.

Desde el punto de vista práctico, la excavación de cimientos constituye una actividad inicial que influye directamente en el cronograma, los costos y la secuencia constructiva de una obra. Por ello, conocer cuál de los métodos presenta mejores resultados en términos de rendimiento y productividad permitió contar con información útil para la toma de decisiones de ingenieros, maestros de obra, contratistas y propietarios. Además, los resultados obtenidos sirven como referencia para ajustar criterios de programación y presupuestos de obras de vivienda en Chota y distritos.

Finalmente, los resultados contribuyeron a promover procesos constructivos más eficientes, con potencial para reducir los tiempos de ejecución, optimizar el uso de la mano de obra y de los equipos y mejorar la calidad de las obras desde su etapa de cimentación. En consecuencia, el estudio no solo benefició al sector de la construcción al proporcionar información técnica aplicable al ámbito local, sino que también favoreció indirectamente a la población, al aportar criterios que pueden incidir en una ejecución más ordenada, segura y eficiente de las viviendas.

1.3. Formulación del problema

¿Existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota?

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Comparar la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Caracterizar las condiciones geométricas y técnicas de las cimentaciones, las condiciones del terreno y los recursos de ejecución (mano de obra y maquinaria) en las viviendas evaluadas de la ciudad de Chota.
- Determinar el rendimiento y el uso de los tiempos de producción durante la excavación manual de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.
- Determinar el rendimiento y el uso de los tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.
- Analizar la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.
- Describir las principales características, ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos, en términos de tiempo, costos y calidad de ejecución, en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Rudiyansa y Kabdiyono (2025), en su artículo científico “Analysis of the Productivity of Excavator and Dump Truck Heavy Equipment in the Excavation Works for the Construction of Jakarta MRT Station Cp 203 Phase 2A” [Análisis de la productividad de la maquinaria pesada (excavadoras y camiones volquete) en las obras de excavación para la construcción de la estación Cp 203 Fase 2A del MRT de Yakarta], tuvieron como objetivo analizar la productividad de las excavadoras y los camiones volquete. La metodología de la investigación fue de enfoque cuantitativo, recopilando datos primarios mediante observaciones de campo y entrevistas, así como datos secundarios a partir de la documentación del proyecto. Determinaron que la excavadora Caterpillar 320 tiene una productividad real de 40.8 m³/h, mientras que los cálculos teóricos indican un potencial de 45.8 m³/h. Además, para el óptimo funcionamiento de la excavadora, se requieren cuatro camiones volquete con una capacidad de 24 m³ cada uno. Concluyeron que el rendimiento real en la excavación mecánica es menor que el rendimiento teórico, pero que el trabajo puede optimizarse.

Benrouba et al. (2025), en su artículo científico “*Autonomous Productivity Measurement NDT-SLAM-based Algorithm for Excavator Earthwork Operations*” [Algoritmo de medición de productividad autónoma basado en NDT-SLAM para operaciones de movimiento de tierras con excavadoras], tuvieron como objetivo monitorear la productividad de excavadoras en tiempo real mediante una cámara RGB-D y nubes de puntos. El estudio de caso evaluó el método de estimación de volumen propuesto a lo largo del tiempo, aplicándolo a una excavación activa, utilizando tanto un escáner láser terrestre como el sistema NDT-SLAM. La excavación se llevó a cabo

en ciclos secuenciales hasta completar las zanjas, de entre 30 y 50 m de longitud. La excavación se monitorizó continuamente mediante el método propuesto, lo que resultó en un volumen total medido de 605.01 m³. Para validar este resultado, se estableció una referencia mediante un escáner láser terrestre, que estimó el volumen total excavado en 620.13 m³. La diferencia resultante de 15.12 m³ representó un error de volumen del 2.5%. Concluyó una reducción de aproximadamente el 45% en el tiempo de recolección de datos, manteniendo las mediciones de volumen y productividad dentro de márgenes de error aceptables para su aplicación en campo.

Kim et al. (2025), en su investigación “The influence of real-time feedback on excavator operator actions in footing excavation: machine guidance and conventional methods” [Influencia de la retroalimentación en tiempo real en las acciones del operador de excavadora en la excavación de cimientos: guiado de la máquina y métodos convencionales], tuvieron como objetivo determinar cómo la guía de la máquina (GM), que proporciona información en tiempo real sobre la profundidad y la pendiente de la excavación, puede modificar las acciones de los operadores y mejorar el rendimiento en comparación con los métodos de excavación convencionales. Realizaron un experimento controlado en una obra en construcción, en el que se excavaron cuatro cimientos cuadrados de 4 x 4 m, con una profundidad de 1.2 m y taludes laterales de 1:0.2 en una obra de construcción en Hwaseong, provincia de Gyeonggi, Corea del Sur, en clima despejado con una excavadora de 30 toneladas Hyundai CE HX 300A. Determinaron que el método con guía redujo la duración total de 3650 s a 2652 s, disminuyó el número de ciclos de 68 a 57 y mejoró el factor de llenado promedio de 3.04 a 3.47, lo que evidencia mejoras claras en la eficiencia operativa.

Tayebwa (2024), en su tesis de maestría “*Measurement of production rates for manual trenching on construction projects*” [Medición de las tasas de producción para

la excavación manual de zanjas en proyectos de construcción], tuvo como objetivo identificar los factores que afectan las tasas de producción de excavación manual en proyectos de construcción y desarrollar un modelo de simulación. Utilizó el enfoque cuantitativo y el análisis factorial de componentes principales (PCA), determinando tres factores principales: configuración del equipo, tipo de terreno y condiciones climáticas. Determinó que la mayor tasa promedio de producción fue de 0.860 m³/h/persona en una cuadrilla de 2 trabajadores con alineamiento recto-plano, suelo franco arcilloso arenoso blando y cuadrilla calificada; la menor fue de 0.447 m³/h/persona en alineamiento recto-inclinado, suelos gravosos duros y clima seco. Además, la simulación de Monte Carlo identificó una tasa de 0.738 m³/h/persona como la más probable.

Molaei et al. (2023), en su investigación “Automatic estimation of excavator’s actual productivity in trenching and grading operations using building information modeling (BIM)” [Estimación automática de la productividad real de la excavadora en operaciones de excavación y nivelación mediante modelado de información de construcción (BIM)], tuvieron como objetivo determinar la productividad real de la excavadora en operaciones de excavación mediante el modelo BIM. Utilizó la metodología cuantitativa para aplicar el modelo del proceso de excavación. En la excavación utilizaron una excavadora Komatsu® PC138US, antigua pero con mantenimientos regulares cada 500 horas de trabajo, con capacidad de cuchara colmada de 0.37 m³, que excavó una zanja de 1 m de profundidad, 0.825 m de ancho y 23.8 m de largo, alcanzando un rendimiento de 480 m³/día. Concluyó que, en zanjas y nivelación, la productividad no solo depende de la cantidad de material removido, sino también de la precisión dentro de las tolerancias, y propone estimarla mediante la comparación entre la superficie real y el modelo objetivo, usando LiDAR, GNSS e IMU.

Chen et al. (2023), en su investigación *“Automatic vision-based calculation of excavator earthmoving productivity using zero-shot learning activity recognition”* [Cálculo automático basado en visión de la productividad del movimiento de tierras de la excavadora mediante el reconocimiento de actividades de aprendizaje de disparo cero], tuvieron como objetivo analizar automáticamente la productividad de las excavadoras en tareas de movimiento de tierras mediante el aprendizaje de disparo cero para el reconocimiento de actividades. Desarrolló un método de visión computacional para calcular automáticamente la productividad de las excavadoras en tareas de movimiento de tierra. Alcanzó 86% de precisión en reconocimiento de actividades de excavadora y 87.8% en evaluación de productividad. Concluyó que la excavación mecánica automática es una herramienta prometedora para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de movimiento de tierras.

Velandia (2022), en su tesis de maestría *“Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca”*, tuvo como objetivo determinar el rendimiento y los consumos de mano de obra en diez actividades del componente de cimentación seleccionadas en ocho viviendas del municipio de Tame, Colombia. Cada vivienda tuvo dimensiones y profundidad de desplante propias, pero en todos los casos se construyó con zapatas conectadas. La cuadrilla para excavación manual de hasta 2 m de profundidad estuvo conformada por 1 peón con rendimiento de 2.51 m³/día. Concluyeron que, durante la construcción de la cimentación de viviendas en Tame, se alcanzan rendimientos inferiores a los supuestos de otras regiones.

2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Morales y Silva (2025), en Cusco, en su investigación *“Factores de corrección en rendimientos de maquinaria pesada en movimiento de tierras”*, tuvieron como objetivo describir los factores de corrección que afectan el rendimiento de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras. La investigación fue de enfoque cualitativo, de nivel descriptivo y de diseño no experimental. La técnica utilizada fue el análisis documental; posteriormente, los resultados se procesaron en Excel. Determinaron que el rendimiento teórico era de 160 m³/h, pero la producción real era de 28.87 m³/h, por lo que el rendimiento real era de 231 m³/día para una excavadora del modelo 312D2. Concluyeron que la aplicación de factores de corrección permite ajustar los rendimientos teóricos de la maquinaria pesada a las condiciones reales de excavación, lo que mejora la precisión en la estimación de la productividad.

Rivera (2025), en su tesis *“Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra real con respecto al típico establecido en el expediente técnico, en partidas incidentes que contienen un mayor porcentaje de mano de obra, para el proyecto de saneamiento básico de Ambo en la provincia de Ambo, 2019”*, tuvo como objetivo determinar la diferencia entre el rendimiento de la mano de obra y el del expediente técnico. La investigación fue de enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo, de diseño no experimental, con una muestra no probabilística integrada por 67 trabajadores que realizan labores de excavación en Ambo. Determinó que el rendimiento de la mano de obra en la excavación manual de zanjas de hasta 1.20 m de profundidad era de 2.95 m³/día, en la excavación de zanjas de hasta 1.40 m de profundidad era de 2.70 m³/día y en la excavación de zanjas de hasta 1.70 m de profundidad alcanzaba 2.60 m³/día, siendo menor en todos los casos a los valores del expediente técnico de 6, 5 y 4 m³/día, respectivamente y a los de CAPECO de 4, 3.5 y 3 m³/día. Concluyeron que las

variaciones en el rendimiento de la mano de obra en excavaciones de zanjas de 1.20, 1.40 y 1.70 m son de 3.05, 2.30 y 0.40 m³/día, respectivamente.

Munarris (2024), su investigación realizada en Huancayo “*Predicción de rendimiento de maquinarias para movimiento de tierras utilizando redes neuronales artificiales*”, tuvo como objetivo determinar de qué manera la Red Neuronal Artificial será predictor del rendimiento de las maquinarias para movimiento de tierras. La investigación fue cuantitativa, de nivel descriptivo, de diseño no experimental, y la muestra fue de los equipos utilizados en corte, excavación y extensión. Determinaron que, el rendimiento teórico de la excavadora CAT 320 DL/CH era 138 m³/h, pero el rendimiento real oscilaba de 69 a 98 m³/h, de la excavadora CAT 320 DL/J el rendimiento teórico era 148 m³/h, pero el rendimiento real oscilaba de 80 a 97 m³/h, de la excavadora CAT 320 D/CH el rendimiento teórico era 138 m³/h y el real era 59 a 96 m³/h, de la excavadora CAT 320 D/J el rendimiento teórico era 148 m³/h y el real era 65 a 98 m³/h, de la excavadora CAT 322 DL el rendimiento teórico era 168 m³/h y el real era 60 a 72 m³/h, de la excavadora CAT 325 DL el rendimiento teórico era 204 m³/h y el rendimiento real era 72 a 83 m³/h, de la excavadora CAT 330 DL el rendimiento teórico era 211 m³/h y el rendimiento real era 84 a 93 m³/h, de la excavadora CAT 336 DL el rendimiento teórico era 268 m³/h y el rendimiento real era 94 a 103 m³/h, de la excavadora Komatsu PC350 el rendimiento teórico era 247 m³/h y el rendimiento real era 39 a 52 m³/h, de la excavadora volvo EC220 el rendimiento teórico era 156 m³/h y el rendimiento real era 65 a 94 m³/h. Concluyó que la correlación de Pearson es muy alta, con coeficientes de 0.9971 para los rendimientos de los tractores y de 0.9906 para el rendimiento del excavador.

Mendoza y Chávez (2023), en su investigación en Juanjuí, “*Análisis de rendimiento del equipo mecánico para el movimiento de tierras del proyecto:*

Mejoramiento del camino vecinal sector Chambira - San Juan del Caño – distrito de Juanjui”, tuvieron como objetivo realizar el análisis entre los rendimientos formulados en el expediente técnico y el rendimiento obtenidos en campo del equipo mecánico que se utilizó en las partidas de movimiento de tierras y subpartidas de excavación. Utilizaron un enfoque cuantitativo mediante la observación directa para registrar el rendimiento de la excavación. Determinaron que el rendimiento promedio de las excavadoras fue de 908 m³/día; del tractor de orugas, de 1788.91 m³/día; de los cargadores frontales, de 114.98 m³/día; y de los volquetes, de 808.78 m³/día. Concluyeron que los rendimientos varían según el expediente técnico.

Sánchez (2023), en su estudio titulado “*Determinación del rendimiento, productividad de la mano de obra y su incidencia directa sobre el tiempo en la ciudad de Pucallpa con respecto a CAPECO*”, tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra y su incidencia directa en el cronograma de ejecución de la obra en la ciudad de Pucallpa. El tipo de investigación fue aplicado, mixto, de nivel descriptivo, explicativo y correlacional; la población fue de 6 obras y la muestra estuvo representada por 23 partidas, dentro de las cuales se encontraron la partida de movimiento de tierras y la subpartida de excavaciones. Determinaron que el rendimiento promedio de mano de obra en la excavación de zangas de viga de cimentación fue de 1.40 m³/día, lo que representa una disminución de productividad del 18.26% respecto al valor indicado por CAPECO, con un índice de productividad del 98.02%; sin embargo, la excavación de zapata con maquinaria obtuvo un rendimiento mayor, cuyo índice de productividad fue menor que el de CAPECO solo en un 2.87%. Concluyó que la excavación mecánica presenta un mejor rendimiento y productividad que la excavación manual, tomando como referencia los índices de CAPECO.

2.1.3. Antecedentes regionales

Gaitán (2024), en su tesis de maestría “*Factores que afectan negativamente la productividad de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras de la carretera Huallangate-San José, Chota*”, tuvo como objetivo analizar los factores que afectan negativamente la productividad de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras. El estudio fue cuantitativo, de nivel correlacional, diseño no experimental, la muestra fueron los tres operarios y peones que manejaron tres excavadoras (CAT 320 D2L) con rendimiento teórico de 210 m³/h. Determinó que el rendimiento promedio en la excavación de material suelto, roca suelta y roca fija fue de 172.48 m³/h, 87.13 m³/h y 67.42 m³/h, con un rendimiento diario promedio de 930.23 m³/día. Asimismo, la distribución del tiempo fue 7.13 horas en trabajo productivo, 1.13 contributorio y 1.18 no contributorio. Concluyó que los factores que más afectan la productividad de la maquinaria pesada son el clima, el tipo de suelo, las características del operario y de la maquinaria, y que la eficiencia respecto al rendimiento es del 55.37%.

Pizán (2023), en su estudio “*Evaluación de rendimientos en movimiento de tierras con maquinaria pesada para la construcción de la plataforma de lixiviación Carachugo etapa 14 – Cajamarca*”, tuvo como objetivo evaluar los rendimientos del movimiento de tierras con maquinaria pesada en la construcción de dicha plataforma. La investigación fue de tipo descriptivo; la muestra estuvo conformada por la excavadora CAT 336 D2L, el tractor CAT D6T y el volquete de 15 m³. Determinaron que el rendimiento promedio de la excavadora CAT 336 D2L fue de 128.84 m³/h; el volquete, de 45.49 m³·km/h; y el tractor Cat D6T, de 111.16 m³/h. Concluyó que los rendimientos promedio del movimiento de tierras de la maquinaria pesada estudiada son menores que los de la propuesta económica y que los rendimientos teóricos.

Tarrillo (2022), en su investigación *“Evaluación de rendimientos y productividad de la mano de obra en obras de saneamiento rural en el distrito de Chota – Cajamarca”*, tuvo como objetivo, determinar el rendimiento y productividad de la mano de obra, en la ejecución de obras de saneamiento rural. El tipo de investigación fue descriptivo correlacional. Determinó que el rendimiento de la mano de obra en la partida de movimiento de tierras en campo difiere del expediente técnico y de los de CAPECO, y que el trabajo productivo representa el 49.46% con relación a las partidas de excavación manual en zanja de 0.40 x 0.60 y de cimientos corridos C:H 1:10 + 30% PM. Concluyó que los rendimientos y la productividad de la mano de obra en las excavaciones son inferiores a los estándares establecidos por CAPECO.

Muñoz (2022), en su estudio *“Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca”*, tuvo como objetivo determinar el rendimiento en campo de la maquinaria pesada para el movimiento de tierras. El tipo de investigación fue analítica comparativa. Determinó que el rendimiento de la partida de excavaciones de la excavadora fue de 81.17 m³/h, mientras que el especificado por el fabricante fue de 128.48 m³/h. Concluyó que los rendimientos reales alcanzados fueron inferiores a los especificados por el fabricante.

Gonzáles (2020), en su tesis *“Determinación del rendimiento de la mano de obra no calificada, en la excavación de zanjas para proyectos de saneamiento en el distrito de Querocoto, Chota, Cajamarca”*, tuvo como objetivo determinar el rendimiento de mano de obra en la excavación de zanjas. Determinó que el rendimiento de la mano de obra en campo fue, en promedio, de 3.45 m³/día y que, según el expediente técnico, fue de 3.20 m³/día. Concluyó que el rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas supera lo estipulado en el expediente técnico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Enfoque teórico de la productividad en la construcción*

La productividad en la construcción debe entenderse como un campo de análisis multidimensional que abarca la medición del desempeño, la identificación de factores influyentes, la simulación de procesos y la gestión de recursos en obra; por ello, no se limita a una relación simple entre insumos y productos, sino que comprende la interacción entre la mano de obra, los equipos, la organización del trabajo y las condiciones del proyecto (Qi et al., 2024).

2.2.1.1.Productividad en procesos constructivos.

La productividad en los procesos constructivos se vincula con la capacidad del sistema de producción para transformar recursos en resultados mediante operaciones coordinadas, estandarizadas y medibles, de modo que su mejora depende no solo del esfuerzo individual, sino también de la reducción de ineficiencias, la integración de datos y la continuidad del flujo de trabajo (Bühler et al., 2025).

2.2.1.2.Productividad de la mano de obra en la construcción.

La productividad de la mano de obra en construcción se expresa como el nivel de eficiencia con que los trabajadores convierten el tiempo y el esfuerzo en avance físico. Jiang et al. (2024) indican que, en proyectos constructivos, la productividad laboral continúa siendo uno de los indicadores más representativos del desempeño y su mejora puede lograrse al optimizar el flujo del proceso en 24.07%.

La productividad en la excavación manual es un aspecto determinante debido a su incidencia directa en los tiempos de obra y los costos de construcción. En este proceso intervienen diversos factores, entre los que destacan la experiencia y la destreza de los trabajadores, pues, como señala Rodríguez (2010), la pericia adquirida en este tipo de labores favorece una ejecución más ágil. De igual manera, la capacitación en

procedimientos eficaces mejora el desempeño del personal y contribuye a reducir los riesgos durante la obra (Zapata y Grisales, 2017). Asimismo, según Fong (2019), la disponibilidad de implementos adecuados (herramientas y equipos) acelera el desarrollo de la excavación. A ello se suman las condiciones del terreno, ya que la presencia de rocas, raíces u otros obstáculos puede dificultar el avance de los trabajos y disminuir la productividad (Ramírez, 2004).

2.2.1.3.Productividad de la maquinaria en la construcción.

La productividad de la maquinaria en construcción se relaciona con la capacidad real de los equipos para ejecutar volúmenes de trabajo en un tiempo determinado bajo condiciones efectivas de obra, razón por la cual no debe asumirse únicamente a partir de valores teóricos o de manuales, sino a partir de su comportamiento real en campo. Šopić et al. (2024) destacan que la productividad real de máquinas de construcción, como excavadoras y camiones de acarreo, desempeña un papel esencial en el avance de los movimientos de tierra y que su estimación resulta compleja, ya que los manuales ofrecen valores promedio y las condiciones de obra introducen variaciones imprevistas que afectan el desempeño efectivo de los equipos.

En ese sentido, Fong (2019) sostiene que la selección de maquinaria adecuada y su correcto estado operativo permiten incrementar significativamente el rendimiento de la excavación. Del mismo modo, Zapata y Grisales (2017) destacan que la capacitación del personal en el manejo de equipos resulta esencial para realizar las labores con seguridad y eficiencia. A ello se suma la necesidad de una planificación adecuada y de una organización eficiente del trabajo, pues, según Strofer (2023), dichos aspectos permiten reducir los retrasos y mejorar el desempeño general de la obra. Sin embargo, las condiciones climáticas y las características del suelo también pueden afectar la estabilidad de las zanjas y disminuir la productividad (Cantú et al., 2018).

2.2.2. Enfoque teórico del rendimiento en la construcción

El rendimiento en la construcción puede entenderse como la cantidad de trabajo ejecutado en un tiempo determinado bajo condiciones específicas de operación, por lo que constituye una medida técnica del desempeño de los recursos durante la ejecución de una actividad (Ko et al., 2024).

2.2.2.1. Rendimiento de la mano de obra.

El rendimiento de la mano de obra en construcción expresa la cantidad de trabajo físico producido por los trabajadores en función del tiempo efectivamente empleado, lo que permite evaluar la capacidad real de ejecución de una cuadrilla o de un trabajador en una actividad específica. Amarasinghe et al. (2025) definen la productividad laboral en la construcción como el número de unidades de trabajo producidas por hora-hombre.

2.2.2.2. Rendimiento de equipos y maquinaria.

El rendimiento de equipos y maquinaria corresponde a la capacidad real de los recursos mecánicos para ejecutar una determinada cantidad de trabajo en un tiempo dado, considerando tanto sus condiciones técnicas como las de operación en campo (Molaei et al., 2023).

2.2.2.3. Relación entre rendimiento, tiempo y volumen ejecutado.

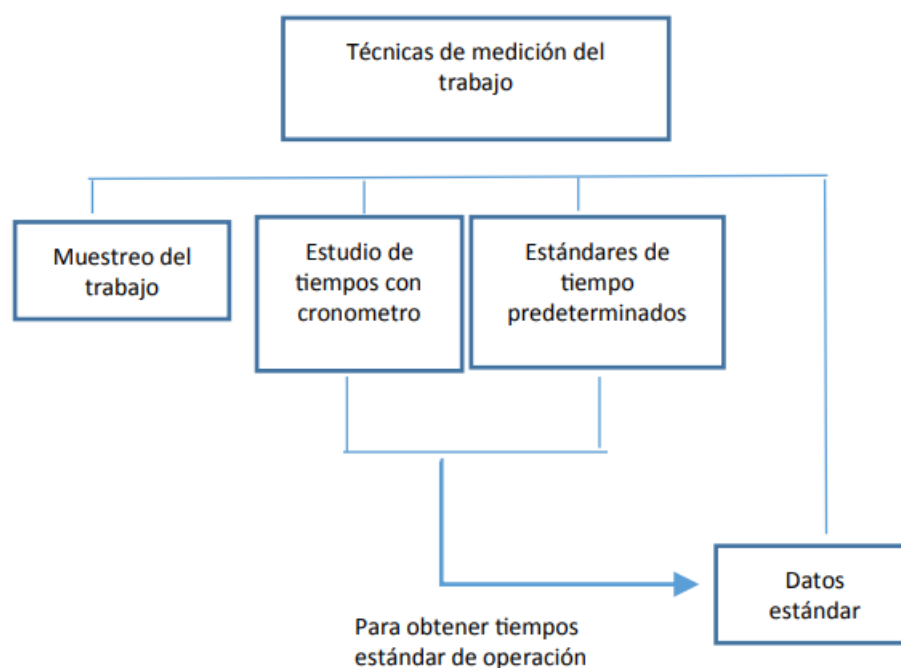
La relación entre rendimiento, tiempo y volumen ejecutado se fundamenta en que el desempeño de una operación constructiva puede medirse a partir de la cantidad de material removido o producido en un intervalo temporal definido, lo que convierte al volumen y al tiempo en las dos magnitudes básicas para su estimación. Benrouba et al. (2025) sostienen que la productividad de las operaciones de movimiento de tierras puede estimarse comparando los cambios de volumen a lo largo del tiempo; el rendimiento depende del volumen ejecutado y del tiempo requerido para completarlo.

2.2.3. Teoría del estudio del trabajo aplicada a la construcción

La teoría del estudio del trabajo aplicada a la construcción se orienta a observar, clasificar y medir sistemáticamente las actividades ejecutadas en obra, para conocer cómo se distribuye el tiempo laboral y cómo dicha distribución influye en la productividad del proceso constructivo (Jacobsen et al., 2023).

Figura 1

Técnicas de la medición del trabajo



Nota. Adaptado de Kanawaty (1996) por Ovelle-Castiblanco y Cárdenas (2016).

2.2.3.1. Estudio de métodos y medición del trabajo.

El estudio de métodos y la medición del trabajo constituyen procedimientos técnicos para examinar cómo se ejecuta una actividad, identificar pérdidas de tiempo y establecer bases objetivas para mejorar el desempeño del proceso. Buchmeister y Herzog (2024) señalan que los métodos que permiten medir y analizar el uso del tiempo son principalmente el estudio de tiempos con cronómetro y el muestreo del trabajo, y añaden que el propósito central del estudio del trabajo es identificar pérdidas o actividades improductivas para luego proponer medidas que las reduzcan o eliminen.

2.2.3.2.Muestreo del trabajo y carta balance.

El muestreo del trabajo y la carta balance son herramientas ampliamente utilizadas para registrar y representar el uso del tiempo de los trabajadores y equipos durante la ejecución de una actividad constructiva, ya que permiten observar varios ciclos de trabajo y analizar la interacción entre recursos humanos y mecánicos. Brioso y Calderón-Hernández (2023) indican que las técnicas más empleadas para medir los porcentajes de trabajo productivo, contributivo y no contributivo son precisamente el work sampling y la crew balance chart, esta última entendida como una adaptación de los diagramas hombre-máquina de la ingeniería industrial al sector de la construcción.

2.2.3.3.Clasificación del trabajo en productivo, contributivo y no contributivo.

La clasificación del trabajo en productivo, contributivo y no contributivo permite distinguir entre las actividades que generan avance directo, las necesarias para posibilitar ese avance y las que no aportan progreso ni valor al proceso constructivo. Brioso y Calderon-Hernández (2023) definen el trabajo productivo como aquel que contribuye directamente a la producción y genera avance; el trabajo contributivo como aquel que no genera avance directo, pero es necesario para que se ejecute el trabajo productivo; y el trabajo no contributivo como aquel que no genera avance ni resulta necesario, por lo que constituye desperdicio dentro del proceso.

2.2.3.4.Aplicación del análisis de tiempos en obras de construcción.

La aplicación del análisis de tiempos en obras de construcción permite monitorear el desarrollo real de las actividades, reconocer patrones de ejecución y generar información útil para evaluar la productividad, detectar ineficiencias y proyectar mejoras en la gestión de obra. Jacobsen et al. (2023) demostraron que la clasificación de actividades mediante datos cinemáticos y aprendizaje profundo alcanzó una precisión de 90% en el monitoreo del trabajo de los obreros.

2.2.4. Modelos técnicos para el cálculo del rendimiento manual

El cálculo del rendimiento manual en construcción se basa en relacionar las horas-hombre empleadas con la cantidad de trabajo realizado. Para ello, primero se determinan las horas-hombre según el tiempo efectivo y el número de trabajadores, y luego se obtiene el rendimiento dividiendo ese aporte entre el metrado realizado (Castillo, 2021).

$$\text{Velocidad cuadrilla} = \text{Producción horaria} = \frac{\text{Metrado de partida}}{\text{Tiempo de duración (horas)}} \quad (1)$$

$$\text{Rendimiento diario} = \text{Velocidad cuadrilla} \times \text{Tiempo jornada laboral} \quad (2)$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Rendimiento diario}}{\text{M.O.}(\text{N}^\circ \text{ obreros}) \times \text{Tiempo (8 horas)}} \quad (3)$$

$$\text{Aporte de la mano de obra} = \frac{\text{M.O.}(\text{N}^\circ \text{ obreros}) \times \text{Tiempo (de trabajo)}}{\text{Metrado}} \quad (4)$$

$$\text{Aporte CAP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de capataces} \times \text{Tiempo (de trabajo)}}{\text{Metrado}} \quad (5)$$

$$\text{Aporte OF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de oficiales} \times \text{Tiempo (de trabajo)}}{\text{Metrado}} \quad (6)$$

$$\text{Aporte OP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operarios} \times \text{Tiempo (de trabajo)}}{\text{Metrado}} \quad (7)$$

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

$$\text{Aporte M. O.} = \text{Aporte CAP} + \text{OF} + \text{OP} + \text{PE} \quad (9)$$

$$\text{Rendimiento (Ri)} = \frac{\text{M.O.}(\text{N}^\circ \text{ obreros}) \times \text{Tiempo (8 horas)}}{\text{Aporte M.O.}} \quad (10)$$

$$Rp = \frac{\sum Ri}{n} \quad (11)$$

$$CV = \frac{\sigma}{Rp} \times 100 \quad (12)$$

Donde: Rp = rendimiento promedio; Ri = rendimiento diario; n = número de días; CAP = capataz; OF = oficial; OP = operario; PE = peón; M.O. = mano de obra; aporte M.O. = aporte de la cuadrilla de trabajo; CV = coeficiente de variación; σ = desviación estándar.

2.2.5. Modelos técnicos para el cálculo del rendimiento mecánico

El cálculo del rendimiento mecánico en excavaciones de cimientos se sustentó en un modelo operativo que relacionó la capacidad efectiva del cucharón, el tiempo total de ciclo, el factor de corrección final y el factor de corte y el ángulo de giro, con el fin de estimar primero un rendimiento planificado o teórico y, posteriormente, contrastarlo con el rendimiento real obtenido en campo (Gaitán, 2024).

2.2.5.1.Capacidad efectiva del cucharon (CEC).

La capacidad efectiva del cucharón es el volumen de material que el cucharón de una excavadora puede contener y movilizar en cada ciclo de trabajo bajo condiciones reales de operación, por lo que constituye un parámetro básico para estimar la productividad y el rendimiento del equipo. Khedkar et al. (2022) señalan que la capacidad del cucharón es un determinante de su productividad y eficiencia y que su cálculo se sustenta en estándares técnicos de capacidad volumétrica.

$$CEC = \frac{\text{Latas de capacidad}}{\text{Latas por } 1 \text{ m}^3} \quad (13)$$

2.2.5.2.Factor de corrección final (FCF).

El factor de corrección final (FCF) se definió como el producto de varios factores que ajustan el rendimiento teórico de la maquinaria a las condiciones reales de trabajo. El FCF se construyó a partir de los factores de visibilidad en obra (Fv), maniobrabilidad, altitud (Fa), pendiente, tipo de material (m) y acarreo. Las tablas de estos factores se tomaron de la tesis de Gaitán (2024).

$$FCF = Fv \times Fman \times Fa \times Fp \times m \times Fac \quad (14)$$

2.2.5.3.Factor de visibilidad en obra (Fv).

El factor de visibilidad en obra (Fv) se consideró porque la ubicación, la altitud y las condiciones generales del frente de trabajo influyen en la facilidad con que el operador puede ejecutar los movimientos del equipo (Gaitán, 2024).

Tabla 1*Factor de visibilidad en obra*

	Altitud	Factor
Sierra	Hasta 2300 msnm	0.98-1.15
	Desde 2300-3800 msnm	0.95-1.05
	Mayor a 3800 msnm	0.90-1.00

Nota. (Gaitán, 2024).

$$\text{Para sierra hasta 2300} \rightarrow Fv = \frac{0.98+1.15}{2} = 1.065 \quad (15)$$

$$\text{Para sierra de 2300 a 3800 msnm} \rightarrow Fv = \frac{0.95+1.05}{2} = 1.00 \quad (16)$$

$$\text{Para sierra mayor a 3800 msnm} \rightarrow Fv = \frac{0.90+1.00}{2} = 0.95 \quad (17)$$

2.2.5.4.Factor de altitud (Fa).

El factor de altitud (Fa) se incorporó porque la altitud puede provocar una pérdida de rendimiento de la maquinaria. Para la región de sierra, a altitudes entre 2300 y 3800 msnm, el factor osciló entre 0.90 y 1.00 (Gaitán, 2024).

Tabla 2*Factor de altitud*

	Altitud	Factor
Sierra	Hasta 2300 msnm	1.0-1.05
	Desde 2300-3800 msnm	0.90-1.0
	Mayor a 3800 msnm	0.8

Nota. (Gaitán, 2024).

$$\text{Para sierra hasta 2300} \rightarrow Fa = \frac{1.0+1.05}{2} = 1.025 \quad (18)$$

$$\text{Para sierra de 2300 a 3800 msnm} \rightarrow Fa = \frac{0.90+1.0}{2} = 0.95 \quad (19)$$

$$\text{Para sierra mayor a 3800 msnm} \rightarrow Fa = 0.80 \quad (20)$$

2.2.5.5.Factor de tipo de material (m).

El factor de tipo de material (m) se utiliza para representar la influencia del material excavado en el rendimiento de la maquinaria (Gaitán, 2024).

Tabla 3*Factor de tipo de material*

Tipo de material	Región	Factor
Material suelto	Costa y selva	1.0-1.20
	Hasta 2300 msnm	0.95-1.05
	Desde 2300-3800 msnm	0.93
	Mayor a 3800 msnm	0.89
Roca suelta	Costa, sierra, selva	0.88-0.95
Roca fija	Costa, sierra, selva	0.65-0.80/0.7

Nota. (Gaitán, 2024).**2.2.5.6. Tiempo total del ciclo (TTC).**

El tiempo total de ciclo (TTC) es el tiempo necesario para completar una fase operativa de la maquinaria, integrando las etapas de llenado del cucharón, giro con material, llevante con material, descarga y giro sin material (Gaitán, 2024).

$$T_c = \text{Llenado de cucharón} + \text{giro con material} + \text{llevante con material} + \text{descarga} + \text{giro sin material} \quad (21)$$

$$TTC = \frac{T_c}{3600} \quad (22)$$

$$N_c = \frac{60}{T_c} \quad (23)$$

Donde: TTC: horas por ciclo de trabajo; NC: número de ciclos por minuto.

Tabla 4*Tiempo promedio de un ciclo*

Modelo de excavadora	85 Hp	135 Hp	195 Hp	250 Hp	385 Hp
Tamaño del cucharón	0.76 m ³ 1.00 yd ³	1.13 m ³ 1.38 yd ³	1.63 m ³ 2.12 yd ³	2.08 m ³ 2.75 yd ³	2.65 m ³ 3.50 yd ³
Tipo de material	Arcilla dura	Arcilla dura	Arcilla dura	Arcilla dura	Arcilla dura
Profundidad óptima de excavación	2.00 m	3.00 m	4.00 m	4.00 m	5.20 m
Ángulo de giro	60° - 90°	60° - 90°	60° - 90°	60° - 90°	60° - 90°
1) Carga del cucharón	5.5 seg.	6.0 seg.	6.5 seg.	6.6 seg.	7.2 seg.
2) Giro cargado	4.5 seg.	5.0 seg.	7.0 seg.	6.0 seg.	7.2 seg.
3) Descarga del cucharón	1.5 seg.	2.0 seg.	2.5 seg.	2.5 seg.	3.0 seg.
4) Giro descargado	3.5 seg.	4.0 seg.	5.0 seg.	4.8 seg.	6.0 seg.
Tiempo total	15.0 seg.	17.0 seg.	21.0 seg.	19.9 seg.	23.4 seg.
	0.25 min.	0.28 min.	0.35 min.	0.33 min.	0.38 min.

Nota. (Morales R. , 2009).

2.2.5.7. Factor de corte y ángulo de giro (Fca).

El factor de corte y ángulo de giro (Fca) se incorpora como un coeficiente de ajuste asociado a la geometría operativa del equipo durante el proceso de excavación.

El factor de corte y el ángulo de giro se determinan mediante interpolación a partir de la tabla de Aguilar e Ysla (2016), con valores de 0.996.

$$\begin{array}{cc} 80 & 0.98 \\ 95.96 & x \\ 100 & 1.00 \end{array} \quad (24)$$

$$(100 - 80)(x - 0.98) = (95.96 - 80)(1 - 0.98) \quad (25)$$

$$x = 0.99596 \quad (26)$$

Tabla 5

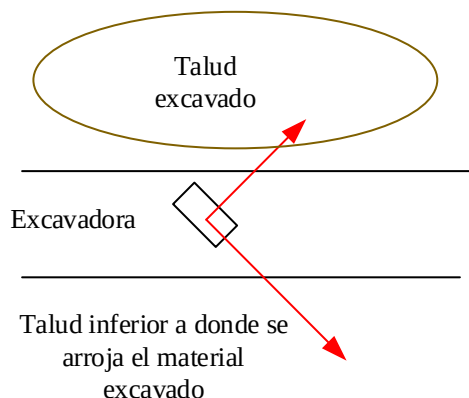
Factores de conversión volumétrica de acuerdo al tipo de suelo

H/L	Giro (en grados)						
	45	60	75	90	120	150	180
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71

Nota. Aguilar e Ysla (2016).

Figura 2

Ángulo de giro 90° del talud excavado



Nota. (Gaitán, 2024).

2.2.5.8. Rendimiento planificado o teórico (RE).

Se entiende como la capacidad horaria esperada del equipo bajo las condiciones operativas y los factores de corrección adoptados (Gaitán, 2024).

a) Rendimiento de la excavadora.

$$R = \frac{CEC \times FCF \times Fca}{TTC} \quad (27)$$

Donde: CEC: capacidad efectiva del cucharón (m³); FCF: factor de corrección final; Fca: factor de corte y ángulo de giro; TTC: tiempo total de ciclo (horas); RE: rendimiento de la excavadora (m³/h).

b) Rendimiento de la retroexcavadora.

$$RRE = \frac{CEC \times FCF}{TTC} \quad (28)$$

Donde: CEC: capacidad efectiva del cucharón; FCF: factor de corrección final; TTC: tiempo total de ciclo (horas); RE: rendimiento de la retroexcavadora (m³/h).

2.2.5.9. Rendimiento teórico.

Para calcular el rendimiento teórico, Morales (2009) argumenta que para el cálculo de la producción de los excavadores se aplica la siguiente ecuación:

$$P = P_t \times F_a \times E \quad (29)$$

Donde: P = producción real (m³/h), P_t = producción teórica (m³/h), F_a = factor de llenado, E = factor de eficiencia.

$$\text{Rendimiento teórico} = 210 \text{ m}^3/\text{h} \quad (30)$$

2.2.5.10. Volumen total excavado.

Para el cálculo del rendimiento real, el volumen de excavación se determina a partir de las dimensiones geométricas de los tramos excavados (Gaitán, 2024).

$$V_p = L \times A \times H \quad (31)$$

$$V_t = \sum V_p \times F_e \quad (32)$$

Donde: V_p volumen parcial de excavación, L largo de la excavación, A ancho de la excavación, H altura de la excavación, F_e factor de esponjamiento, V_t volumen total excavado.

Tabla 6*Grado de esponjamiento de acuerdo con el tipo de suelo*

Tipo de terreno	Grado de esponjamiento	Factor de esponjamiento
Terrenos sueltos sin cohesión (vegetal)	10%	1.00-1.10
Terrenos flojos	20%	1.10-1.20
Terrenos compactos o de tránsito	30%	1.20-1.30
Terrenos rocosos	40%	1.30-1.40
Escombros	Varía entre 40% y 80%	1.40-2.00

Nota. (Franquet y Querol, 2010).**2.2.5.11. Aporte unitario de la cuadrilla.**

El aporte unitario se calcula con base en la participación de la cuadrilla mecánica, conformada por un operador y/o un peón, y se relacionan las horas de trabajo con el volumen total excavado (Gaitán, 2024).

$$AU_{op} = \frac{OP \times H_t}{V_t} \quad (33)$$

$$AU_{pe} = \frac{PE \times H_t}{V_t} \quad (34)$$

$$AU_t = AU_{op} + AU_{pe} \quad (35)$$

Donde: AU_{op}: aporte del operario; AU_{pe}: aporte del peón; AU_t: aporte total; OP: operario; PE: peón; H_t: horas de trabajo; V_t: volumen total excavado.

2.2.5.12. Rendimiento real (RR).

El rendimiento real se definió como el volumen excavado que efectivamente se pudo ejecutar durante una jornada de trabajo, considerando la cuadrilla efectivamente empleada y el aporte unitario resultante (Gaitán, 2024).

$$RR = \frac{JL \times (OP + PE)}{AU_t} \quad (36)$$

Donde: RR = rendimiento real, JL = jornada laboral, OP = número de operarios, PE = número de peones, AU_t = aporte unitario total.

2.2.5.13. Diferencia entre el rendimiento planificado, el teórico y el real.

En el presente estudio, el rendimiento planificado y el rendimiento teórico se tratan de manera equivalente, ya que ambos se calculan a partir de la capacidad del

cucharón, los tiempos de ciclo y los factores de corrección adoptados para el sitio; es decir, representan una producción esperada del equipo antes de contrastarla con la ejecución efectiva. En cambio, el rendimiento real se obtiene a partir del volumen realmente excavado, las horas de trabajo efectivas y el aporte unitario de la cuadrilla, por lo que expresa el comportamiento observado en obra. En consecuencia, la comparación entre ambos permite identificar la diferencia entre la producción prevista y la efectivamente lograda durante la excavación mecanizada (Gaitán, 2024).

2.2.6. Rendimientos de CAPECO (2006) para excavaciones manuales y mecánicas

En el contexto peruano, el compendio Costos y presupuestos en edificaciones de CAPECO (2006) presenta aportes unitarios y rendimientos estándar para partidas vinculadas a las excavaciones y al movimiento de tierras.

Tabla 7

Rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones según CAPECO (2006)

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m ³ /día)
Excavaciones masivas con maquinaria	0.10 CAP + 1 OP + 2 PE	CAP= 0.002 OP= 0.018 PE= 0.036	450
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.20 PE= 2.00	4.00
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.23 PE= 2.29	3.50
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.27 PE= 2.67	3.00
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.32 PE= 3.20	2.50
Acarreo de material excedente hasta una distancia promedio de 30 mts	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.13 PE= 1.33	6.00

Nota. CAP: capataz; OF: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Cimentaciones

Las cimentaciones son estructuras que se encargan de transmitir las cargas de una edificación al suelo de manera segura y eficiente. Existen diferentes tipos de cimentaciones, siendo las profundas y las superficiales las más comunes (Graf, 2024).

Es la base de una estructura que la sostiene sobre el terreno. En general, el método enterrado se utiliza para transferir el peso propio y las cargas al suelo, de modo que la estructura soportada sea estable, la presión transmitida sea menor que la presión permitida y los asentos sean limitados (Yepes V. , 2016).

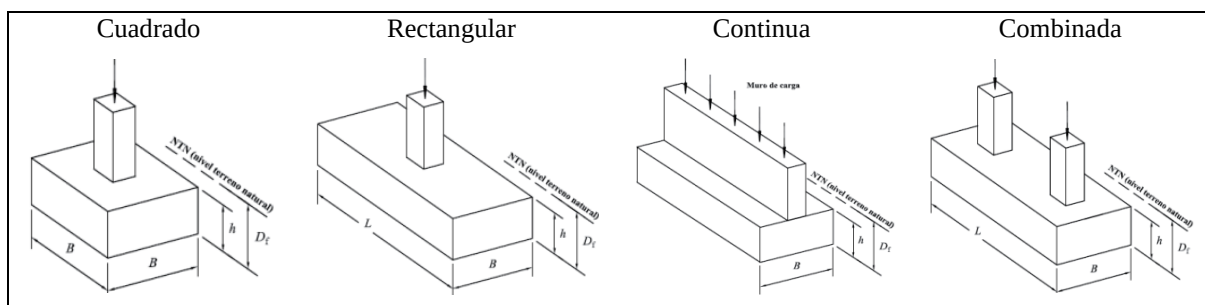
Las cimentaciones superficiales se definen cuantitativamente, de forma aproximada y arbitraria, como aquellas en las que la relación entre su empotramiento (D) y su ancho (B) verifica: (GICO UPC, 2020)

$$\frac{D}{B} < 4 \quad (37)$$

Por otro lado, las cimentaciones superficiales se utilizan en suelos más estables, donde la carga se distribuye de manera uniforme sobre una superficie mayor. Entre las cimentaciones superficiales se encuentran los cimientos corridos y las zapatas de cimentación (Braja, 2017).

Figura 3

Cimentaciones superficiales de acuerdo con la norma E.050



Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

2.3.1.1. Tipo de cimentación.

Cimiento corrido. Cimentación continua que se dispone longitudinalmente bajo los muros portantes para transmitir las cargas lineales al terreno; por ello, se emplea con frecuencia en edificaciones de baja altura y en construcciones de vivienda donde la distribución de carga sigue el trazado del muro (Alimohammadi, 2024).

Zapatas aisladas. Son elementos de base rectangular o cuadrada que se utilizan para transmitir las cargas de forma puntual al suelo. Se construyen debajo de cada columna de la estructura y se apoyan directamente en el terreno (Anchuela et al., 2016).

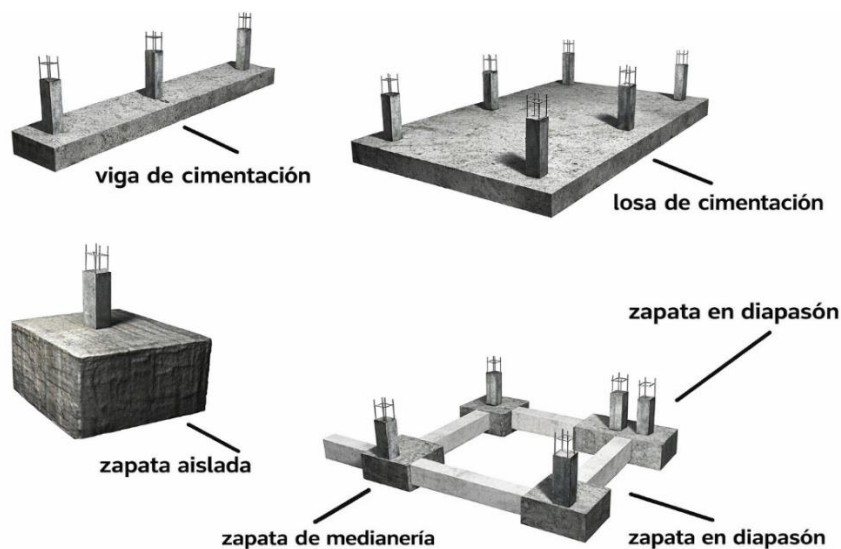
Zapatas corridas. Similares a las zapatas aisladas, pero en lugar de apoyarse bajo una columna individual, se extienden en una línea continua (Anchuela et al., 2016).

Zapatas combinadas. Combinación de zapatas aisladas y corridas: se construye una zapata aislada para la columna y una zapata corrida para dos elementos de carga (Anchuela et al., 2016).

Losas de cimentación. Elementos planos y continuos que cubren toda la superficie para distribuir las cargas de manera uniforme (Anchuela et al., 2016).

Figura 4

Tipos de cimentaciones superficiales



Nota. (Yepes V. , 2000).

2.3.1.2.Geometría de la excavación.

Las dimensiones de la cimentación son el conjunto de medidas geométricas que definen el tamaño y la forma de la cimentación, tales como largo, ancho y altura (o espesor), las cuales determinan el área de contacto con el suelo y su capacidad para transmitir adecuadamente las cargas estructurales al terreno (MVCS, 2018).

Largo. Dimensión longitudinal de cimentación, medida en planta, proporcional a la mayor extensión de la zapata o del elemento de fundación (MVCS, 2018).

Ancho. Dimensión transversal, medida en planta y perpendicular al largo, que define el área de contacto entre la cimentación y el suelo (MVCS, 2018).

Altura. Distancia desde la superficie del suelo hasta la base de la cimentación. La profundidad de cimentación depende de las características del suelo, del tipo de estructura, de las cargas aplicadas y de los requisitos de seguridad (Nij, 2009).

Profundidad de desplante. Distancia vertical medida desde el nivel del terreno natural o terminado hasta la base inferior de la cimentación (MVCS, 2018).

Sobreancho por mala excavación. Incremento no previsto del ancho de la excavación respecto a las dimensiones de diseño de la cimentación (MVCS, 2018).

2.3.1.3.Suelo de cimentación.

El suelo de cimentación es la capa de terreno sobre la cual se apoya una estructura, encargada de brindarle soporte y estabilidad, por lo que debe reunir condiciones físicas y mecánicas adecuadas para asegurar la seguridad y la durabilidad de la edificación (John et al., 2015). Entre los tipos más comunes se encuentran el material suelto, conformado por suelos granulares como gravas y arenas; la roca fragmentada, integrada por fragmentos de roca de distinto tamaño y consolidación; y la roca fija, constituida por una masa rocosa sólida y compacta que ofrece una base más estable para la cimentación (Magar et al., 2020).

2.3.2. Método de excavación para cimentaciones

Las excavaciones para cimentaciones son procesos en los que se extrae material del terreno de forma controlada para crear espacios donde se colocarán las estructuras de cimentación de una edificación. Estas excavaciones son fundamentales para garantizar la estabilidad y la resistencia de la construcción (Xia et al., 2024).

2.3.2.1. Método de excavación de cimientos.

El método de excavación de cimientos puede entenderse como el procedimiento técnico mediante el cual se remueve suelo o material del terreno para alcanzar la geometría requerida de la cimentación, considerando la forma de ejecución, la precisión exigida y los recursos disponibles para completar la excavación (Molaei et al., 2023).

2.3.2.2. Tipo de excavación.

El tipo de excavación corresponde a la clasificación de la operación según los medios empleados para remover el material del terreno, de modo que puede ejecutarse mediante trabajo manual o con maquinaria, según las condiciones del sitio, la magnitud del trabajo y el nivel de precisión requerido (Poudel et al., 2023).

Excavación con maquinaria. La excavación con maquinaria es la remoción de suelo o material del terreno mediante equipos mecánicos, como excavadoras o retroexcavadoras, en operaciones en las que el rendimiento depende del tiempo de ciclo, de la capacidad del equipo y del grado de precisión alcanzado durante la ejecución (Molaei et al., 2023).

Excavación con herramientas manuales. La excavación con herramientas manuales es una forma de remoción del terreno intensiva en mano de obra, apropiada para trabajos de pequeña escala, espacios reducidos o zonas donde se requiere mayor control del detalle constructivo, aunque su productividad depende en gran medida de la habilidad del trabajador y de la organización operativa (MAG, 2024).

2.3.2.3. Mano de obra empleada.

Conjunto de personas que realizan trabajos manuales o físicos en un proceso productivo determinado o en la ejecución de una obra. Su capacidad para realizar tareas específicas influye directamente en la eficiencia y la productividad de una empresa (Gloss et al., 2016).

Cuadrilla de trabajo. Se refiere a un grupo de trabajadores que colaboran entre sí para realizar tareas específicas. Una cuadrilla de trabajo puede estar compuesta por distintos tipos de trabajadores, como oficiales, operarios y peones, cada uno con funciones y responsabilidades diferentes en el proceso de producción (Burga, 2022).

Oficial. Es un trabajador especializado que posee conocimientos y habilidades específicas en un oficio determinado. Los oficiales suelen ser responsables de realizar tareas más complejas y técnicas, así como de supervisar a otros trabajadores menos experimentados (Burga, 2022).

Operario. Es un trabajador que realiza tareas manuales o mecánicas de forma rutinaria y repetitiva en un proceso productivo. Los operarios suelen ser responsables de realizar las tareas más básicas y sencillas en una empresa (Burga, 2022).

Peón. Es un trabajador no especializado que realiza tareas generales y de apoyo en un proceso productivo o en la ejecución de una obra. Los peones suelen realizar tareas de carga y descarga, limpieza o transporte de materiales, entre otras labores que no requieren habilidades ni conocimientos específicos (Burga, 2022).

Operador de maquinaria pesada. El operador de maquinaria pesada es el trabajador encargado de conducir, maniobrar y controlar equipos de construcción, así como de configurar la máquina, optimizar su capacidad operativa, coordinar acciones con la cuadrilla y vigilar su funcionamiento y su mantenimiento durante la ejecución de la obra (Zambia Qualifications Authority, 2024).

2.3.2.4. Equipo y herramientas utilizadas.

La maquinaria y las herramientas utilizadas en las excavaciones se refieren a los recursos físicos necesarios para realizar trabajos de excavación de manera eficiente y segura (Pesco y Cholaska, 2018). Estas incluyen una variedad de equipos, como palas, picos, barrenos manuales, picadores, martillos neumáticos y sierras manuales, entre otros, esenciales para la remoción de tierra, rocas y otros materiales durante las excavaciones, lo que permite el acceso a zonas subterráneas y la conformación de terrenos de acuerdo con los requerimientos del proyecto (Pesco y Cholaska, 2018).

a) Herramientas manuales utilizadas en excavación

En el caso de las herramientas manuales utilizadas en excavaciones, se incluyen elementos como palas, picos y palancas, entre otros, que permiten mover tierra de forma manual. Estas herramientas son fundamentales en trabajos de excavación de menor envergadura o en áreas de difícil acceso para la maquinaria pesada. (Yang et al., 2023).

En las excavaciones, especialmente en las de menor escala o en aquellas que requieren una precisión detallada, las herramientas manuales son esenciales. Estas herramientas permiten realizar trabajos específicos que la maquinaria pesada no puede realizar debido a su tamaño o a la delicadeza del trabajo. Aquí algunas de las más utilizadas: (Yang et al., 2023)

- Pala. Instrumento básico para cavar, mover y retirar tierra, arena o escombros. Existen diferentes tipos de palas adaptadas a las características del material por excavar, como palas de punta redonda para tierra y de punta cuadrada para mover material suelto.
- Pico. Utilizado para romper, desgajar y excavar en suelos más duros o compactos. Su punta afilada y el filo cortante en el extremo opuesto lo hacen ideal para penetrar y fragmentar materiales resistentes.

b) Maquinaria pesada utilizada en excavaciones

La maquinaria pesada utilizada en excavaciones comprende los equipos de movimiento de tierras empleados para excavar, cargar, transportar o conformar material, cuya utilización eficiente es determinante para la productividad, el plazo y el costo de los trabajos de excavación (MAG, 2024).

b.1. Equipo de carguío – retroexcavadora.

Equipo versátil para el movimiento de tierras que integra, en una misma máquina, un sistema de excavación posterior y un cargador frontal, lo que le permite excavar, cargar y manipular material en obras donde se requiere flexibilidad operativa y adaptación a espacios de trabajo relativamente restringidos (MAG, 2024).

b.2. Equipo de carguío – excavadora.

Se caracteriza por su capacidad para realizar tareas de excavación a gran escala, con precisión y eficiencia. Las excavadoras hidráulicas cuentan con sistemas hidráulicos que permiten un control preciso de la excavación (Morales R. , 2009).

Capacidad de los cucharones de la excavadora. Según Gómez (2020) la capacidad de los cucharones utilizados en excavadoras hidráulicas es una característica que varía según el tamaño y el tipo de trabajo a realizar.

Carga útil del cucharón. Según Pérez (2018) la carga útil del cucharón es la cantidad máxima de material que puede transportar en un ciclo de excavación.

b.3. Equipo de acarreo – Camión volquete.

Los volquetes son vehículos destinados al transporte o al acarreo de tierra, agregados y otros materiales de construcción (García, 2019). Estas máquinas están diseñadas para el acarreo de material y su descarga correspondiente. Poseen una tolva cuya capacidad puede estar a ras o colmada; el peso a cargar en dicha tolva depende del tipo de material (Morales R. , 2009).

2.3.2.5.Partida de trabajo en excavaciones.

La partida de trabajo en excavaciones se refiere al proceso de remover material del suelo con el fin de preparar el terreno para la construcción de estructuras o instalaciones. Existen diferentes tipos de partidas de trabajo en excavaciones, entre los cuales se encuentran: (Lee et al., 2017)

Excavaciones masivas con maquinaria. Son aquellas en las que se emplea maquinaria pesada, como excavadoras, para remover grandes cantidades de material de forma rápida. Estas excavaciones suelen emplearse en proyectos de gran envergadura que requieren la remoción de grandes volúmenes de tierra (Gransberg, 2020).

Excavaciones de zanjas para cimientos. Consisten en abrir una zanja de dimensiones específicas en el suelo para la posterior colocación de cimientos o estructuras de soporte. Estas excavaciones suelen ser más precisas y requieren un cuidado especial durante su ejecución para garantizar la estabilidad de la estructura construida sobre ellas (Gransberg, 2020).

Excavaciones para zapatas aisladas. Son excavaciones más pequeñas y específicas destinadas a la colocación de zapatas aisladas, elementos de cimentación que distribuyen la carga de una estructura de forma uniforme en el suelo. Estas excavaciones suelen ser más precisas y detalladas, ya que deben cumplir con ciertas especificaciones de estabilidad (Rahman et al., 2022).

Acarreo de material excedente. Es la operación de transporte del material excavado que no será reutilizado en el mismo frente de trabajo, desde el punto de excavación hasta el lugar de descarga o disposición, y su desempeño depende de la distancia de recorrido, del estado de la vía, de la capacidad de carga y de la coordinación entre el equipo de carguío y la unidad de transporte (Putri y Nayono, 2024).

2.3.3. Rendimiento en la construcción

El rendimiento en la construcción se refiere a la capacidad de realizar las actividades y los procesos de construcción de manera eficiente y efectiva, logrando la finalización de los proyectos en tiempo y forma. En este sentido, el rendimiento en la construcción puede estar asociado tanto a la mano de obra como a la maquinaria empleada en las distintas operaciones (García, 2019).

2.3.3.1. Rendimiento de la mano de obra.

El rendimiento de la mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo que un trabajador es capaz de realizar en un periodo determinado, considerando factores como la eficiencia, la habilidad y la productividad (MTI, 2008).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Nº de hombres} \times \text{Jornada Laboral Diaria}}{\text{Producción Diaria}} \quad (38)$$

2.3.3.2. Rendimiento de la maquinaria pesada – operador.

El rendimiento de la maquinaria pesada se define como la capacidad de producción y la eficiencia con que estas herramientas desempeñan sus funciones en un entorno de trabajo específico (García, 2019).

Rendimiento de excavadora

El rendimiento de la excavadora, por ejemplo, puede medirse en términos de la cantidad de material excavado por hora, mientras que el de un volquete puede medirse en función de la cantidad de material que es capaz de transportar en un periodo determinado (García, 2019).

2.3.3.3. Aporte unitario de mano de obra.

El aporte unitario de mano de obra es el costo que representa la mano de obra en la producción de una unidad del bien o servicio, y se calcula dividiendo el costo total de la mano de obra entre el número de unidades producidas (Alvarado, 2018).

$$\text{Horas hombre} = \frac{\text{Cantidad de trabajadores de una categoría} \times 8 \text{ horas}}{\text{Rendimiento diario}} \quad (39)$$

$$\text{Duración de actividad} = \frac{\text{Metrado de partida}}{\text{Cuadrilla} \times \text{Rendimiento}} \quad (40)$$

$$HH = t \times N^{\circ} \text{ operarios} + t \times N^{\circ} \text{ peones} \quad (41)$$

Donde: t = tiempo (en horas); HH = horas-hombre.

2.3.3.4. Aporte unitario de maquinaria.

El aporte unitario de maquinaria es el costo que representa el uso de la maquinaria en la producción de una unidad del bien o servicio y se calcula dividiendo el costo total de la maquinaria entre el número de unidades producidas (Alvarado, 2018).

2.3.3.5. Volumen excavado.

El volumen excavado es la cantidad de material removido del terreno durante una operación de excavación y constituye la base física para estimar el avance y la productividad de las actividades de movimiento de tierras, ya que su medición permite comparar el material desplazado con el tiempo de ejecución (Benrouba et al., 2025).

2.3.3.6. Rendimiento planificado.

El rendimiento planificado es la producción esperada de una actividad o equipo antes de su ejecución real en obra, estimada a partir de parámetros técnicos, tiempos previstos, capacidad operativa y condiciones de trabajo asumidas en la planificación (Ko et al., 2024).

2.3.3.7. Rendimiento real.

El rendimiento real es la producción efectivamente alcanzada durante la ejecución de una actividad, calculada con base en el volumen realmente ejecutado y el tiempo verdaderamente empleado en campo, por lo que expresa el comportamiento operativo concreto del recurso en obra (Benrouba et al., 2025).

2.3.4. Productividad en la construcción

Según Martínez (2019) la productividad en la construcción se define como la relación entre la producción obtenida (en términos de unidades construidas, trabajos realizados o valor agregado) y los recursos utilizados (como mano de obra, materiales y maquinaria), expresada comúnmente como una medida de eficiencia o rendimiento del proceso constructivo y se divide en dos aspectos principales:

2.3.4.1.Trabajo de construcción

El trabajo en la construcción es la actividad realizada por un individuo o grupo de personas para llevar a cabo la construcción, reparación o mantenimiento de edificaciones, infraestructuras y obras civiles en general (Martínez, 2020).

2.3.4.2.Productividad de mano de obra

La productividad de la mano de obra es la relación entre la cantidad de trabajo producido y la entrada de trabajo utilizada y suele expresarse en unidades de obra ejecutadas por hora-hombre (Amarasinghe et al., 2025).

$$Productividad\ de\ la\ mano\ de\ obra = \frac{Cantidad\ de\ obra}{Hora- obrero} \quad (42)$$

2.3.4.3.Productividad de la maquinaria

La productividad de la maquinaria es la capacidad del equipo para transformar el tiempo operativo en producción física, y en excavación se valora mediante la cantidad de material movilizado o el avance logrado por unidad de tiempo bajo condiciones reales de trabajo (Molaei et al., 2023).

2.3.4.4.Usos de tiempos productivos.

Los usos de tiempos productivos corresponden a la distribución del tiempo de trabajo en categorías operativas que permiten identificar cuánto del tiempo disponible genera avance directo, cuánto contribuye indirectamente a ese avance y cuánto constituye pérdida o desperdicio en el proceso (Brioso y Calderon-Hernandez, 2023).

Tiempo productivo. El tiempo productivo es el intervalo en el que el trabajador o el equipo realiza actividades que generan avance físico directo en la obra y agregan valor al proceso constructivo (Brioso y Calderon-Hernandez, 2023).

Tiempo contributorio. El tiempo contributorio es el intervalo dedicado a actividades que no producen avance físico directo, pero que son necesarias para que el trabajo productivo se realice adecuadamente (Brioso y Calderon-Hernandez, 2023).

Tiempo no contributorio. El tiempo no contributivo es el intervalo destinado a actividades que no generan avance físico ni resultan necesarias para el desarrollo de la producción, por lo que se considera una forma de desperdicio en el proceso constructivo (Brioso y Calderon-Hernandez, 2023).

2.3.4.5.Ciclos de trabajo.

Según Gómez (2019) los ciclos de trabajo en la construcción se refieren a las fases o etapas en las que se lleva a cabo un proyecto de construcción, desde la planificación y diseño hasta la finalización de la obra.

Tiempo de ciclo de trabajo. El tiempo de ciclo de trabajo es la duración total requerida para completar una secuencia operativa repetitiva desde el inicio de una tarea hasta el inicio de la siguiente, y constituye un parámetro central para estimar el rendimiento de los equipos de excavación (Molaei et al., 2023).

Número de ciclos de trabajo. El número de ciclos de trabajo es la cantidad de veces que una secuencia operativa completa puede repetirse dentro de un intervalo de tiempo determinado, y su valor depende directamente de la duración de cada ciclo (Molaei et al., 2023) .

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo porque se buscó recopilar, medir, calcular y analizar datos numéricos sobre la productividad y rendimiento en la excavación de cimientos en la construcción de viviendas en la ciudad de Chota.

La investigación fue de tipo aplicado porque buscó generar conocimientos prácticos y útiles para el análisis de costos unitarios, considerando que los resultados pueden ser empleados por los profesionales del sector de la construcción para optimizar la productividad y el rendimiento en la excavación de cimientos.

La investigación fue de nivel descriptivo porque se centró en observar, medir y documentar cómo se manifiestan la productividad y el rendimiento en los métodos de excavación manual y mecánica de cimentaciones en viviendas de Chota.

La investigación adoptó un diseño no experimental de corte transversal porque se limitó a observar y medir la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota durante el año 2025, sin manipular variables ni aplicar experimentos controlados.

Tabla 8

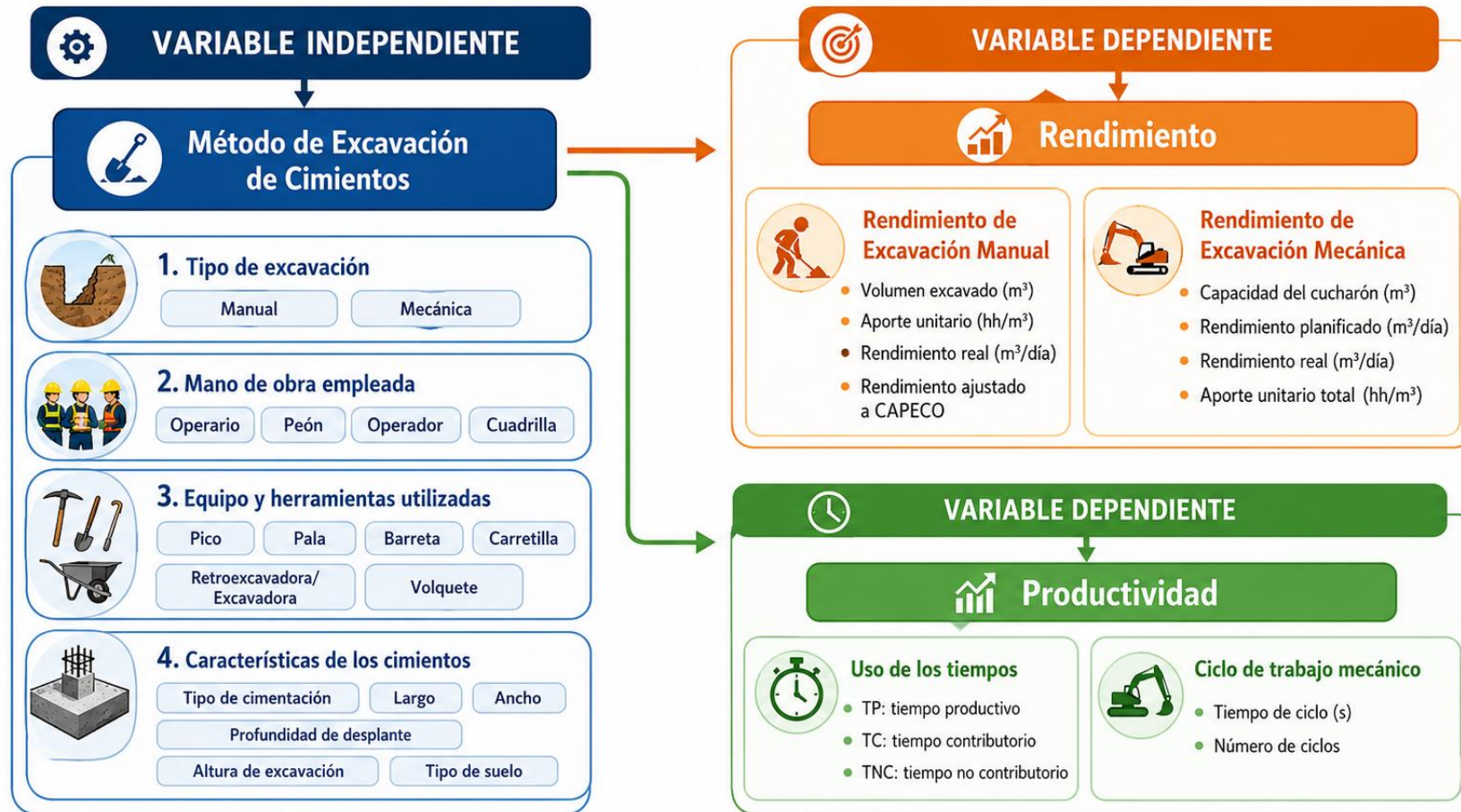
Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde sucede	Campo

Nota. (Grajales, 2000).

Figura 5

Diseño de investigación



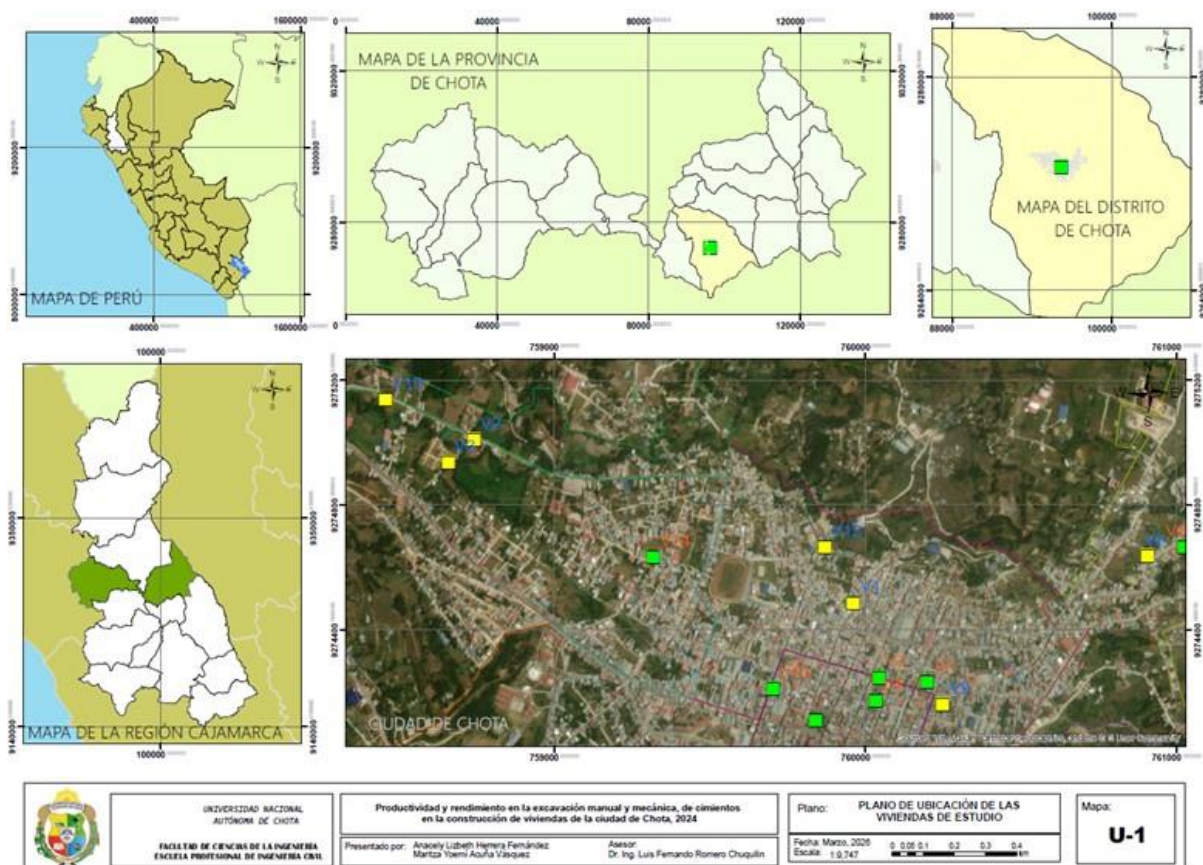
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el área urbana de la ciudad de Chota, capital de la provincia de Chota, ubicada en la región Cajamarca. El ámbito de estudio se localizó geográficamente en el sistema de coordenadas UTM WGS84, zona 17S, aproximadamente entre las coordenadas 759,842.26 m E y 9,274,111.88 m N, a una altitud media de 2,388 m s. n. m. El estudio se delimitó exclusivamente a viviendas en proceso de construcción ubicadas dentro del perímetro urbano de la ciudad, donde se ejecutaban labores de excavación manual o mecánica de cimientos (Figura 6).

Figura 6

Ubicación de la ciudad de Chota



Nota. La delimitación espacial del área de estudio se elaboró a partir de información cartográfica procesada en ArcGIS 2018.

3.2.2. Población

La población estuvo conformada por las viviendas en construcción ubicadas en el área urbana de la ciudad de Chota en las que, durante el periodo de ejecución del estudio, se desarrollaban trabajos de excavación de cimientos mediante procedimiento manual o mecánico.

3.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que la selección de las unidades de estudio dependió del acceso al frente de trabajo y de la autorización otorgada por los propietarios, los maestros de obra o los responsables de la ejecución de las excavaciones. En ese sentido, se incluyeron únicamente aquellas viviendas que cumplieron con los criterios de accesibilidad, disponibilidad para la observación en campo y presencia efectiva de la excavación de cimientos, ya sea manual o mecánica.

Tabla 9

Criterios de inclusión y exclusión para la selección de la muestra

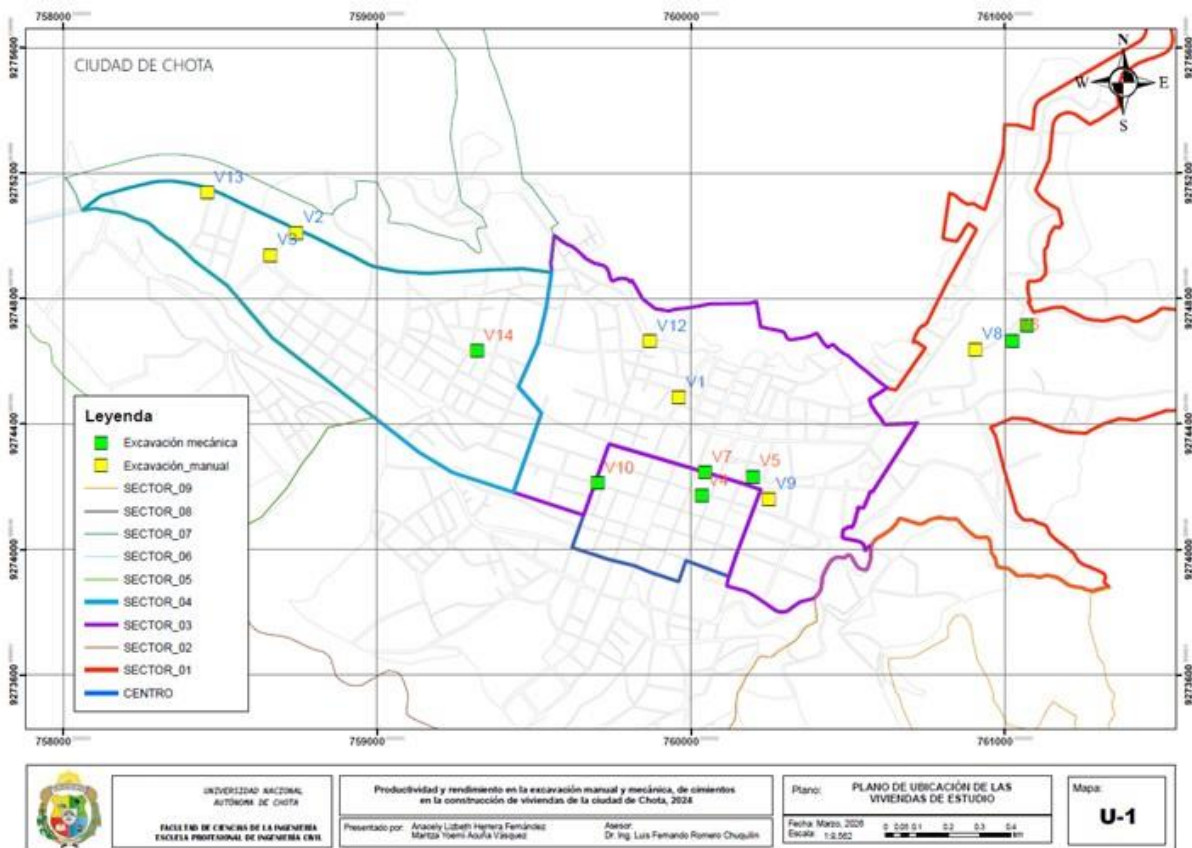
Criterio	Inclusión	Exclusión
Ubicación del proyecto	Viviendas en construcción ubicadas dentro del área urbana de la ciudad de Chota.	Viviendas ubicadas fuera del área urbana de la ciudad de Chota.
Estado de ejecución	Viviendas que, durante el periodo de estudio, se encontraron en etapa de excavación de cimientos.	Viviendas que no se encontraron en la etapa de excavación de cimientos durante la visita.
Método de excavación	Viviendas en las que la excavación de cimientos se realizó mediante procedimientos manuales o mecánicos.	Viviendas en las que no fue posible identificar con claridad el método de excavación empleado.
Tipo de trabajo observado	Viviendas con excavaciones correspondientes a cimientos corridos, zapatas aisladas o losas de cimentación.	Viviendas con excavaciones ajenas al estudio, como zanjas para instalaciones u otras partidas no relacionadas con los cimientos.
Accesibilidad al frente de trabajo	Viviendas que permitieron el acceso al frente de trabajo para la observación, medición y registro de datos.	Viviendas en las que no se permitió el acceso al frente de trabajo o que presentaron restricciones.
Autorización	Viviendas cuyos propietarios, responsables de obra, maestros de obra u operadores autorizaron la recolección de información.	Viviendas cuyos propietarios o responsables no autorizaron la observación ni el registro de datos.
Disponibilidad de información	Viviendas en las que fue posible registrar las dimensiones de la excavación, el tiempo de trabajo y las características del proceso constructivo.	Viviendas en las que no se obtuvo la información mínima necesaria para calcular el rendimiento y la productividad.
Condiciones de observación	Viviendas donde la excavación pudo observarse directamente en condiciones normales de trabajo.	Viviendas en las que la excavación estuvo paralizada, incompleta o interrumpida, por lo que no fue posible registrar el proceso.

3.2.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por 14 viviendas en construcción ubicadas en la ciudad de Chota, en las cuales se ejecutaron trabajos de excavación de cimientos durante el periodo de observación. De estas, 7 viviendas correspondieron a la excavación manual y 7 a la mecánica, lo que permitió comparar la información entre ambos métodos.

Figura 7

Ubicación de las viviendas en estudio



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

Tabla 10*Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio*

ID	Dirección	Nº	Sector	Este (m E)	Norte (m S)	Excavación
V1	Jr. Anaximandro Vega	S/N	3	759960.39	9274484.84	Manual
V2	Paseo San Mateo	956	4	758742.26	9275010.12	Manual
V3	Pasaje Wiracocha	S/N	4	758659.65	9274937.02	Manual
V4	Jr. Gregorio Malca	333	Centro	760033.81	9274171.97	Mecánica
V5	Jr. Adriano Novoa	172	3	760197.57	9274231.47	Mecánica
V6	Av. Tacabamba	S/N	1	761023.66	9274665.18	Mecánica
V7	Jr. Adriano Novoa	396	Centro	760044.00	9274245.17	Mecánica
V8	Av. Tacabamba	740	1	760905.13	9274637.25	Manual
V9	Av. Tacabamba	120	3	760247.78	9274160.41	Manual
V10	Jr. 30 de agosto	796	Centro	759702.57	9274211.01	Mecánica
V11	Jr. Paseo Acunta	S/N	1	761070.39	9274713.53	Mecánica
V12	Paseo San Mateo	196	3	759869.49	9274664.76	Manual
V13	Paseo San Mateo	c-12	4	758458.34	9275138.37	Manual
V14	Jr. Adriano Novoa	S/N	4	759318.60	9274633.38	Mecánica

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por cada partida de excavación de cimientos realizada en las viviendas seleccionadas, según el método de excavación empleado. En el caso de la excavación manual, la observación se centró en la cuadrilla de trabajo y en el uso de los tiempos de producción durante la excavación; mientras que, en la excavación mecánica, la observación se enfocó en el sistema conformado por el operador, la maquinaria y el ciclo de trabajo desarrollado en campo.

Para el estudio, la excavación mecánica se entendió como la excavación de cimientos ejecutada con maquinaria, comparable con la partida referencial de CAPECO denominada “excavaciones masivas con maquinaria”; sin embargo, durante el trabajo de campo se controló, además, el tipo de cimiento excavado y sus dimensiones geométricas. De manera similar, la excavación manual comprendió las excavaciones de cimientos realizadas con herramientas manuales, incluyendo zanjas para cimientos, excavaciones para zapatas aisladas y para losas de cimentación, según las condiciones observadas en cada vivienda.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Revisión documental. Esta técnica permitió recopilar información técnica y referencial sobre los rendimientos de excavación manual y mecánica, tomando como base el compendio de CAPECO para comparar los resultados obtenidos en campo.

Observación no estructurada. Se utilizó para reconocer y describir las características generales de los cimientos excavados en las viviendas seleccionadas, así como las condiciones de ejecución de la excavación. Mediante esta técnica se identificaron el tipo de cimentación, el método de excavación empleado y las condiciones visibles del proceso constructivo.

Encuesta. Esta técnica se aplicó a los trabajadores vinculados a la excavación de cimientos, con el propósito de obtener información complementaria sobre el método de excavación empleado, la mano de obra empleada, los equipos y herramientas de trabajo, así como otros aspectos relacionados con la ejecución de la partida.

Medición del rendimiento. Esta técnica se empleó para cuantificar el rendimiento de la excavación manual y mecánica mediante la medición del volumen excavado, del tiempo de trabajo y de los recursos empleados en cada frente de obra. Su aplicación permitió calcular el aporte unitario, el rendimiento manual y el rendimiento mecánico reales.

Observación estructurada de la productividad. Esta técnica se utilizó para registrar de manera sistemática los tiempos de producción durante la excavación de cimientos, mediante la clasificación de las actividades en tiempo productivo, contributivo y no contributivo. En el caso de la excavación manual, se observó a la cuadrilla de trabajo; en la excavación mecánica, se observaron el sistema máquina-cuadrilla y el ciclo de trabajo.

3.3.2. *Instrumentos de recolección de datos*

Registro documental. Este instrumento se utilizó para organizar la información extraída del compendio de CAPECO. Permitió consignar los rendimientos referenciales y demás datos necesarios para el contraste con los resultados de campo.

Cuestionario. Estuvo conformado por preguntas relacionadas con el método de excavación, la mano de obra empleada, los equipos y herramientas utilizados y las condiciones generales de ejecución de la excavación de cimientos. Este instrumento proporcionó información descriptiva complementaria sobre el proceso observado.

Registro del rendimiento. Este instrumento permitió registrar con detalle los datos necesarios para el cálculo del rendimiento de las excavaciones, tanto manuales como mecánicas. Incluyó información como las dimensiones de la excavación, el volumen excavado, el tiempo de ejecución, el número de trabajadores, el equipo utilizado y otros datos necesarios para obtener los indicadores del estudio.

Carta balance. Este instrumento se empleó para registrar y clasificar los tiempos observados durante la excavación de cimientos. Permitió identificar el tiempo productivo, el contributivo y el no contributivo en excavaciones manuales, así como el comportamiento del ciclo de trabajo y la distribución de tiempos en excavaciones mecánicas.

3.4. **Hipótesis**

Hipótesis nula (H0). No existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.

Hipótesis alternativa (H1). Existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. *Variable independiente: Método de excavación de cimientos, manual o mecánica*

El método de excavación de cimientos se define como el conjunto de técnicas empleadas para remover suelo o roca del terreno con el fin de alcanzar la forma y la profundidad requeridas para la cimentación, y puede ejecutarse mediante procedimientos manuales o con maquinaria, según las condiciones del sitio, la geometría de la excavación y los recursos disponibles (Yun, 2019).

3.5.2. *Variable dependiente 1: Rendimiento*

El rendimiento en excavación corresponde a la cantidad de trabajo o volumen ejecutado por unidad de tiempo bajo condiciones específicas de operación; por ello, en actividades de movimiento de tierras y de excavación de cimientos se expresa como el volumen excavado logrado en función del tiempo de trabajo y de la capacidad operativa del recurso empleado (Benrouba et al., 2025).

3.5.3. *Variable dependiente 2: Productividad*

Relación entre el uso del tiempo de trabajo y la eficiencia del proceso de excavación, expresada mediante la distribución de los tiempos observados durante la ejecución manual y mecánica. La productividad, en este contexto, se refiere a la eficiencia en el uso del tiempo durante la excavación de cimientos. Es decir, mide cuántas horas efectivas de trabajo se requieren para completar una tarea de excavación, ya sea manual o mecánica (Kim et al., 2024).

3.5.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 11

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Índice de medida
Variable independiente: Método de excavación de cimientos	Procedimiento empleado para remover tierra, roca u otros materiales del terreno con la finalidad de ejecutar cimientos de viviendas, ya sea mediante trabajo manual o con apoyo de maquinaria.	Tipo de excavación	Corresponde a la forma o modalidad con que se realiza la remoción del terreno para la construcción de cimientos, según el procedimiento empleado.	Excavación manual; excavación mecánica	Nominal
		Mano de obra empleada	Se refiere al personal que interviene directamente en la ejecución de la excavación, considerando la cantidad y la función de los trabajadores involucrados.	Número de peones; número de operarios; número de operadores	Número
		Equipo y herramientas utilizadas	Comprende los medios físicos empleados para ejecutar la excavación, ya sea mediante herramientas manuales o maquinaria.	Herramientas manuales; excavadora; retroexcavadora; volquete	Nominal
		Características de los cimientos	Condiciones geométricas y tipológicas de la excavación de cimientos que influyen en el proceso de ejecución y en el rendimiento obtenido.	Tipo de cimiento: zapatas, losa de cimentación	Nominal
				Profundidad de desplante	m
				Largo de excavación	m
				Ancho de excavación	m
		Variable dependiente 1: Rendimiento	Cantidad de volumen excavado que se logra ejecutar en función del tiempo de trabajo y de los recursos empleados durante la excavación manual y mecánica de cimientos.	Rendimiento de excavación manual	Es la cantidad de volumen excavado que se logra ejecutar mediante trabajo manual en un tiempo determinado.
Aporte unitario de mano de obra	hh/m³				
Rendimiento manual real	m³/día				
Rendimiento de excavación mecánica	Es la cantidad de volumen excavado que se logra ejecutar con apoyo de maquinaria en un tiempo de trabajo determinado.		Capacidad del cucharón	m³	
			Rendimiento planificado	m³/día	
			Rendimiento real	m³/día	
			Variable dependiente 2: Productividad	Relación entre el uso del tiempo de trabajo y la eficiencia del proceso de excavación, expresada mediante la distribución de los tiempos observados durante la ejecución manual y mecánica.	Uso de los tiempos de producción
Tiempo contributorio	%				
Tiempo no contributorio	%				
Ciclo de trabajo mecánico	Es la secuencia repetitiva de operaciones que realiza la maquinaria para completar una unidad de excavación.	Tiempo de ciclo de trabajo			s
		Número de ciclos de trabajo			Número

3.6. Procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Revisión documental del compendio CAPECO (2006) y cálculo de los aportes unitarios por partida

La recolección de datos se inició con la revisión documental del compendio Costos y Presupuestos en Edificaciones de CAPECO, ya que este documento constituyó la base de referencia para identificar los rendimientos estándar de la mano de obra en las partidas de excavación manual y mecánica de las cimentaciones. A partir de dicha revisión, se extrajeron las partidas comparables con el objeto de estudio, específicamente excavaciones masivas con maquinaria, excavaciones manuales de zanjas para cimientos de hasta 1.00 m, 1.40 m y 1.70 m de profundidad, así como excavaciones para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad. Estos valores sirvieron como referencia técnica para contrastar los rendimientos obtenidos en campo y para estructurar el procedimiento de cálculo de los aportes unitarios de mano de obra. En el compendio revisado, la excavación con maquinaria presentó un rendimiento referencial de 450 m³/día con una cuadrilla de 0.10 capataz, 1 operario y 2 peones, mientras que en la excavación manual los rendimientos referenciales oscilaron entre 4.00 m³/día y 2.50 m³/día, disminuyendo conforme aumentó la profundidad de la excavación.

$$Aporte\ M.O. = \frac{N^{\circ}\ de\ obreros \times Tiempo\ de\ trabajo}{Rendimiento} \quad (43)$$

$$Aporte\ CAP = \frac{N^{\circ}\ de\ capataces \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (44)$$

$$Aporte\ OP = \frac{N^{\circ}\ de\ operarios \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (45)$$

$$Aporte\ PE = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Aporte\ total}{Número\ de\ trabajadores} \quad (46)$$

Tabla 12

Resumen de rendimientos y aportes unitarios de la mano de obra para la excavación de cimentaciones según CAPECO (2006)

Partida	Cuadrilla				Aporte unitario (hh)			Aporte total (hh)	Rendimiento
	CAP	OP	PE	Trabajadores	CAP	OP	PE		
Excavaciones masivas con maquinaria	0.10	1	2	3.1	0.002	0.018	0.036	0.056	450 m ³ /día
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	0.1		1	1.1	0.200		2.000	2.200	4 m ³ /día
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	0.1		1	1.1	0.229	0.000	2.286	2.514	3.5 m ³ /día
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	0.1		1	1.1	0.267	0.000	2.667	2.933	3 m ³ /día
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	0.1		1	1.1	0.320		3.200	3.520	2.5 m ³ /día

Nota. CAP: capataz; OF: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

3.6.2. Selección y caracterización de las viviendas de estudio

La selección de las viviendas de estudio se realizó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo únicamente aquellas obras ubicadas en el área urbana de Chota que presentaban excavación de cimientos en ejecución, acceso al frente de trabajo y autorización para la observación. Tras una visita preliminar para verificar estos criterios, se seleccionaron catorce viviendas, distribuidas equitativamente entre excavación manual y mecánica, lo que permitió contar con unidades comparables para analizar el rendimiento y la productividad.

Posteriormente, las viviendas fueron caracterizadas según su ubicación, dimensiones, área, perímetro, número de pisos proyectados y nivel de formalidad técnica. En las viviendas con excavación manual predominaron lotes pequeños o medianos, edificaciones de 2 a 4 pisos y una baja formalización técnica, mientras que en las de excavación mecánica se observaron lotes de mayor dimensión, proyectos de 3 a 5 pisos y una presencia más frecuente de planos y de asistencia profesional. En conjunto, estos resultados sugieren que la excavación mecánica se empleó en obras de mayores exigencias constructivas, aunque conviene revisar algunos datos atípicos antes de la versión final del documento.

Tabla 13

Características generales de las viviendas donde se ha realizado excavación manual

N° de Viv.	Propietario	Dirección		Datos del terreno				Parámetros geométricos						Asistencia técnica (ingeniero)
		Av./Jr./Psj.	N°	Frontis (m)	Fondo (m)	Lado izquierdo (m)	Lado derecho (m)	Área terreno (m²)	Área construida (m²)	Perímetro (m)	N° de pisos proyectados	Licencia	Planos	
1	Sra. Luz Angelica Tarrillo Saldaña	Jr. Anaximandro Vega	S/N	5	3.95	16.35	16.65	73.84	73.84	41.95	3	No	Si	No
2	Adelmo Irigoin Gonzales	Paseo, San Mateo	956	15.20	15.20	18.70	18.70	284.24	284.24	67.80	2	No	No	No
3	Segundo Bustamante Chavez	Pasaje. Wiracocha	S/N	6.4	6.4	14	14	89.60	89.60	40.80	2	X	X	X
8	Irma Campos	Av. Tacabamba	740	6	6	15	15	90.00	90.00	42.00	4	Sí	No	No
9	A. Tamay	Av. Tacabamba	120	9.95	9.34	25.46	25.46	245.56	245.56	70.21	4	No	No	No
12	Isaias Carranza Ilatoma	Paseo, San Mateo	196	8	8.8	10.8	11	73.50	73.50	35.00	2	No	No	No
13	Jose Vasquez Sanchez	Paseo, San Mateo	c-12	8	8	20	20	160.00	160.00	56.00	3	No	No	No

Tabla 14

Características generales de las viviendas donde se ha realizado excavación mecánica

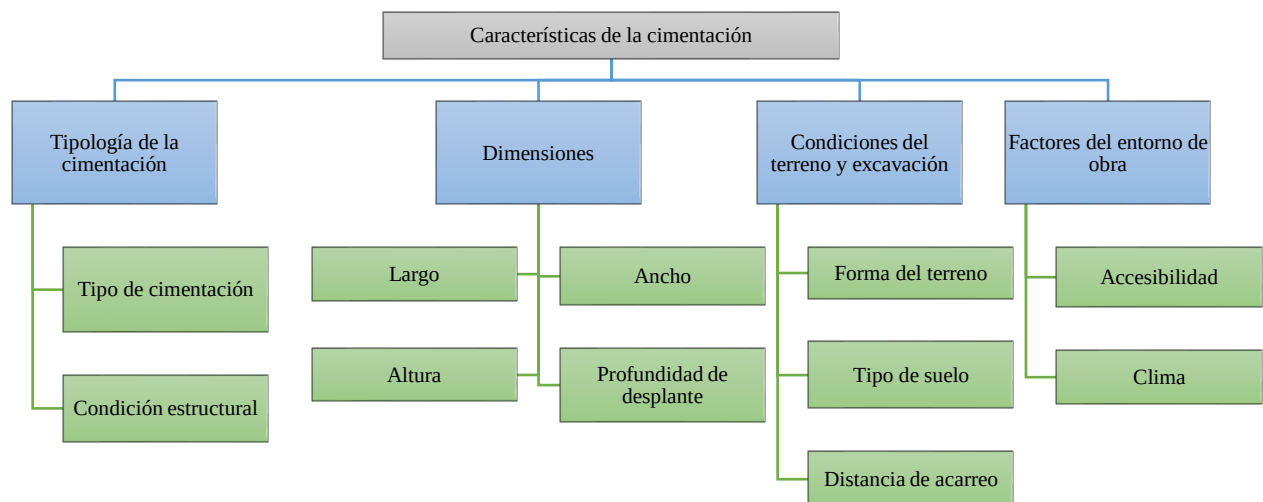
N° de Viv.	Propietario	Dirección		Datos del terreno				Parámetros geométricos de la vivienda				Licencia de construcción	Planos	Asistencia técnica (ingeniero)
		Av./Jr./Psj.	N°	Frontis (m)	Fondo (m)	Lado izquierdo (m)	Lado derecho (m)	Área terreno (m²)	Área por construir (m²)	Perímetro (m)	N° de pisos proyectados			
4	Juan Esteban Coronado Fernandez	Jr. Gregorio Malca	333	4.75	4.76	18.27	18.27	86.87	86.87	46.05	5	No	Si	No
5	Santos Bustamante	Jr. Adriano Novoa	172	12.8	11.3	28.09	28.05	338.24	338.24	80.24	4	No	Si	Si
6	Ceelso Delgado Vasquez	Av. Tacabamba	S/N	7	7.62	18.55	15	122.63	122.63	48.17	3	No	Si	No
7	Marino Bustamante	Jr. Adriano Novoa	396	8	8	1696	17.28	6853.12	6853.12	1729.28	4	No	Si	No
10	Maria Yolanda Agip Rojas	Jr. 30 de agosto	796	10.45	10.65	8.1	8.25	86.25	86.25	37.45	5	Si	Si	No
11	Ruben Garay Tabaco	Jr.Paseo Acunta	S/N	12.3	12.1	39.785	41.47	495.66	495.66	105.66	5	No	No	No
14	Miguel Ángel Cubas	Jr.Adriano Novoa	S/N	23.8	11.6	41.85	41.85	801.125	801.13	131.30	5.00	No	No	No

3.6.3. Caracterización de las cimentaciones

Una vez seleccionadas las viviendas de estudio, se realizó la caracterización técnica de las cimentaciones y de las excavaciones ejecutadas en cada obra, con el fin de registrar las condiciones que luego permitirían interpretar el rendimiento y la productividad de las excavaciones manuales y mecánicas. Esta caracterización incluyó la tipología de la cimentación, las dimensiones de la excavación, las condiciones del terreno y de la excavación y los factores del entorno de obra, como la accesibilidad y las condiciones climáticas. Para ello, se efectuaron mediciones geométricas con flexómetros, reglas metálicas y niveles, mientras que las demás condiciones se registraron mediante observación directa en el campo. La información recopilada permitió describir las características de las cimentaciones evaluadas y relacionarlas con los resultados del análisis de rendimiento y de productividad.

Figura 8

Características de la cimentación registradas en cada lugar de excavación



Nota. La figura muestra los aspectos considerados en la caracterización de las cimentaciones de las viviendas evaluadas: tipología, dimensiones, condiciones del terreno y de la excavación y factores del entorno de obra.

3.6.4. Aplicación de la encuesta y caracterización de la mano de obra

Con el fin de caracterizar a la mano de obra que intervino en las excavaciones de cimientos, se aplicó un cuestionario semiestructurado a los trabajadores que participaron directamente en la ejecución de las partidas manuales y mecánicas. La aplicación se realizó en el mismo frente de obra, previa explicación del propósito de la investigación y garantizando la confidencialidad de la información proporcionada.

El cuestionario permitió recopilar información general de los trabajadores y operadores vinculados al proceso de excavación, considerando indicadores como edad, nivel de instrucción, procedencia, categoría de trabajo, experiencia laboral, forma de aprendizaje, tipo de contratación y remuneración.

En las excavaciones manuales, la encuesta se aplicó directamente a los trabajadores que integraban la cuadrilla, mientras que en las excavaciones mecánicas se aplicó principalmente al operador de la maquinaria y, cuando correspondió, al personal de apoyo involucrado en la actividad. Durante esta etapa también se efectuó el registro fotográfico de las condiciones de trabajo y del entorno operativo, con el propósito de complementar la información descriptiva obtenida en campo.

Figura 9

Aplicación del cuestionario a trabajadores de excavaciones manuales y mecánicas



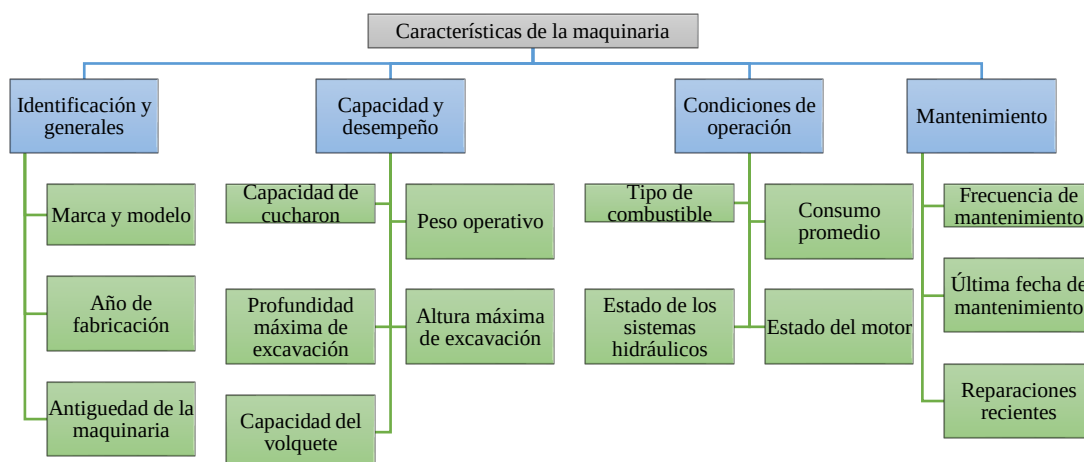
3.6.5. Caracterización de la maquinaria

En las viviendas donde la excavación de cimientos se ejecutó con maquinaria, se caracterizaron, técnicamente y operativamente, los equipos empleados, con el fin de identificar las condiciones operativas que podían influir en el rendimiento y la productividad del proceso. La información se obtuvo principalmente del operador y, en algunos casos, del propietario de la máquina, ya que ambos tenían mayor conocimiento sobre las especificaciones y el estado del equipo utilizado en obra.

La caracterización comprendió el registro del tipo de maquinaria empleada y de sus características generales, entre ellas la marca, el modelo, el año de fabricación y la antigüedad. Asimismo, se recopiló información sobre la capacidad y el desempeño del equipo, considerando la capacidad del cucharón, el peso operativo, la profundidad máxima de excavación, el alcance horizontal, la altura máxima de descarga y, cuando correspondió, la capacidad del volquete utilizado para el acarreo del material excedente. De igual manera, se registraron las condiciones de operación de la maquinaria y el mantenimiento del equipo.

Figura 10

Características de la maquinaria utilizada en la excavación



3.6.6. Registro y cálculo del rendimiento

El registro del rendimiento se efectuó durante la ejecución de las excavaciones manuales y mecánicas de cimientos en las viviendas seleccionadas. Para ello, se midieron las dimensiones de las excavaciones, se registró el tiempo efectivo de trabajo y se identificó la composición de la cuadrilla o del sistema maquinaria-cuadrilla que intervino en cada jornada. Con esta información se calcularon el metrado ejecutado, el aporte unitario y el rendimiento real observado, expresado en metros cúbicos por día.

Figura 11

Registro del rendimiento diario en excavaciones manuales y mecánicas



3.6.6.1. Registro y cálculo del rendimiento en excavaciones manuales.

En las excavaciones manuales, el rendimiento se registró mediante la observación directa y el cronometraje del tiempo empleado por la cuadrilla durante la jornada de trabajo. Para ello, se consignaron la hora de inicio y la de término de la actividad, así como el número de operarios y peones que participaron en la excavación. Paralelamente, se midieron en campo las dimensiones de cada excavación para determinar el volumen ejecutado.

El metrado de excavación se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Metrado} = \text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{altura} \text{ (m}^3\text{)} \quad (47)$$

Una vez obtenido el volumen excavado, se calculó el aporte unitario de la mano de obra como la relación entre el número de trabajadores, el tiempo de trabajo y el volumen excavado. La expresión general utilizada fue:

$$\text{Aporte } M.O. = \frac{N^{\circ} \text{ de trabajadores} \times \text{jornada laboral (horas)}}{\text{Volumen excavado}} \quad (48)$$

Cuando la cuadrilla estuvo conformada por operarios y peones, el aporte se desagregó de la siguiente forma:

$$\text{Aporte } OP = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (49)$$

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

$$\text{Aporte total} = \text{Aporte } OP + \text{Aporte } PE \quad (51)$$

Posteriormente, el rendimiento real observado se obtuvo a partir de la jornada laboral diaria, el número de trabajadores y el aporte unitario total, mediante la ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ de trabajadores} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Aporte total}} \quad (52)$$

Debido a que las cuadrillas observadas en campo no siempre coincidieron con la cuadrilla referencial de CAPECO, los resultados se homogeneizaron para que fueran comparables con dicho compendio. En ese caso, se utilizó la cuadrilla oficial de la partida correspondiente y una jornada de 8 horas diarias.

3.6.6.2.Registro y cálculo del rendimiento en excavaciones con maquinaria.

En las excavaciones con maquinaria, el registro del rendimiento se dividió en dos momentos. En el primero se determinó el rendimiento planificado o teórico de la maquinaria y en el segundo, el rendimiento real observado en campo. Esta diferenciación permitió contrastar la capacidad esperada del equipo con el desempeño efectivamente alcanzado durante la excavación.

Para el rendimiento planificado se emplearon la capacidad efectiva del cucharón, el factor de corrección final y el tiempo total de ciclo. En el caso de la retroexcavadora, la expresión general fue:

$$RRE = \frac{CEC \times FCF}{TTC} \quad (53)$$

Donde: RRE: rendimiento planificado; CEC: capacidad efectiva del cucharón; FCF: factor de corrección final; TTC: tiempo total de ciclo (horas); RE: rendimiento de la retroexcavadora (m³/h).

El factor de corrección final resumió la influencia de la visibilidad en obra, la maniobrabilidad, la altitud, la pendiente, el tipo de material y el acarreo, los cuales ya fueron explicados en el marco teórico.

Luego, el rendimiento real se calculó con base en el volumen excavado efectivamente y en el tiempo de trabajo observado en campo. Para ello, primero se determinó el avance diario y después se transformó en rendimiento diario ajustado a la jornada laboral mediante la expresión:

$$Rendimiento = \frac{Avance\ diario}{horas\ de\ trabajo} \times Jornada\ laboral \quad (54)$$

$$Aporte\ unitario = \frac{N^{\circ}\ de\ obreros \times Jornada\ laboral}{Rendimiento} \quad (55)$$

Este procedimiento permitió obtener un rendimiento real comparable entre viviendas, tanto en excavaciones manuales como en excavaciones con maquinaria, y facilitó posteriormente la contrastación con los valores referenciales de CAPECO.

3.6.6.3. Adaptación a CAPECO.

Las cuadrillas variaron ampliamente (1 OP + 1, 2, 3 o 5 Pe), por lo que, para compararlo con el rendimiento normativo de CAPECO, se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO excavación: 0.1 CAP + 1 PE = 1.1 trabajadores

$$Rendimiento\ suministro = \frac{1.10 \times 8}{Aporte\ total} \quad (56)$$

3.6.7. Registro de la productividad a través de la carta balance

El registro de la productividad se realizó mediante la técnica de carta balance, con el fin de identificar la distribución del tiempo de trabajo durante la ejecución de las excavaciones de cimientos. Para ello, se observaron de manera continua las actividades desarrolladas por la cuadrilla en excavaciones manuales y por el sistema maquinaria-cuadrilla en excavaciones mecánicas, y se clasificó cada una según su aporte al proceso productivo. Esta técnica permitió determinar la proporción de tiempo productivo, de contributorio y de no contributorio en cada método de excavación.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizaron cartas balance impresas, hojas de registro, lápiz, calculadora y computadora para el procesamiento posterior de la información. Asimismo, se contó con los datos de horas trabajadas por cada trabajador y, en el caso de la excavación mecánica, con el registro del tiempo de funcionamiento de la maquinaria y de su ciclo de trabajo. La información fue registrada directamente en campo y luego sistematizada para su análisis.

Figura 12

Registro del uso de los tiempos de producción (productividad) en excavaciones manuales y mecánicas



3.6.7.1.Registro de la productividad en excavaciones manuales.

En las excavaciones manuales, la carta balance se aplicó a la cuadrilla de trabajo durante la jornada observada. Para ello, se identificaron previamente las actividades que podían presentarse durante el proceso de excavación de cimientos y se agruparon en tres categorías: tiempo productivo, tiempo contributorio y tiempo no contributorio. Durante la observación, cada actividad realizada por los trabajadores fue registrada en la carta balance según la categoría correspondiente.

Se consideraron como tiempo productivo las actividades directamente relacionadas con el avance físico de la excavación, tales como excavar y remover el suelo, realizar la nivelación, compactar el terreno, ejecutar el trazo de cimentación, hincar y extraer estacas de guía, retirar piedras grandes, perfilar manualmente los taludes, trasladar material dentro de la zanja, conformar la base de cimentación y colocar apuntalamientos cuando fue necesario. Como tiempo contributivo, se registraron actividades necesarias para facilitar el avance, aunque sin producir excavación directa, como transportar material excavado, supervisar y coordinar el trabajo, realizar mediciones, marcar el área, leer planos, limpiar o afilar herramientas, humedecer el terreno, retirar escombros y habilitar accesos temporales. Finalmente, se clasificaron como tiempo no contributorio las actividades que no generaron avance ni fueron necesarias para la producción, como descansar, conversar, hablar por teléfono, ir a los servicios higiénicos, permanecer ocioso, rehacer trabajos, esperar, realizar otros trabajos ajenos a la partida o buscar herramientas por falta de orden.

Con la información registrada, se contabilizó la frecuencia de ocurrencia de cada categoría y se calculó el porcentaje de tiempo productivo, contribuyente y no contribuyente, lo que permitió evaluar la eficiencia en el uso del tiempo durante la excavación manual de cimientos.

Tabla 15

Actividades consideradas como tiempo productivo, contributorio y no contributorio en excavaciones manuales para cimentaciones

	Tiempo productivo (TP)		Tiempo contributorio (TC)		Tiempo no contributorio (TNC)
1	Excavar y remover el suelo	21	Transportar el material excavado	50	Descansar
2	Realizar la nivelación	22	Operar maquinaria pesada (volquete)	51	Conversar
3	Compactar el terreno	23	Supervisar y coordinar el trabajo (dar instrucciones)	52	Hablar por teléfono
4	Trazo de cimentación	24	Realizar mediciones	53	Ir a los servicios higiénicos
5	Hincado y extracción de estacas de guía	25	Medición y marcado del área	54	Tiempo ocioso
6	Corte y retiro de piedras grandes del área de cimentación	26	Lectura de planos	55	Trabajos rehechos
7	Perfilado manual de taludes (asegurar verticalidad y dimensiones)	27	Afilado, limpieza y mantenimiento de herramientas (pico, pala, barretas).	56	Esperar
8	Extracción y traslado manual de material excedente dentro de la zanja	28	Humedecer o regar el terreno para facilitar la excavación.	57	Otros trabajos
9	Conformación de la base de cimentación (ajuste a la cota final)	29	Retiro de escombros o de material no aprovechable a un punto de acopio.	58	Buscar materiales o herramientas que no encuentran por falta de orden y/o limpieza
10	Colocación y ajuste de apuntalamientos o tablestacas (cuando sea necesario)	30	Apertura de accesos temporales (rampas o caminitos de carretilla).		

3.6.7.2.Registro de la productividad en excavaciones mecánicas.

En las excavaciones con maquinaria, la carta balance se aplicó al sistema conformado por la maquinaria, el operador y el personal de apoyo, considerando tanto las actividades del equipo principal como las del proceso de carguío y acarreo del material excedente. Al igual que en las excavaciones manuales, las actividades observadas se clasificaron en tiempo productivo, contributorio y no contributorio, de acuerdo con su contribución al proceso de excavación.

Se consideraron como tiempo productivo las actividades que generaron avance directo del proceso, tales como la excavación y llenado del cucharón o lampón, el levantamiento y traslado del material, la descarga al volquete, el carguío directo, la excavación de precisión en bordes y esquinas, el acarreo del material hacia botadero, la descarga del material, la nivelación final del fondo de excavación, el retiro manual de material residual y el acopio de material aprovechable. Como tiempo contributivo se incluyeron actividades complementarias necesarias para la operación, como el giro con y sin material, el traslado del equipo, la señalización del área de maniobra, el guiado en zonas estrechas, el calentamiento y prueba de motores, el abastecimiento de combustible, la lubricación, el replanteo de control, la colocación de señales de seguridad, las maniobras de estacionamiento del volquete y las indicaciones verbales al operador. Por su parte, el tiempo no contributivo comprendió esperas por la llegada del volquete, colas en el carguío o en la descarga, paralizaciones por lluvia, fallas mecánicas, liberación de interferencias, falta de coordinación logística, reubicaciones innecesarias y congestión en la vía de acarreo.

Además del registro de estas actividades, durante la excavación mecánica se observó el ciclo de trabajo del equipo y se identificó la repetición de sus fases operativas. Esta información permitió complementar el análisis de la productividad mediante la cuantificación del tiempo productivo y de las pérdidas de tiempo en el sistema maquinaria-cuadrilla.

Tabla 16

Actividades consideradas como tiempo productivo, contributorio y no contributorio en excavaciones mecánicas para cimentaciones

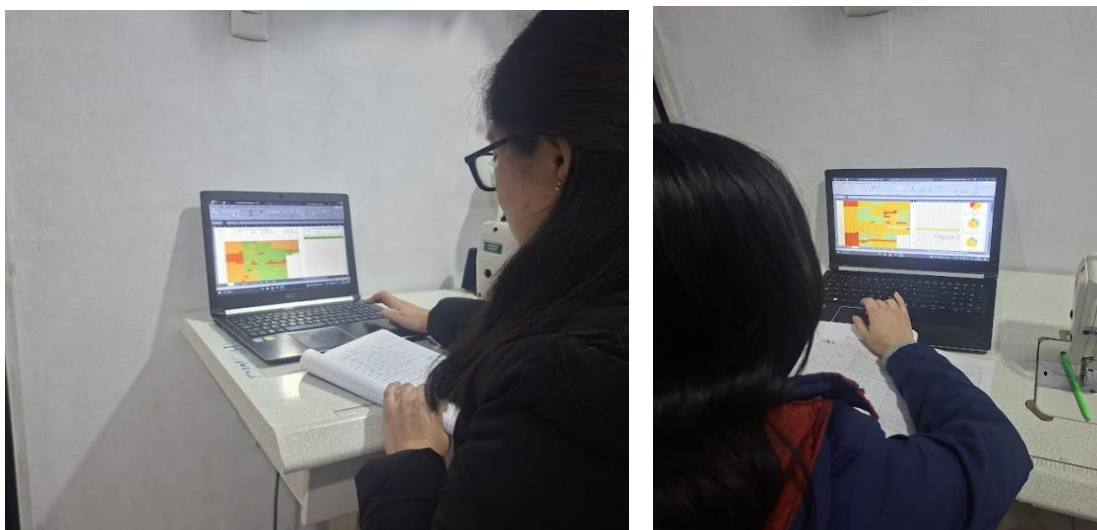
	Tiempo productivo (TP)		Tiempo contributorio (TC)		Tiempo no contributorio (TNC)
11	Excavación y llenado de cucharón/lampón	31	Giro con material	61	Espera de llegada de volquete para carguío
12	Llevante y traslado del material en cucharón	32	Giro sin material	62	Cola en carguío
13	Descarga del material al volquete	33	Traslado de equipo	63	Cola en descarga
14	Carguío directo de material en volquete	34	Señalización de área de maniobra	64	Esperando instrucciones
15	Excavación de precisión en bordes y esquinas	35	Dirección o guiado de maniobra en zonas estrechas	65	Paralización por lluvia o condiciones climáticas adversas
16	Acarreo de material en volquetes hacia botadero	36	Calentamiento y prueba de motores	66	Parada por falla mecánica
17	Descarga de material en botadero	37	Abastecimiento de combustible	67	Espera por liberación de interferencias (rocas, tuberías, cables)
18	Nivelación final del fondo de excavación	38	Lubricación y engrase rutinario	68	Tiempo muerto por falta de coordinación logística
19	Retiro manual de material residual	39	Replanteo topográfico de control de cotas	69	Reubicación innecesaria de volquete
20	Acopio y ordenamiento de material aprovechable	40	Colocación de señales y cintas de seguridad	70	Espera del volquete por tráfico o congestión en la vía de acarreo
7	Perfilado manual de taludes (asegurar verticalidad y dimensiones)	41	Maniobras de retroceso, viraje y estacionamiento del volquete en zona de carga	71	Espera para llenado
		42	Dar indicaciones verbales al operador		

3.6.7.3. Procesamiento de la información de la carta balance.

Una vez concluida la observación en campo, la información registrada en las cartas balance fue tabulada y agrupada según el tipo de excavación y la categoría de tiempo observada. Posteriormente, se contabilizaron los registros de cada clase de actividad y se determinó su proporción respecto del total de observaciones realizadas. Con ello se obtuvieron los porcentajes de tiempo productivo, contributorio y no contributorio para la excavación manual y mecánica.

Figura 13

Procesamiento de la información de la carta balance



3.7. Procedimientos de análisis de datos

Se ingresaron los datos recopilados durante la investigación en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2025 (horas trabajadas, rendimiento por hora, productividad en m³ excavados, entre otros) y luego se organizaron en filas y columnas con sus respectivas etiquetas para facilitar su identificación y procesamiento; posteriormente, se emplearon funciones de Excel para calcular indicadores relevantes (promedios, sumas y porcentajes), se elaboraron tablas con formato para presentar los resultados de manera ordenada y profesional, y se generaron gráficos para visualizar tendencias y comparaciones, incorporando títulos, leyendas y etiquetas que permitieron interpretar adecuadamente la información y sustentar el análisis de los resultados.

El análisis de la información se realizó en Minitab 22 para contrastar la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alternativa (H1) sobre la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota; para ello, se aplicó una prueba de hipótesis (prueba no paramétrica U de Mann-Whitney) para comparar las medias entre ambos métodos y, con los estadísticos obtenidos (valor p) y un nivel de significancia de 0.05, se determinó el rechazo o aceptación de H0.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Para la ejecución de la investigación se utilizaron materiales, equipos e instrumentos que permitieron medir, observar, registrar y procesar los datos relativos a la excavación manual y mecánica de cimientos. Su uso estuvo orientado a la caracterización de las viviendas y cimentaciones, al registro del rendimiento y la productividad, así como a la organización y al análisis de la información recopilada en campo y en gabinete.

Tabla 17

Materiales, equipos e instrumentos utilizados en la investigación

Material, equipo o instrumento	Descripción del uso
Wincha	Se utilizó para medir las dimensiones de las excavaciones y las cimentaciones, como la longitud, el ancho y la profundidad.
Regla metálica Truper	Se empleó para verificar mediciones puntuales y apoyar el control de dimensiones pequeñas durante la caracterización de las excavaciones.
Nivel Surtek	Se utilizó para verificar los niveles y controlar la horizontalidad o regularidad del terreno y de la excavación.
Cronómetro digital Casio	Se empleó para registrar el tiempo de trabajo durante la ejecución de las excavaciones, tanto manuales como mecánicas.
Cuaderno de campo	Se utilizó para anotar observaciones, datos de campo y características del proceso constructivo de cada vivienda evaluada.
Fichas de registro	Se emplearon para consignar de forma ordenada los datos de rendimiento, las dimensiones de excavación, la mano de obra y la maquinaria.
Cuestionario semiestructurado	Se utilizó para recopilar información de los trabajadores y operadores sobre la mano de obra, la experiencia, la contratación y las condiciones de trabajo.
Carta balance	Se empleó para registrar y clasificar los tiempos productivo, contributivo y no contributivo durante la ejecución de las excavaciones.
Cámara fotográfica	Se utilizó para el registro visual de las viviendas, las excavaciones, la maquinaria, las condiciones de trabajo y el entorno operativo.
Lápiz y lapiceros	Se emplearon para el llenado de fichas, cuestionarios, carta balance y anotaciones.
Hojas impresas	Se utilizaron para la aplicación de encuestas, cartas balance y formatos de registro de datos.
Calculadora	Se empleó para realizar cálculos rápidos de apoyo durante el trabajo de campo.
Computadora	Se utilizó para tabular, procesar y organizar la información recolectada, así como para elaborar tablas, figuras y cálculos finales.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos que se aplicaron en la investigación fueron:

Consentimiento informado. Antes de la recolección de datos, se explicó a los trabajadores y responsables de obra el propósito de la investigación, el tipo de información que se iba a registrar y el uso académico de los resultados. La participación fue voluntaria y solo se aplicaron encuestas o registros directos cuando los participantes aceptaron proporcionar la información solicitada (Sánchez et al., 2023).

Confidencialidad y protección de datos. La información recopilada fue tratada de forma confidencial. Los datos personales de los trabajadores y operadores no fueron difundidos sin autorización y, en los casos necesarios, se empleó la codificación mediante iniciales o registros anónimos (Sánchez et al., 2023).

Voluntariedad y derecho a no participar. La participación de los trabajadores y operadores no estuvo sujeta a presión, obligación ni condicionamiento alguno. Cada participante tuvo la posibilidad de responder o no a la encuesta, así como de omitir información que considerara reservada, sin que ello generara consecuencias en su relación laboral ni en el desarrollo de la obra (Boden-Stuart y Thompson, 2026).

Respeto la dignidad y las condiciones de trabajo. Durante la observación en campo, se procuró que la presencia de las investigadoras no interfiriera con el desarrollo normal de las actividades ni expusiera a los trabajadores a situaciones incómodas, peligrosas o de presión adicional. Asimismo, se mantuvo un trato respetuoso hacia todos los participantes, reconociendo su experiencia laboral, su contexto sociocultural y su rol en el proceso constructivo de acuerdo con British Educational Research Association (BERA, 2024).

Sin discriminación y con respeto a la diversidad. La recolección de datos se realizó sin distinción por edad, procedencia, nivel educativo, categoría laboral u otros

datos. La información fue obtenida y tratada con criterios de respeto e igualdad, evitando cualquier forma de sesgo, exclusión o trato diferenciado que pudiera afectar a los trabajadores observados o encuestados (BERA, 2024).

Transparencia en el registro y la comunicación de resultados. Los datos obtenidos en campo fueron registrados, procesados y presentados fielmente, sin alteraciones ni manipulaciones orientadas a favorecer alguno de los métodos de excavación evaluados. Del mismo modo, los resultados se comunicaron con base en la evidencia recopilada, manteniendo la coherencia entre los registros de campo, los cálculos realizados y la interpretación final. La transparencia en la investigación es un componente fundamental de la integridad científica y de la comunicación ética de los resultados (Sánchez et al., 2023).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Condiciones de las cimentaciones, el terreno y los recursos de ejecución (mano de obra y maquinaria) en la excavación

4.1.1.1. Condiciones de la cimentación y del terreno excavado.

En las viviendas con excavación manual predominaron las zapatas y los cimientos corridos, ya sea de forma individual o combinada. Las dimensiones de las cimentaciones fueron variables, con largos entre 1.00 m y 12.80 m, anchos entre 0.40 m y 3.95 m, y alturas de cimentación entre 0.40 m y 2.00 m. La altura de excavación osciló entre 0.60 m y 2.00 m. En cuanto al terreno, se observó predominio de suelos arcillosos, arcillas medianas a duras y limos consolidados, condiciones que influyen directamente en la facilidad de excavación y en el rendimiento de la mano de obra.

Tabla 18

Resumen de las condiciones de la cimentación y del terreno en viviendas con excavación manual

N.º de vivienda	Tipo de cimentación	Largo de cimentación (m)	Ancho de cimentación (m)	Altura de cimentación (m)	Altura de excavación (m)	Tipo de suelo
1	Cimiento corrido y zapatas	1.30 – 7.35	0.40 – 3.95	1.00	0.60 – 0.80	Limos consolidados
2	Zapatas y viga de cimentación	1.20 – 12.80	0.80 – 1.20	0.40 – 0.50	0.70 – 1.70	Arcillas medianas a duras
3	Zapatas	1.20	1.20	0.50	1.80	Arcillas medianas a duras
8	Zapatas	1.30	1.30	0.50	1.50 – 1.70	Arcillas medianas a duras
9	Cimiento corrido y zapatas	1.50 – 6.95	1.50 – 1.70	0.50	1.50 – 2.00	Limos consolidados
12	Zapatas y cimiento	1.00 – 2.90	0.60 – 1.00	0.60 – 2.00	1.60 – 2.00	Arcilla
13	Cimiento corrido y zapatas	1.20 – 3.30	0.40 – 3.00	0.50 – 0.60	1.60	Arcillas medianas a duras

En las viviendas con excavación y maquinaria se identificó una mayor diversidad de tipologías de cimentación, incluyendo zapatas, zapatas corridas, vigas de cimentación, cimientos corridos y una platea de cimentación. En este grupo se observaron dimensiones más amplias que en la excavación manual, con largos entre 0.40 m y 41.85 m, anchos entre 0.50 m y 23.80 m, y alturas de cimentación entre 0.50 m y 1.10 m. La altura de excavación varió entre 1.10 m y 2.80 m, lo que evidencia excavaciones de mayor magnitud y profundidad, compatibles con el uso de maquinaria. Respecto al suelo, se registraron principalmente arcillas medianas, arcillas limosas, arcillas medianas a duras y limos consolidados, así como un caso de limos orgánicos, lo que indica condiciones de terreno heterogéneas en las viviendas evaluadas.

Tabla 19

Resumen de las condiciones de la cimentación y del terreno en viviendas con excavación con maquinaria

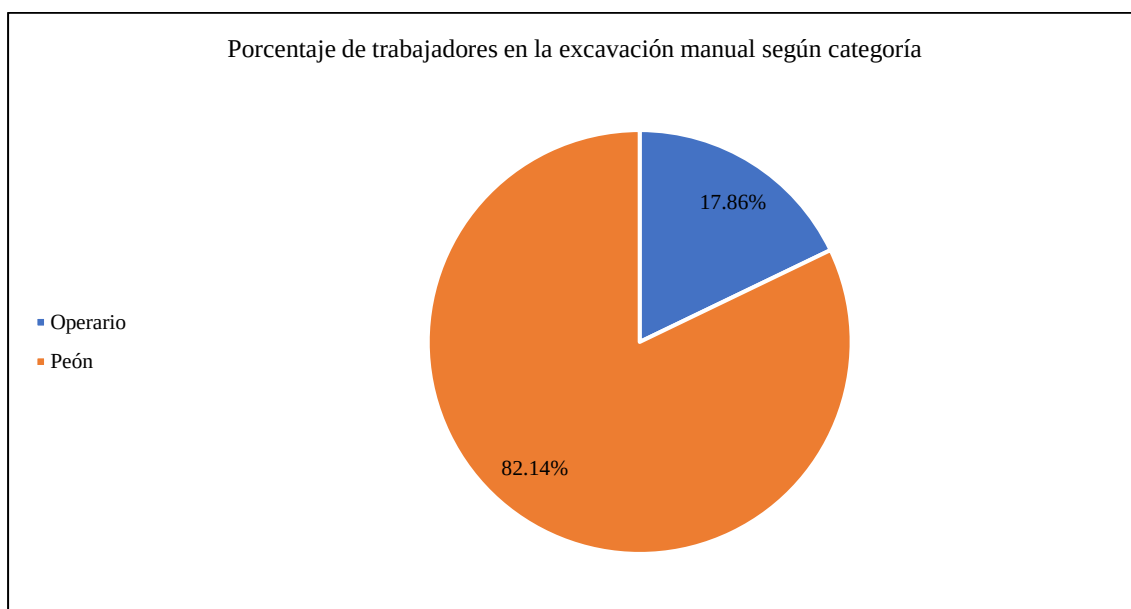
N.º de vivienda	Tipo de cimentación	Largo de cimentación (m)	Ancho de cimentación (m)	Altura de cimentación (m)	Altura de excavación (m)	Tipo de suelo
4	Zapatas	1.60 – 2.95	1.60	1.00	2.80	Limos orgánicos
5	Zapata corrida	5.60 – 24.50	2.00 – 4.36	0.60	2.50	Arcillas medianas
6	Zapata corrida y cimiento corrido	1.10 – 9.12	1.30	0.75 – 1.10	1.35	Arcillas medianas
7	Zapatas y viga de cimentación	0.40 – 3.18	0.50 – 1.80	0.60	1.70	Arcilla limosa
10	Zapatas y viga de cimentación	0.75 – 4.35	0.50 – 2.00	0.50 – 0.90	1.10 – 2.00	Limos consolidados
11	Cimiento corrido	8.50	1.20	0.60	2.00	Limos consolidados
14	Platea de cimentación	41.85	23.80	0.60	2.00	Arcillas medianas a duras

4.1.1.2. Características de la mano de obra.

En las viviendas con excavación manual, se observó que las cuadrillas estuvieron conformadas por 3 a 5 trabajadores, con predominio de peones y la participación de operarios en cinco de las siete viviendas evaluadas. La edad promedio de las cuadrillas varió entre 31.8 y 44.0 años, mientras que la experiencia laboral promedio osciló entre 7.0 y 17.5 años, lo que indica una mano de obra con experiencia intermedia y alta en este tipo de actividad. La remuneración promedio diaria se ubicó entre S/ 39.40 y S/ 54.00, y en todos los casos la forma de aprendizaje del oficio fue empírica, lo que evidencia que la excavación manual se ejecutó principalmente con mano de obra local, formada por experiencia práctica adquirida en obra. La procedencia de los trabajadores fue mayoritariamente de Chota y de comunidades cercanas, lo que confirma una fuerte participación de mano de obra del entorno inmediato.

Figura 14

Porcentaje de trabajadores según categoría en la excavación manual

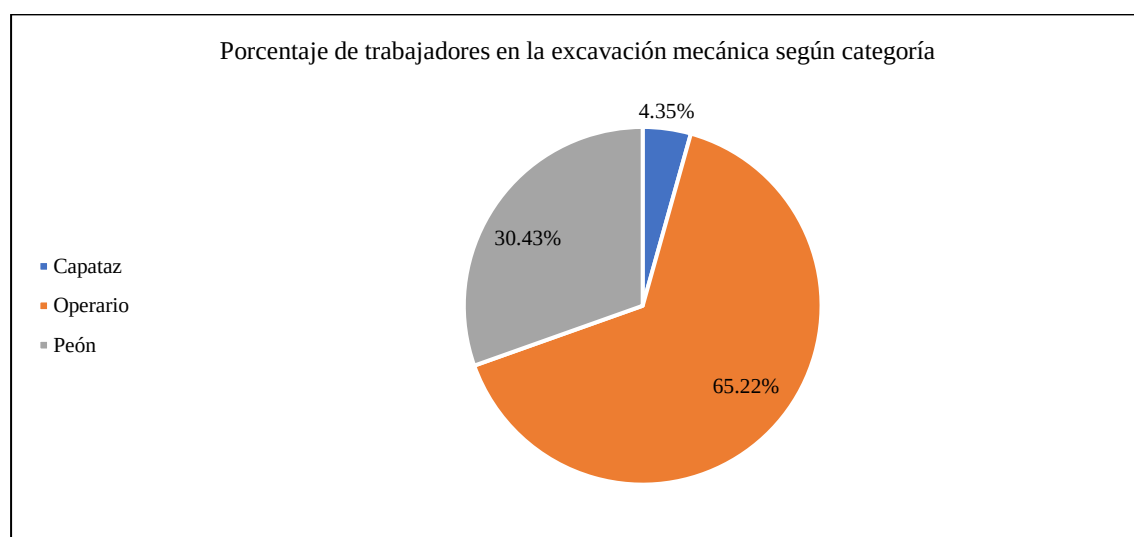


Nota. Se observa un claro predominio de peones (82.14%) frente a operarios (17.86%), lo que indica que la excavación manual es una actividad intensiva en mano de obra no especializada, en la que la mayor parte del trabajo recae en tareas físicas de excavación.

En las viviendas con excavación mediante maquinaria, las cuadrillas estuvieron conformadas por 3 a 4 trabajadores, con predominio de operarios y menor participación de peones que en la excavación manual. La edad promedio de las cuadrillas varió entre 30.5 y 37.3 años, mientras que la experiencia laboral promedio se situó entre 5.0 y 10.0 años, lo que refleja personal relativamente joven, pero con experiencia suficiente en la operación de maquinaria y en el apoyo a la excavación. La remuneración promedio diaria fue mayor que en la excavación manual, con valores entre S/ 53.33 y S/ 83.33, lo que se asocia al mayor nivel de especialización requerido para operar equipos. En la mayoría de las viviendas predominó el aprendizaje empírico; no obstante, también se identificaron casos de aprendizaje práctico y técnico, especialmente en cuadrillas vinculadas al manejo de maquinaria. La procedencia de la mano de obra fue diversa, incluyendo trabajadores de Chota, comunidades cercanas y localidades externas, lo que evidencia una mayor movilidad laboral en las excavaciones mecanizadas.

Figura 15

Porcentaje de trabajadores según categoría en la excavación mecánica



Nota. Predominan los operarios (65.22%), seguidos de los peones (30.43%) y de una mínima participación de los capataces (4.35%), lo que evidencia una mayor especialización del trabajo.

Tabla 20*Características de la mano de obra en viviendas con excavación manual*

N.° de vivienda	N.° de trabajadores	N.° de operarios	N.° de peones	Edad promedio de la cuadrilla (años)	Lugar de procedencia (comunidad)	Experiencia laboral promedio (años)	Remuneración promedio (S/ día)	Forma de aprendizaje
1	5	1	4	38.0	Chota, Colpatuapampa, Lumbral, Cuyumalca, Púcara	7.0	54.00	Empírico
2	4	1	3	41.8	Santa Rosa, Chiguirip, Púcara, Utchuclachulit	17.5	41.25	Empírico
3	4	1	3	40.0	Chota, Silingan, Cochabamba	17.0	47.50	Empírico
8	3	1	2	44.0	Chota, Colpamayo	9.0	46.67	Empírico
9	5	0	5	31.8	Chota, Colpamatara, Colpahuacariz, Campamento	8.6	39.40	Empírico
12	4	1	3	40.8	Chota	11.8	45.00	Empírico
13	3	0	3	42.0	Cochopampa, Chota	9.3	40.00	Empírico

Tabla 21*Características de la mano de obra en viviendas con excavación con maquinaria*

N.° de vivienda	N.° de trabajadores	N.° de operarios	N.° de peones	Edad promedio de la cuadrilla (años)	Lugar de procedencia (comunidad)	Experiencia laboral promedio (años)	Remuneración promedio (S/ día)	Forma de aprendizaje
4	3	1	1	30.7	Juliaca, Chota, Tacabamba	7.7	53.33	Empírico
5	3	2	1	37.3	Chota, La Paccha	5.0	83.33	Empírico
6	3	2	1	35.7	Caserío La Cubullina, La Succha, Chota	7.7	70.00	Empírico
7	4	2	2	34.5	BQ Virgen Acunta, La Paccha, Hualgayoc, Chota	7.0	65.00	Empírico
10	3	2	1	37.0	Cutervo, Chota	10.0	76.67	Práctico y empírico
11	3	2	1	31.7	San Juan del Suro, Chota	9.0	58.89	Empírico
14	4	4	0	30.5	Chota, Colpamatara, Colpahuacariz, Campamento	7.3	82.50	Técnico y empírico

4.1.1.3. Características de la maquinaria.

La maquinaria utilizada en las excavaciones mecanizadas correspondió principalmente a retroexcavadoras CAT 420F, presentes en seis de las siete viviendas evaluadas, mientras que en una vivienda se empleó una excavadora CAT 320. La antigüedad de los equipos osciló entre 3 y 8 años de uso, lo que indica maquinaria relativamente moderna y aún dentro de su vida útil operativa. La capacidad del cucharón varió entre 0.62 m³ y 1.20 m³, siendo mayor en la excavadora CAT 320 y menor en dos retroexcavadoras CAT 420F, mientras que la capacidad del volquete se mantuvo constante en 15 m³ en todos los casos. En cuanto al estado operativo, todos los equipos presentaron buen estado y mantenimiento reciente, aunque solo en una vivienda se reportó una reparación reciente del cucharón. Las excavaciones con maquinaria se ejecutaron con equipos en condiciones operativas, lo que favoreció la continuidad y el rendimiento mecánico durante la construcción de las cimentaciones.

Tabla 22

Características de la maquinaria empleada en la excavación de cimentaciones

N.º de vivienda	Marca y modelo de la maquinaria	Años de uso	Capacidad del cucharón (m ³)	Capacidad del volquete (m ³)	Estado del motor	Última fecha de mantenimiento	Reparaciones recientes
4	Retroexcavadora CAT 420F	6	0.92	15	Bueno	Reciente	Ninguna
5	Retroexcavadora CAT 420F	7	0.84	15	Bueno	Reciente	Reparación de cucharón
6	Retroexcavadora CAT 420F	5	0.92	15	Bueno	Reciente	Ninguna
7	Retroexcavadora CAT 420F	7	0.92	15	Bueno	Reciente	Ninguna
10	Retroexcavadora CAT 420F	8	0.62	15	Bueno	Reciente	Ninguna
11	Retroexcavadora CAT 420F	8	0.62	15	Bueno	Reciente	Ninguna
14	Excavadora CAT 320	3	1.20	15	Bueno	Reciente	Ninguna

4.1.2. Rendimiento y uso de los tiempos de producción durante la excavación manual de cimientos en viviendas

4.1.2.1. Rendimientos de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos.

En las viviendas evaluadas mediante excavación manual, las cuadrillas estuvieron conformadas, en promedio, por 0.41 operarios y 3.10 peones, con un volumen excavado promedio de 7.03 m³ en 6.78 horas de trabajo. El aporte unitario total promedio fue de 3.71 hh, mientras que el rendimiento promedio fue de 2.38 m³/día. A nivel de vivienda, el mayor rendimiento se registró en las viviendas 8 y 9, ambas con 2.88 m³/día; en cambio, los menores rendimientos se observaron en las viviendas 2, 13 y 12, con 2.04, 2.26 y 2.31 m³/día, respectivamente.

Tabla 23

Rendimientos de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla de 1 PE

Viviendas	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de volumen total (m ³)	Promedio de horas de trabajo	Promedio de aporte OP	Promedio de aporte PE	Promedio de aporte unitario total (hh)	Promedio de rendimiento (m ³ /día)
1	0.71	1.86	4.40	5.57	0.93	2.86	3.79	2.36
2	1.00	3.00	7.07	6.77	1.00	3.00	4.00	2.04
3	1.00	3.00	8.99	7.33	0.82	2.46	3.27	2.45
8	0.00	3.00	8.17	7.50	0.00	2.92	2.92	2.88
9	0.00	5.00	12.20	6.88	0.00	2.84	2.84	2.88
12	1.00	3.00	6.52	5.67	0.87	2.60	3.47	2.31
13	0.00	2.90	5.31	7.05	0.00	4.16	4.16	2.26
Promedio	0.41	3.10	7.03	6.78	0.41	3.30	3.71	2.38

La Tabla 24 permite comparar los rendimientos ajustados con el valor referencial de CAPECO para la excavación manual de zanjas hasta 1.70 m, equivalente a 3.00 m³/día. En promedio, el rendimiento ajustado fue de 2.62 m³/día, lo que representó el 87.30% del valor de CAPECO. Sin embargo, este comportamiento no fue homogéneo, ya que las viviendas 8 y 9 superaron el rendimiento referencial, alcanzando 105.73% y 105.54%, respectivamente, mientras que las viviendas 2, 12 y 13 se ubicaron

por debajo del referencial, con 74.83%, 84.67% y 82.87%, respectivamente. En consecuencia, aunque el promedio general fue inferior al valor normativo, se comprobó que en algunas viviendas la excavación manual sí pudo igualar o incluso superar el rendimiento de referencia, mientras que en otras el desempeño fue inferior.

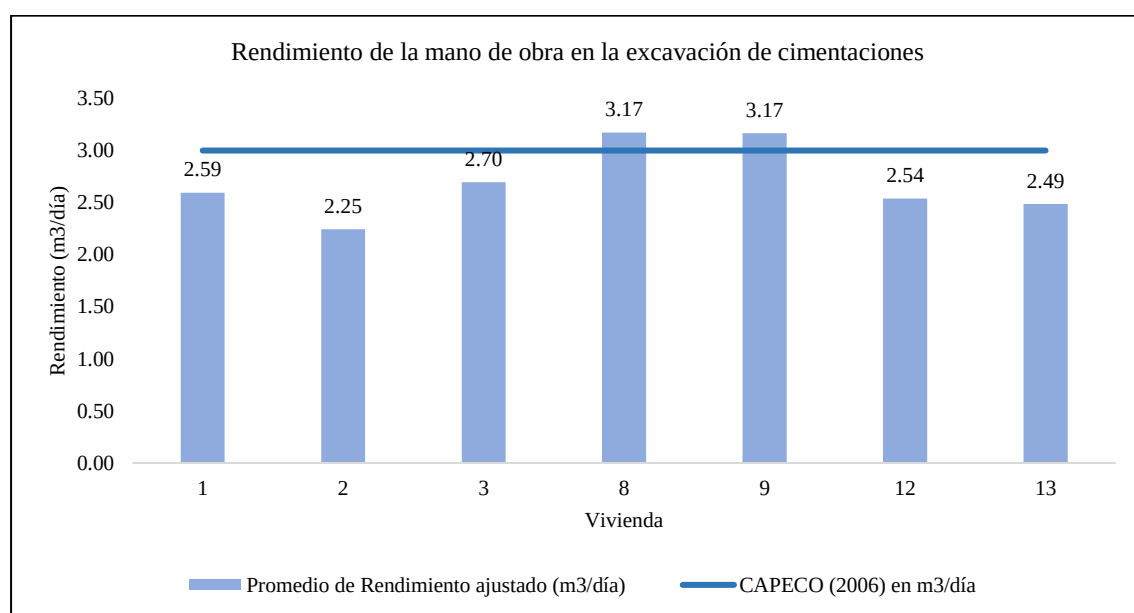
Tabla 24

Comparación del rendimiento de la mano de obra en la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla 1.1 trabajadores

Viviendas	Número de trabajadores	Promedio de rendimiento ajustado (m ³ /día)	CAPECO (2006) en m ³ /día	% que representa de CAPECO
1	1.1	2.59	3	86.46%
2	1.1	2.25	3	74.83%
3	1.1	2.70	3	89.87%
8	1.1	3.17	3	105.73%
9	1.1	3.17	3	105.54%
12	1.1	2.54	3	84.67%
13	1.1	2.49	3	82.87%
Promedio	1.1	2.62	3	87.30%

Figura 16

Comparación del rendimiento de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos, por vivienda, para la cuadrilla 1.1 trabajadores



La Tabla 25 muestra que, al analizar el rendimiento por partida, la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad presentó el mayor rendimiento promedio, con 2.36 m³/día, seguida por la excavación de zanjas hasta 1.70 m de profundidad, con 3.05 m³/día. Por el contrario, los menores rendimientos se obtuvieron en la excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m, con 2.15 m³/día, y en la excavación para muro de contención de 1.40 m a 1.70 m, con 2.23 m³/día. Esto indica que las partidas de menor complejidad geométrica o con procesos más continuos, como las zanjas, tendieron a presentar un mejor desempeño.

Tabla 25

Rendimientos de la mano de obra en la excavación manual de cimientos, por partida, para la cuadrilla 1 PE

Partida de excavación	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de volumen total (m ³)	Promedio de horas de trabajo	Promedio de aporte OP	Promedio de aporte PE	Promedio de aporte unitario total (hh)	Promedio de rendimiento (m ³ /día)
Zanjas para cimientos hasta de 1.00 m	0.71	1.86	4.40	5.57	0.93	2.86	3.79	2.36
Zanjas para cimientos hasta 1.40 m	0.73	3.00	7.31	6.64	0.77	2.94	3.71	2.35
Zanjas para cimientos hasta 1.70 m	0.00	3.82	7.16	4.55	0.00	2.66	2.66	3.05
Zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m	0.33	3.17	7.55	8.00	0.29	3.78	4.07	2.15
Muro de contención de 1.40 a 1.70 m	1.00	3.00	5.57	5.00	0.90	2.69	3.59	2.23
Promedio	0.41	3.10	7.03	6.78	0.41	3.30	3.71	2.38

La excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad alcanzó un rendimiento ajustado de 3.36 m³/día, equivalente al 111.93% del valor de CAPECO, siendo la única partida que superó claramente el rendimiento referencial. La excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m y la excavación para muro de contención de 1.40 m a 1.70 m registraron valores cercanos al referencial, con 94.80% y 98.00%,

respectivamente. En cambio, las zanjas de hasta 1.00 m y de hasta 1.40 m mostraron desempeños inferiores, con 64.84% y 73.99% del valor de CAPECO. En promedio, el rendimiento ajustado por partida fue de 2.62 m³/día frente a un promedio referencial de 3.10 m³/día, lo que representó el 84.48% del estándar. Esto demuestra que, en términos globales, la excavación manual de cimientos en Chota presentó un rendimiento menor al referencial, aunque con diferencias importantes según la partida ejecutada.

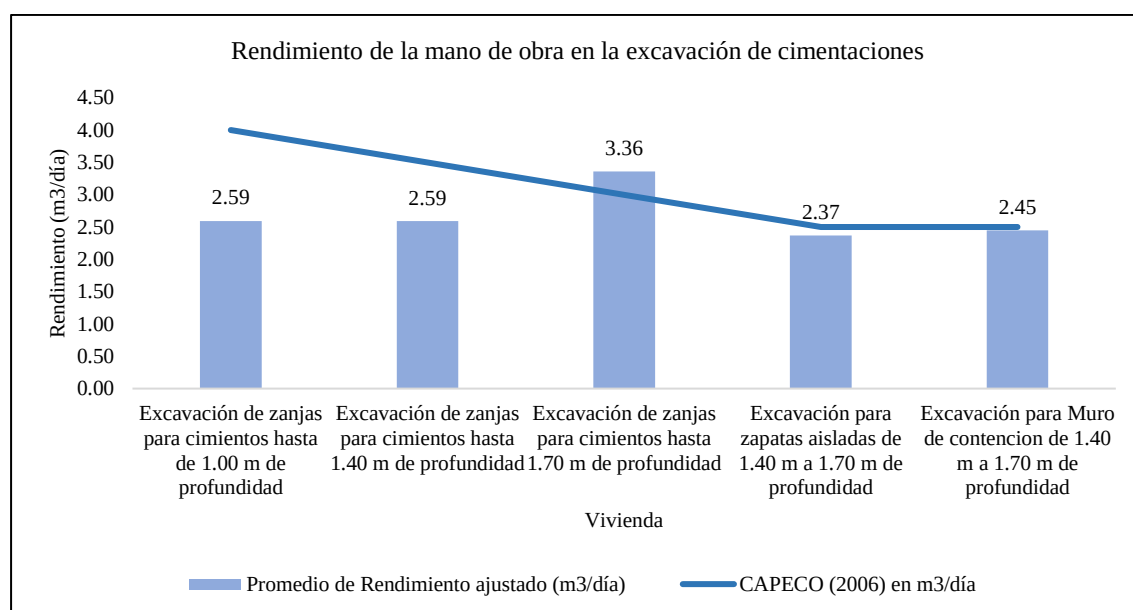
Tabla 26

Comparación del rendimiento en la excavación manual de cimientos, por partida

Partida	Promedio de rendimiento ajustado (m ³ /día)	CAPECO (2006) en m ³ /día	% que representa de CAPECO
Excavación de zanjas para cimientos hasta de 1.00 m de profundidad	2.59	4	64.84%
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	2.59	3.5	73.99%
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad	3.36	3	111.93%
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	2.37	2.5	94.80%
Excavación para muro de contención de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	2.45	2.5	98.00%
Promedio	2.62	3.1	84.48%

Figura 17

Comparación del rendimiento en la excavación manual de cimientos, por partida



En cuanto al acarreo del material excavado, la Tabla 27 indica que el rendimiento promedio fue de 5.71 m³/día, con un volumen promedio de 15.45 m³ y un aporte unitario total de 1.41 hh. Los mayores rendimientos se observaron en las viviendas 9, 13 y 1, con 6.16 m³/día, 6.14 m³/día y 6.01 m³/día, respectivamente, mientras que los menores se registraron en las viviendas 12, 3 y 2, con 5.24 m³/día, 5.34 m³/día y 5.45 m³/día, respectivamente. La menor dispersión de estos valores respecto a la excavación manual de cimientos sugiere que el acarreo presentó un comportamiento más estable entre las viviendas.

Tabla 27

Rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda

Viviendas	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de volumen total (m ³)	Promedio de horas de trabajo	Promedio de aporte OP	Promedio de aporte PE	Promedio de aporte unitario total (hh)	Promedio de rendimiento (m ³ /día)
1	1.00	2.00	9.01	9.01	4.00	0.89	1.33	6.01
2	0.00	3.00	10.83	5.20	0.00	1.47	1.47	5.45
3	0.00	3.00	10.02	5.00	0.00	1.50	1.50	5.34
8	0.00	3.00	16.62	8.00	0.00	1.44	1.44	5.54
9	0.00	5.00	32.90	8.50	0.00	1.31	1.31	6.16
12	0.00	3.00	13.76	7.00	0.00	1.53	1.53	5.24
13	0.00	3.00	15.26	6.67	0.00	1.30	1.30	6.14
Promedio	0.07	3.20	15.45	6.67	0.27	1.38	1.41	5.71

La Tabla 28 y la Figura 18 muestran que el rendimiento ajustado del acarreo de material excavado alcanzó un promedio de 6.25 m³/día, lo que representó el 104.09% del valor referencial de CAPECO, fijado en 6.00 m³/día. Las viviendas 1, 8, 9 y 13 superaron dicho valor, con porcentajes entre 101.54% y 112.42%, mientras que las viviendas 2, 3 y 12 se ubicaron ligeramente por debajo, aunque con diferencias poco marcadas. En consecuencia, a diferencia de la excavación manual de cimientos, el acarreo del material excavado mostró, en promedio, un desempeño ligeramente

superior al estándar referencial, lo que indica una mayor proximidad de esta actividad a los valores propuestos por CAPECO.

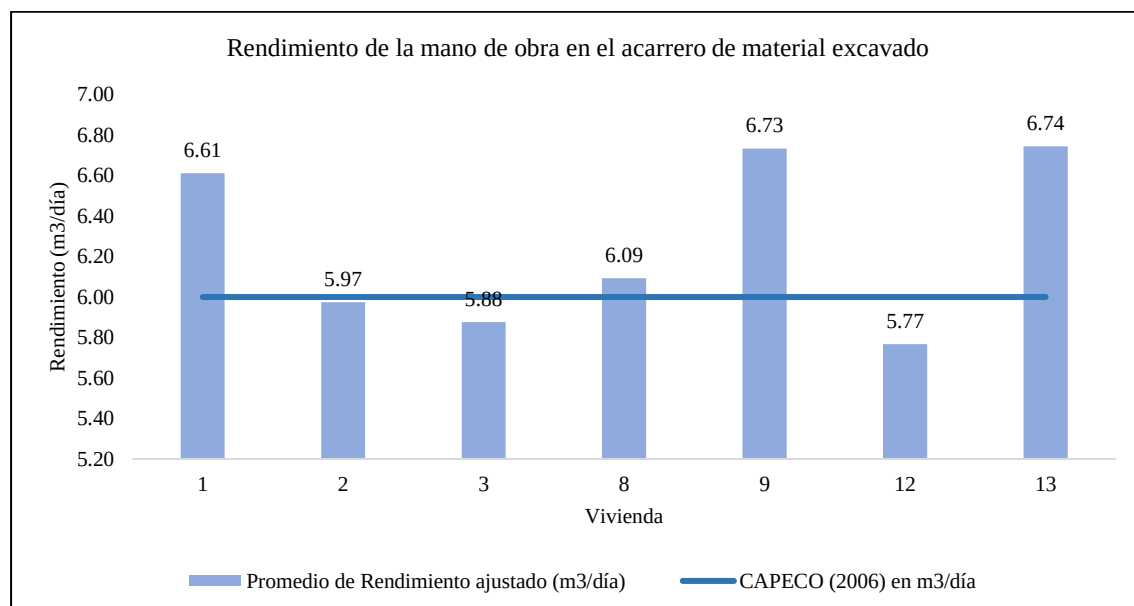
Tabla 28

Comparación del rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda

Viviendas	Número de trabajadores	Promedio de rendimiento ajustado (m ³ /día)	CAPECO (2006) en m ³ /día	% que representa de CAPECO
1	1.1	6.61	6	110.18%
2	1.1	5.97	6	99.58%
3	1.1	5.88	6	97.93%
8	1.1	6.09	6	101.54%
9	1.1	6.73	6	112.22%
12	1.1	5.77	6	96.12%
13	1.1	6.74	6	112.42%
Promedio	1.1	6.25	6	104.09%

Figura 18

Comparación del rendimientos de la mano de obra durante el acarreo del material excavado, por vivienda



4.1.2.2. Uso de los tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en viviendas.

Los resultados de la Tabla 29 evidencian que, en promedio, la mano de obra durante la excavación manual de cimientos destinó el 53.0% del tiempo a actividades productivas, el 29.9% a actividades contributorias y el 17.1% a actividades no contributorias, lo que permite afirmar que poco más de la mitad del tiempo observado se orientó al avance físico directo de la excavación, mientras que el resto correspondió a labores de apoyo y a tiempos sin aporte efectivo al proceso. Asimismo, se observaron diferencias importantes entre viviendas, ya que la VIV-08 y la VIV-13 registraron los mayores porcentajes de tiempo productivo y los menores tiempos no contributorios, reflejando un mejor aprovechamiento del tiempo de trabajo; en cambio, la VIV-09 y la VIV-12 presentaron menores niveles de tiempo productivo y una mayor presencia de actividades improductivas o complementarias. En conjunto, estos resultados muestran que el uso de los tiempos de producción en la excavación manual no fue homogéneo, sino que varió según las condiciones de ejecución de cada vivienda, lo que influyó directamente en la eficiencia general del proceso.

Tabla 29

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en viviendas

Viviendas	TP	TC	TNC
VIV-01	49.9%	37.1%	13.0%
VIV-02	51.9%	27.8%	20.3%
VIV-03	54.5%	26.7%	18.8%
VIV-08	63.8%	26.8%	9.5%
VIV-09	46.3%	26.0%	27.8%
VIV-12	44.5%	35.5%	20.0%
VIV-13	60.0%	29.4%	10.6%
Promedio	53.0%	29.9%	17.1%

Figura 19

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en viviendas

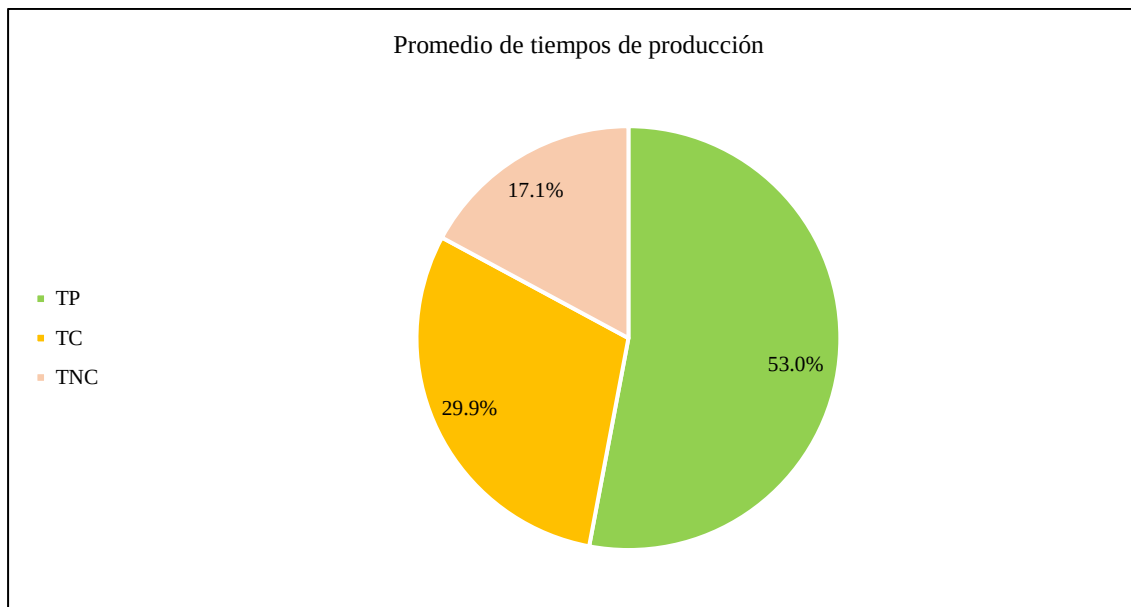


Figura 20

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos por viviendas

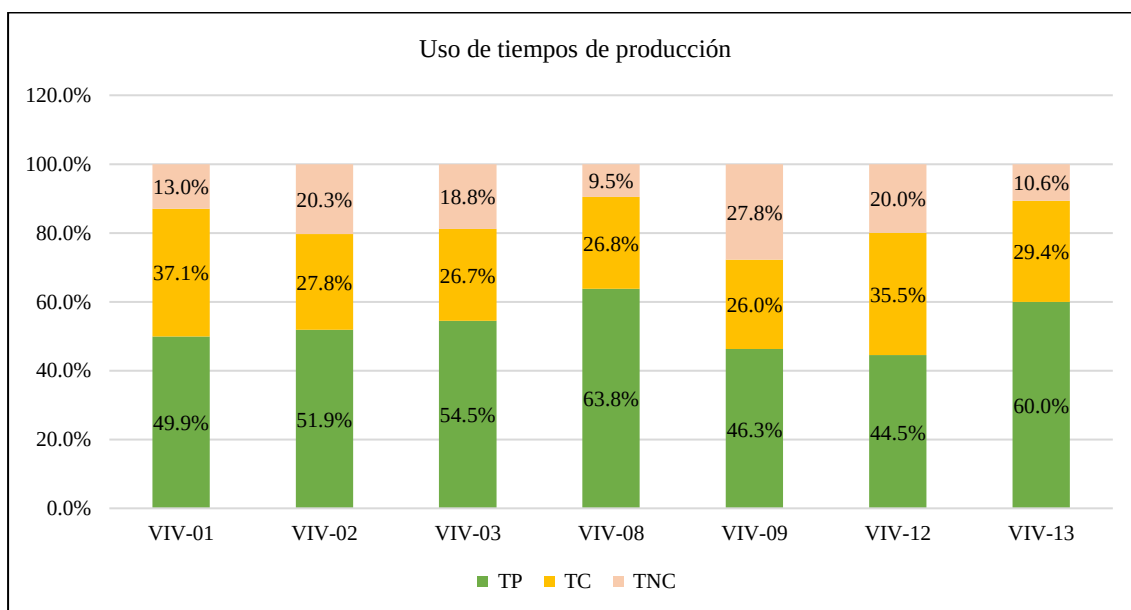


Tabla 30

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 1

		TP	TC	TNC
Día 1	CA1	11.7%	57.1%	31.3%
	PE1	77.1%	15.8%	7.1%
	PE2	81.7%	11.3%	7.1%
	PE3	79.2%	12.9%	7.9%
	PE4	72.5%	20.0%	7.5%
Día 2	CA1	0.0%	61.7%	38.3%
	PE1	67.5%	26.7%	5.8%
	PE2	40.4%	55.4%	4.2%
	PE3	39.2%	50.4%	10.0%
	PE4	30.0%	60.0%	10.0%
Promedio	CA1	5.8%	59.4%	34.8%
	PE1	72.3%	21.3%	6.5%
	PE2	61.0%	33.3%	5.6%
	PE3	59.2%	31.7%	9.2%
	PE4	51.3%	40.0%	8.8%

Tabla 31

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 1

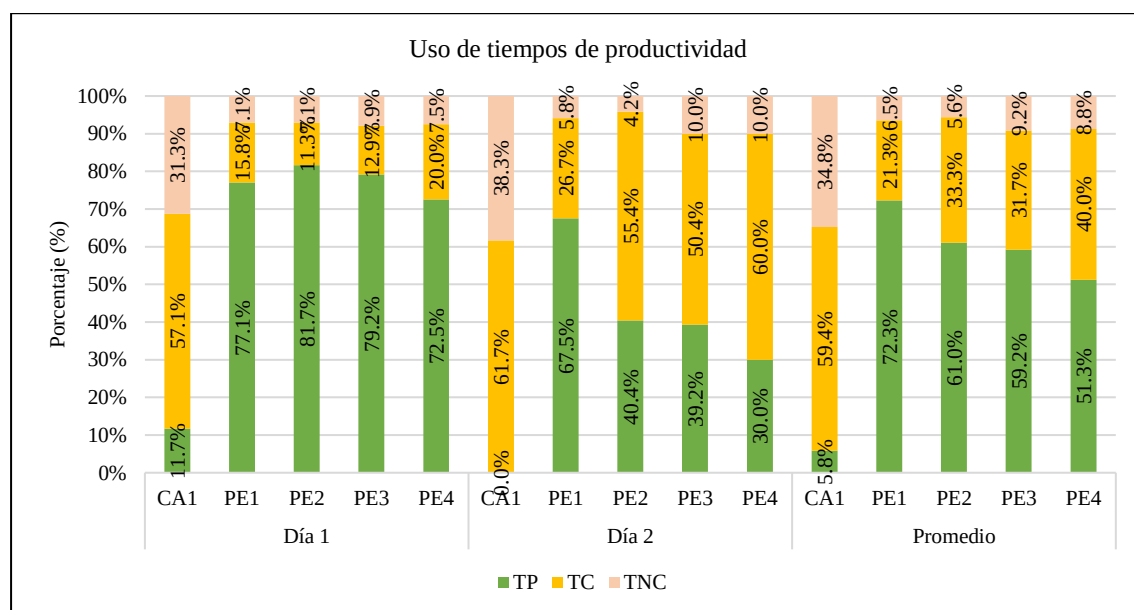


Tabla 32

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 2

		TP	TC	TNC
Día 1	CA	52.3%	17.2%	30.5%
	PE1	62.2%	17.7%	20.1%
	PE2	52.7%	16.2%	31.1%
	PE3	60.6%	11.9%	27.5%
Día 2	CA	38.3%	25.8%	35.8%
	PE1	74.6%	15.8%	9.6%
	PE2	63.3%	10.0%	26.7%
	PE3	67.3%	15.0%	17.7%
Promedio	PE1	33.8%	52.5%	13.8%
	PE2	40.8%	56.3%	2.9%
	PE3	38.8%	44.2%	17.1%
	CA	45.3%	21.5%	33.1%
Promedio	PE1	56.8%	28.7%	14.5%
	PE2	52.3%	27.5%	20.2%
	PE3	55.5%	23.7%	20.8%

Figura 21

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 2

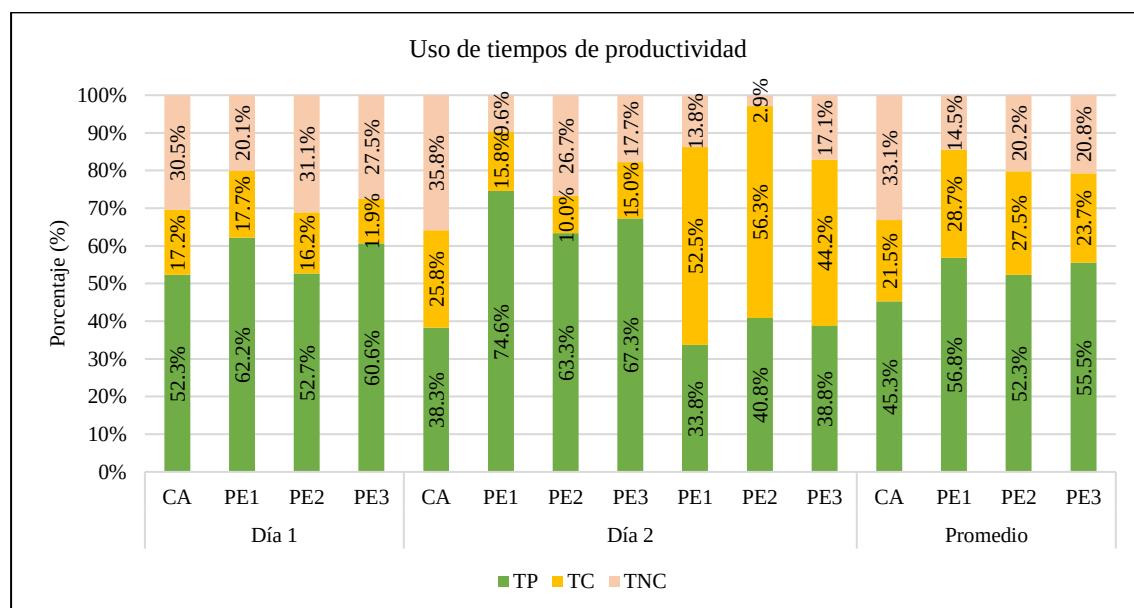


Tabla 33

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 3

		TP	TC	TNC
Día 1	CA	41.3%	18.8%	40.0%
	PE1	72.3%	6.4%	21.4%
	PE2	73.6%	11.8%	14.5%
	PE3	60.8%	23.8%	15.4%
Día 2	CA	41.3%	18.8%	40.0%
	PE1	73.8%	5.8%	20.4%
	PE2	75.8%	10.8%	13.3%
	PE3	60.8%	23.8%	15.4%
Promedio	PE1	27.1%	64.2%	8.8%
	PE2	50.0%	35.0%	15.0%
	PE3	38.3%	51.7%	10.0%
	CA	41.3%	18.8%	40.0%
	PE1	57.7%	25.5%	16.8%
	PE2	66.5%	19.2%	14.3%
	PE3	53.3%	33.1%	13.6%

Figura 22

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 3

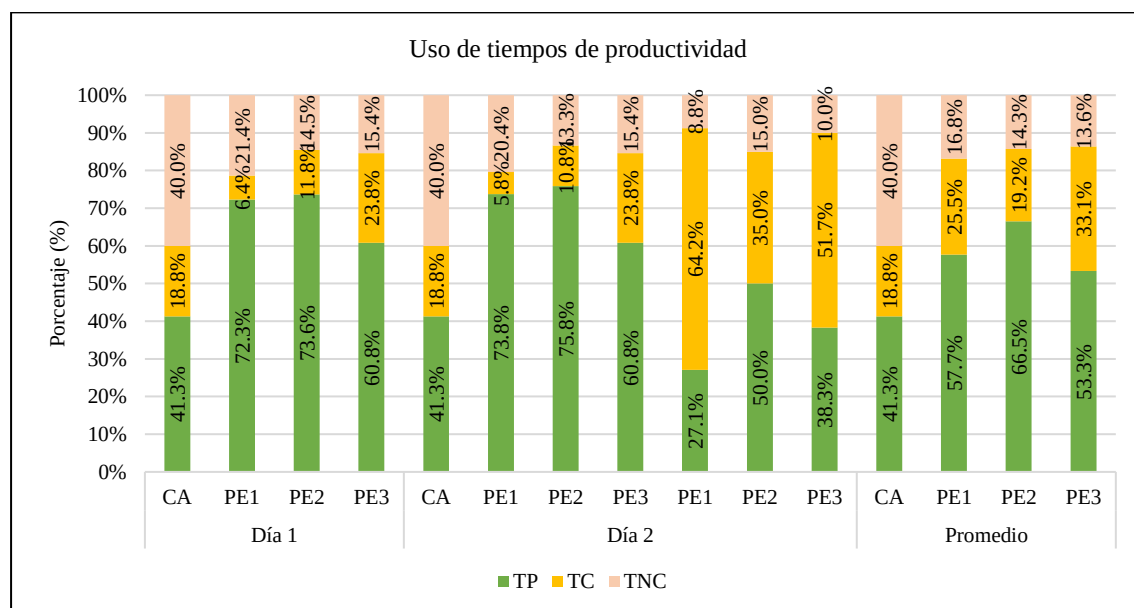


Tabla 34

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 8

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	83.8%	1.3%	15.0%
	OP2	77.5%	13.8%	8.8%
	PE1	70.8%	18.3%	10.8%
Día 2	OP1	78.8%	12.1%	9.2%
	OP2	80.0%	12.5%	7.5%
	PE1	77.1%	13.3%	9.6%
Día 3	OP1	45.8%	46.3%	7.9%
	OP2	27.5%	64.2%	8.3%
	PE1	32.5%	59.2%	8.3%
Promedio	OP1	69.4%	19.9%	10.7%
	OP2	61.7%	30.1%	8.2%
	PE1	60.1%	30.3%	9.6%

Figura 23

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 8

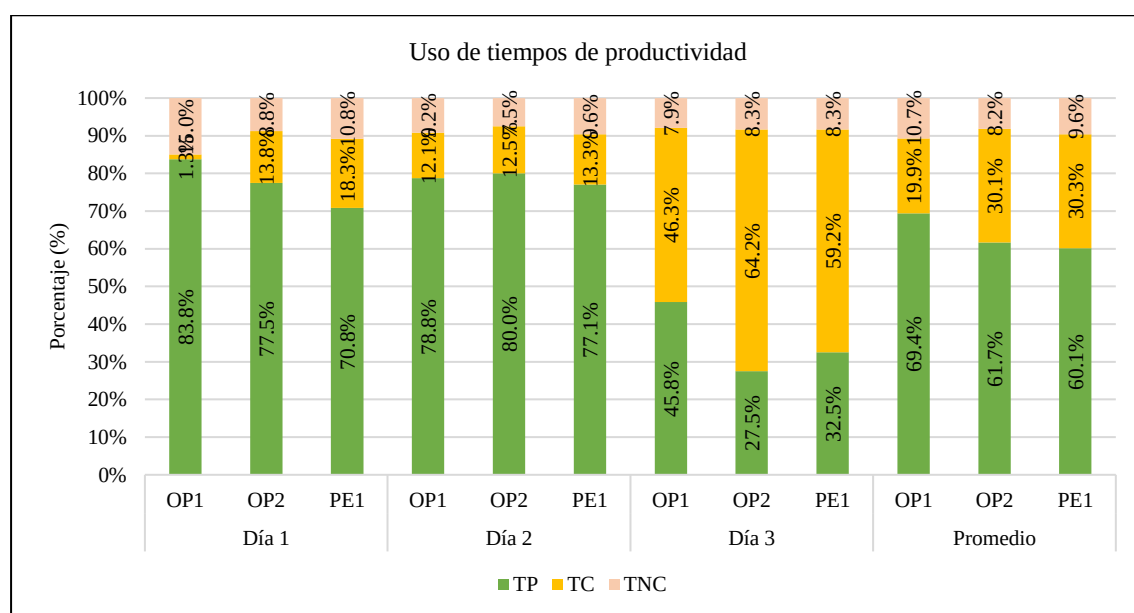


Tabla 35

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 9

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	67.1%	6.7%	26.3%
	OP2	52.5%	6.7%	40.8%
	PE1	69.6%	13.3%	17.1%
	PE2	42.9%	17.9%	39.2%
	PE3	42.1%	18.3%	39.6%
Día 2	OP1	75.0%	15.0%	10.0%
	OP2	75.0%	18.3%	6.7%
	PE1	20.0%	66.7%	13.3%
	PE2	0.0%	86.7%	13.3%
	PE3	73.3%	15.0%	11.7%
Día 3	OP1	34.2%	26.7%	39.2%
	OP2	38.8%	26.7%	34.6%
	PE1	32.9%	26.7%	40.4%
	PE2	37.9%	21.7%	40.4%
	PE3	32.5%	23.8%	43.8%
Promedio	OP1	58.8%	16.1%	25.1%
	OP2	55.4%	17.2%	27.4%
	PE1	40.8%	35.6%	23.6%
	PE2	26.9%	42.1%	31.0%
	PE3	49.3%	19.0%	31.7%

Figura 24

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 9

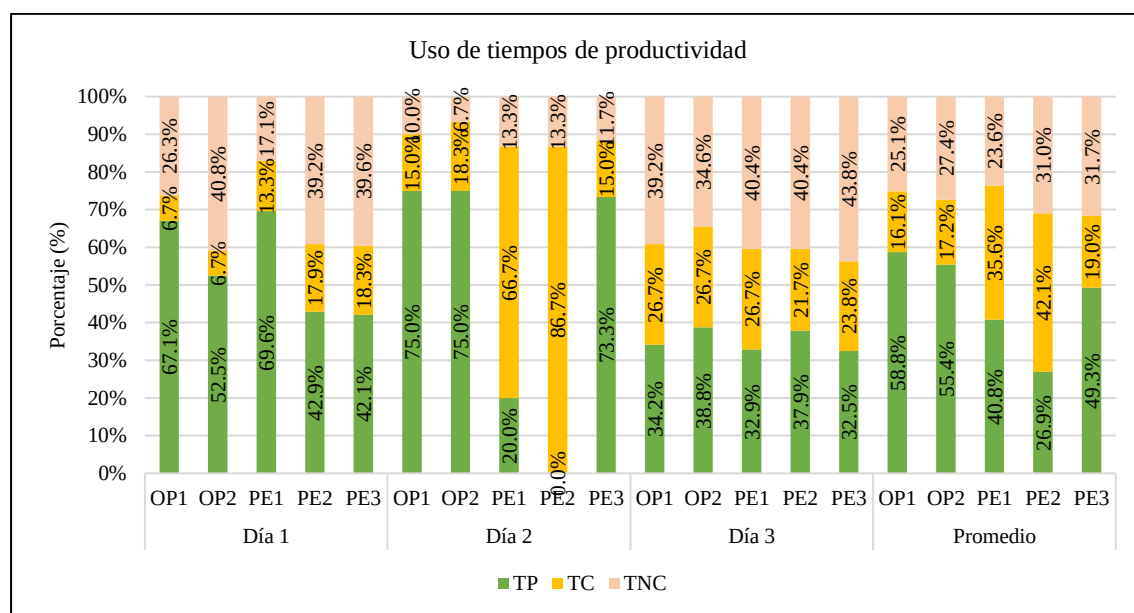


Tabla 36

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 12

		TP	TC	TNC
Día 1	CA	47.7%	35.2%	17.1%
	PE1	59.6%	23.8%	16.7%
	PE2	70.8%	8.3%	20.8%
	PE3	67.1%	7.9%	25.0%
Día 2	PE1	20.8%	57.1%	22.1%
	PE2	36.3%	47.1%	16.7%
	PE3	26.3%	47.1%	0.0%
Promedio	CA	47.7%	35.2%	17.1%
	PE1	40.2%	40.4%	19.4%
	PE2	53.5%	27.7%	18.8%
	PE3	46.7%	30.2%	23.1%

Figura 25

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 12

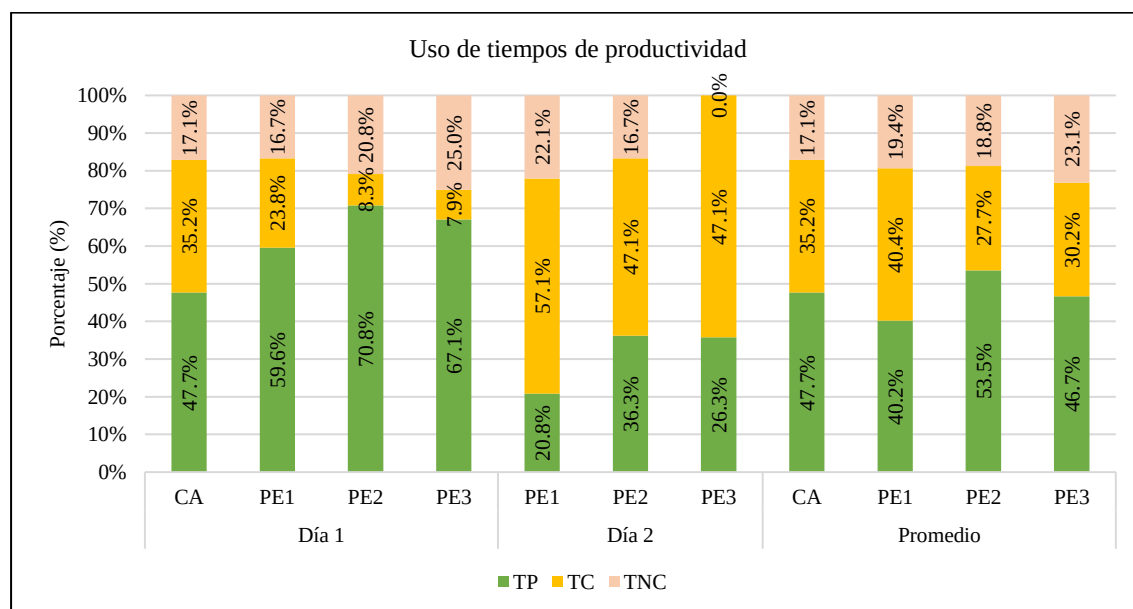


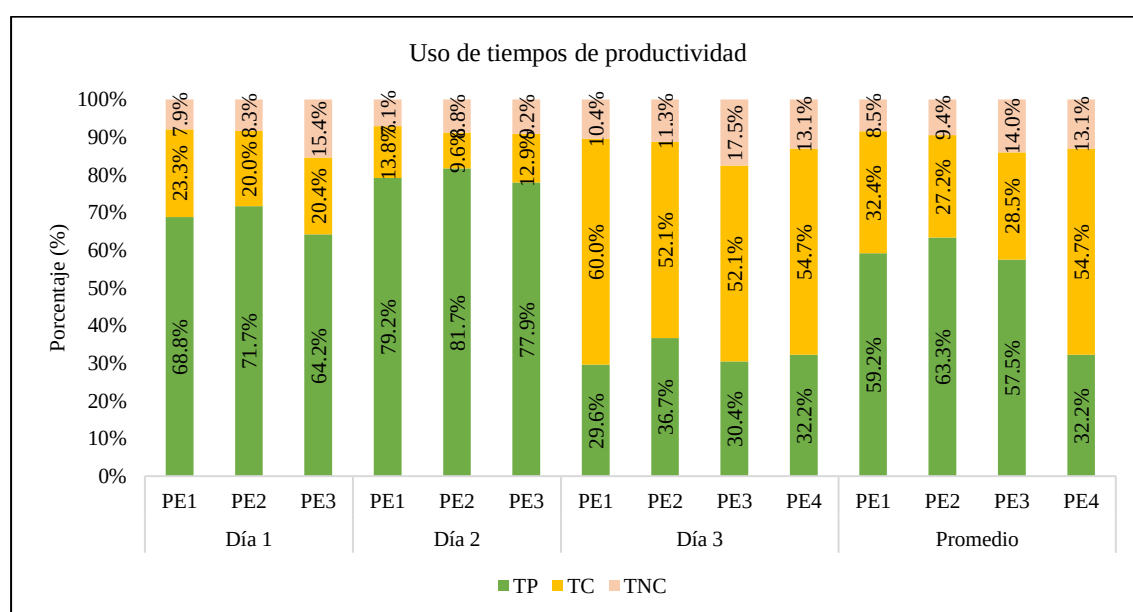
Tabla 37

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 13

		TP	TC	TNC
Día 1	PE1	68.8%	23.3%	7.9%
	PE2	71.7%	20.0%	8.3%
	PE3	64.2%	20.4%	15.4%
Día 2	PE1	79.2%	13.8%	7.1%
	PE2	81.7%	9.6%	8.8%
	PE3	77.9%	12.9%	9.2%
Día 3	PE1	29.6%	60.0%	10.4%
	PE2	36.7%	52.1%	11.3%
	PE3	30.4%	52.1%	17.5%
	PE4	32.2%	54.7%	13.1%
Promedio	PE1	59.2%	32.4%	8.5%
	PE2	63.3%	27.2%	9.4%
	PE3	57.5%	28.5%	14.0%
	PE4	32.2%	54.7%	13.1%

Figura 26

Uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación manual de cimientos en la vivienda 13



4.1.3. Rendimiento y uso de los tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas

4.1.3.1. Rendimientos durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas.

La Tabla 38 muestra que, en las viviendas con excavación mecánica, las cuadrillas estuvieron conformadas, en promedio, por 1.29 operarios y 0.52 peones, con un volumen excavado promedio de 127.95 m³ en 6.39 horas de trabajo. El aporte total promedio fue de 0.10 hh, mientras que el rendimiento real promedio fue de 152.05 m³/día, lo que evidencia una alta capacidad de ejecución de la excavación mecanizada. A nivel de vivienda, el mayor rendimiento real se registró en la VIV14, con 223.94 m³/día, seguida de la VIV5 y la VIV6, con 190.76 m³/día y 180.69 m³/día, respectivamente; en contraste, los menores valores se observaron en la VIV11, con 99.79 m³/día, y en la VIV4, con 110.79 m³/día. En general, los mayores rendimientos coincidieron con mayores volúmenes excavados y menores aportes unitarios, lo que confirma que la excavación mecánica permitió movilizar grandes cantidades de material con una menor participación relativa de la mano de obra directa.

Tabla 38

Rendimiento durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas

Viviendas	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de volumen total (m ³)	Promedio de horas de trabajo	Promedio de aporte OP	Promedio de aporte PE	Promedio de aporte total (hh)	Promedio de rendimiento real (m ³ /día)
VIV10	1.00	0.75	92.07	5.50	0.06	0.04	0.10	133.06
VIV11	1.00	0.25	92.07	7.35	0.08	0.02	0.10	99.79
VIV14	1.00	0.00	230.32	8.25	0.04	0.00	0.04	223.94
VIV4	1.00	0.25	49.84	3.50	0.08	0.02	0.09	110.79
VIV5	2.00	0.75	184.76	7.77	0.08	0.03	0.12	190.76
VIV6	2.00	0.50	158.10	7.00	0.09	0.02	0.11	180.69
VIV7	1.00	1.00	75.20	5.00	0.07	0.07	0.13	120.31
Promedio	1.29	0.52	127.95	6.39	0.07	0.03	0.10	152.05

La Tabla 39 muestra que, en promedio, el rendimiento real de la excavación mecánica representó el 98.76% del rendimiento planificado, lo que evidencia una alta concordancia entre lo previsto y lo ejecutado en campo. No obstante, este comportamiento no fue uniforme entre las viviendas: algunas, como las VIV5, VIV10 y VIV6, superaron el rendimiento esperado, mientras que otras, como las VIV7 y VIV4, quedaron por debajo de lo planificado. En conjunto, los resultados indican que, aunque el promedio general estuvo cercano al valor estimado, hubo variaciones importantes asociadas a las condiciones particulares de ejecución de cada vivienda.

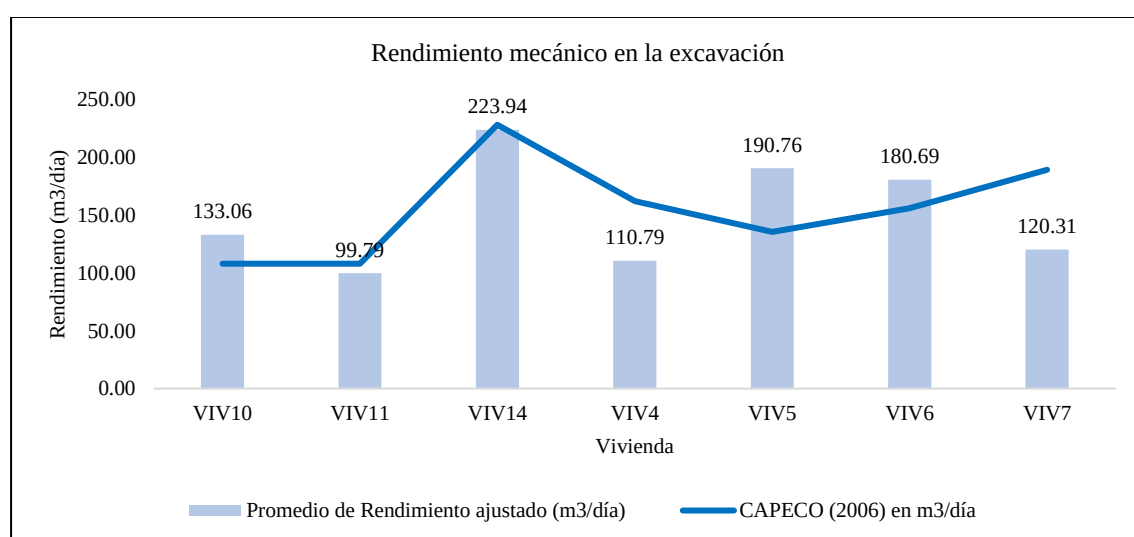
Tabla 39

Porcentaje del rendimiento real referente al planificado en la excavación mecánica

Viviendas	Promedio de rendimiento real (m ³ /día)	Promedio de rendimiento planificado (RE)	Porcentaje de representación
VIV10	133.06	108.12	123.06%
VIV11	99.79	108.12	92.30%
VIV14	223.94	228.35	98.07%
VIV4	110.79	162.18	68.31%
VIV5	190.76	135.68	140.59%
VIV6	180.69	156.03	115.80%
VIV7	120.31	189.47	63.50%
Promedio	152.05	153.97	98.76%

Figura 27

Porcentaje del rendimiento real referente al planificado en la excavación mecánica



La Tabla 40 muestra que el rendimiento ajustado promedio de la excavación mecánica fue de 297.21 m³/día, equivalente al 66% del rendimiento referencial de CAPECO (450.00 m³/día). A excepción de la VIV14, que superó ampliamente este estándar, las demás viviendas registraron valores inferiores, con rendimientos relativos entre 0.41 y 0.61. En conjunto, los resultados indican que, aunque la excavación mecánica presentó altos rendimientos absolutos, en la mayoría de los casos no alcanzó el valor referencial de CAPECO.

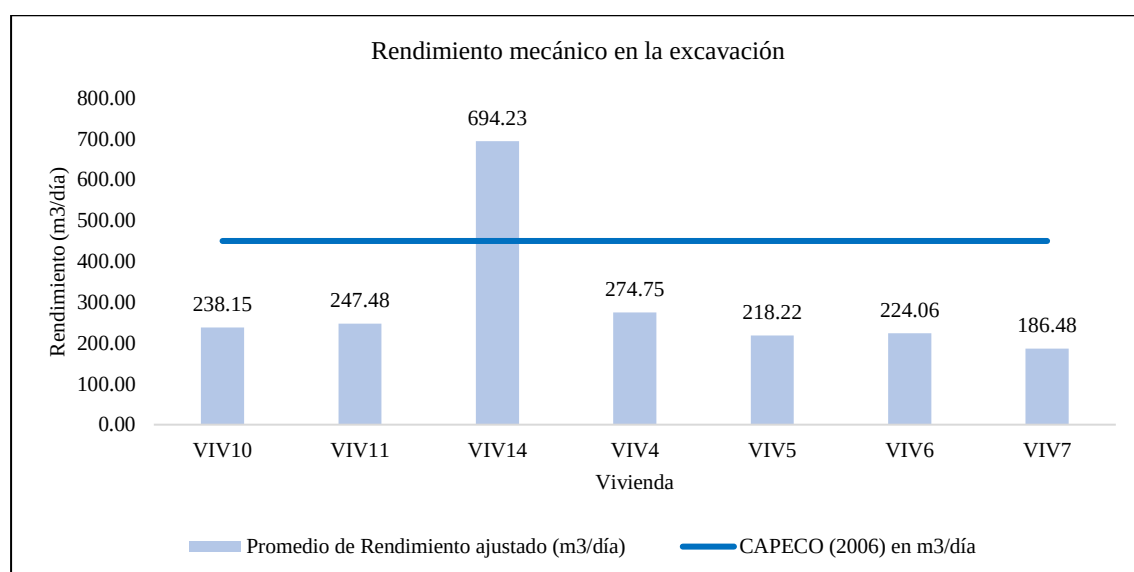
Tabla 40

Comparación del rendimiento ajustado con el rendimiento dado por CAPECO

Viviendas	Cuadrilla CAPECO	Rendimiento ajustado (m ³ /día)	Rendimiento CAPECO (m ³ /día)	Porcentaje de rendimiento CAPECO (2006)
VIV10	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	238.15	450.00	52.92%
VIV11	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	247.48	450.00	55.00%
VIV14	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	694.23	450.00	154.27%
VIV4	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	274.75	450.00	61.06%
VIV5	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	218.22	450.00	48.49%
VIV6	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	224.06	450.00	49.79%
VIV7	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	186.48	450.00	41.44%
Promedio		297.21	450.00	66.05%

Figura 28

Comparación del rendimiento ajustado con el rendimiento dado por CAPECO



4.1.3.2. Uso de los tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas.

La Tabla 41 muestra que, en promedio, durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas, el 51.0% del tiempo correspondió a trabajo productivo, el 17.3% a trabajo contributorio y el 31.0% a trabajo no contributorio, lo que evidencia que poco más de la mitad del tiempo observado generó avance directo en la excavación, mientras que casi una tercera parte se destinó a tiempos improductivos. A nivel de vivienda, la VIV-14 presentó el mayor porcentaje de tiempo productivo, con 64.1%, y además el menor tiempo contributorio, con 8.1%, lo que refleja un mejor aprovechamiento del tiempo de trabajo; en contraste, la VIV-05 registró el menor porcentaje de tiempo productivo, con 44.0%, y el mayor tiempo no contributorio, con 40.5%, seguida de la VIV-06, con 37.8% de tiempo no contributorio, lo que evidencia mayores interrupciones, esperas o pérdidas durante la operación. Asimismo, las viviendas VIV-07 y VIV-10 mostraron valores relativamente altos de tiempo productivo, de 54.8% y 53.5%, respectivamente, mientras que la VIV-04 y la VIV-11 se mantuvieron en valores intermedios.

Tabla 41

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas

Vivienda	TP	TC	TNC
VIV-04	45.7%	28.5%	25.8%
VIV-05	44.0%	15.6%	40.5%
VIV-06	47.0%	15.1%	37.8%
VIV-07	54.8%	14.4%	30.8%
VIV-10	53.5%	21.7%	24.7%
VIV-11	47.9%	17.4%	29.7%
VIV-14	64.1%	8.1%	27.8%
Promedio	51.0%	17.3%	31.0%

Figura 29

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos en viviendas

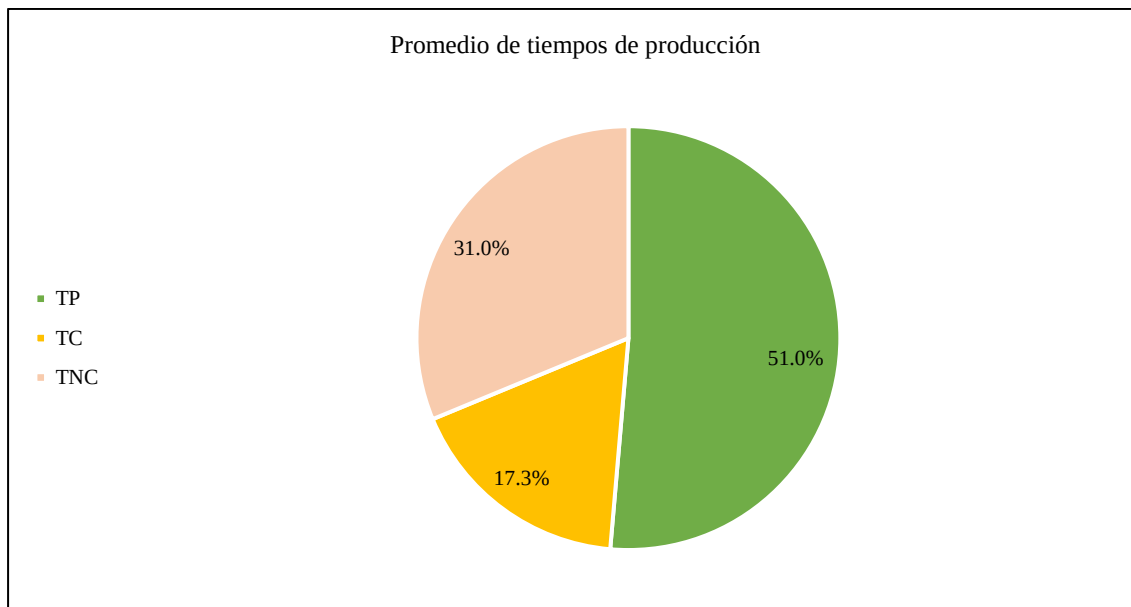


Figura 30

Promedio de uso de tiempos de producción de la mano de obra durante la excavación mecánica de cimientos por viviendas

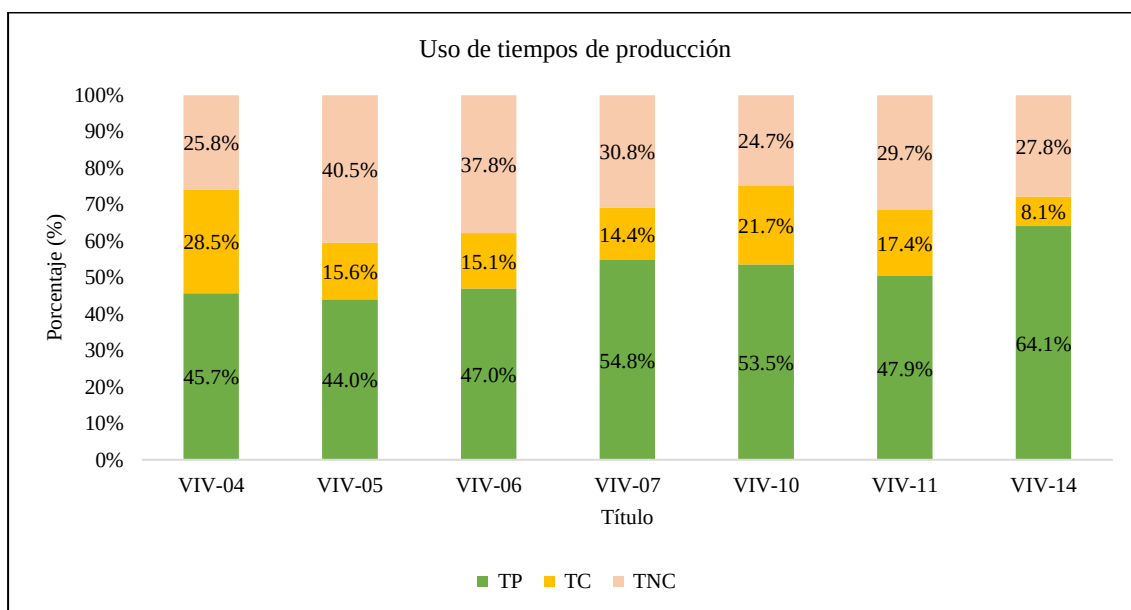


Tabla 42

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 4

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	61.3%	20.8%	17.9%
	OP2	26.7%	25.0%	48.3%
	PE1	43.8%	51.3%	5.0%
Día 2	OP1	81.7%	11.3%	7.1%
	OP2	42.9%	17.1%	40.0%
	PE1	17.9%	45.4%	36.7%
Promedio	OP1	71.5%	16.0%	12.5%
	OP2	34.8%	21.0%	44.2%
	PE1	30.8%	48.3%	20.8%

Figura 31

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 4

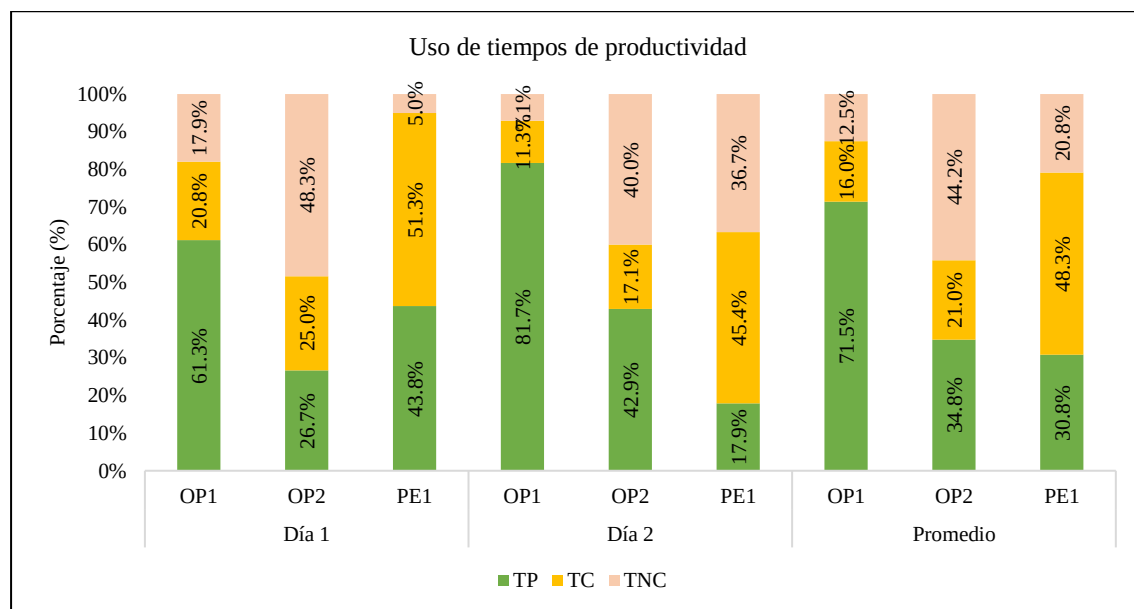


Tabla 43

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 5

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	75.4%	11.3%	13.3%
	OP2	46.3%	9.2%	44.6%
	PE1	0.0%	25.4%	74.6%
Día 2	OP1	71.7%	8.3%	20.0%
	OP2	45.8%	14.2%	40.0%
	PE1	47.9%	7.1%	45.0%
Día 3	OP1	67.1%	18.3%	14.6%
	OP2	41.7%	16.3%	42.1%
	PE1	0.0%	30.0%	70.0%
Promedio	OP1	71.4%	12.6%	16.0%
	OP2	44.6%	13.2%	42.2%
	PE1	16.0%	20.8%	63.2%

Figura 32

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 5

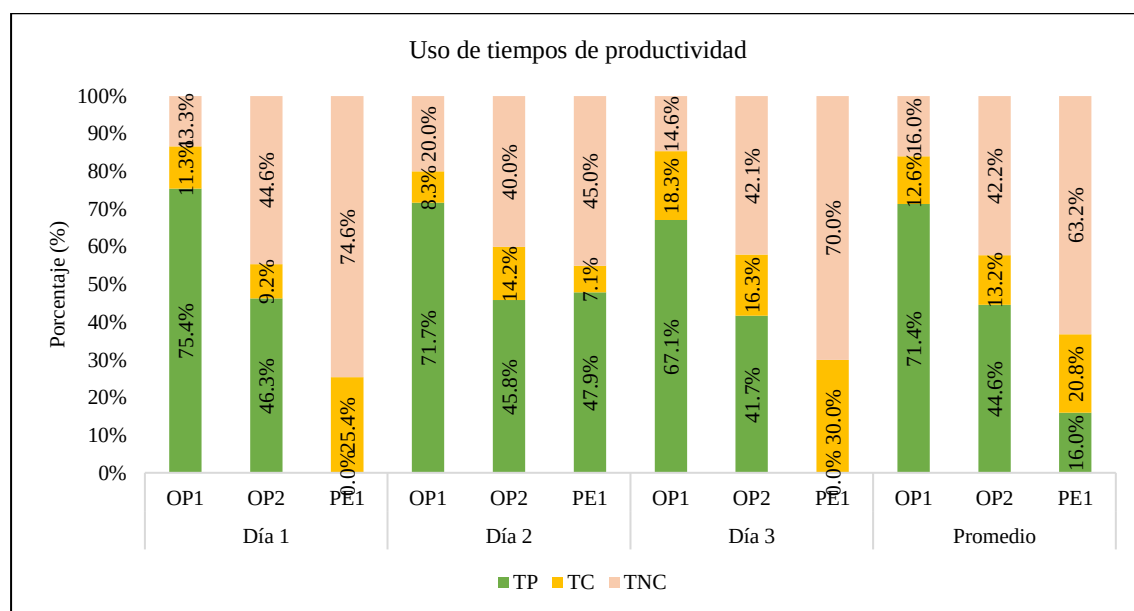


Tabla 44

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 6

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	84.2%	11.3%	4.6%
	PE1	0.0%	15.8%	84.2%
Día 2	OP1	84.6%	84.6%	9.6%
	OP2	46.7%	46.7%	11.7%
	PE1	0.0%	0.0%	40.5%
Día 3	OP1	84.2%	9.6%	6.3%
	OP2	53.8%	11.7%	34.6%
	PE1	27.9%	12.5%	59.6%
	OP1	84.3%	10.1%	5.6%
Promedio	OP2	50.2%	11.7%	38.1%
	PE1	9.3%	23.0%	67.7%

Figura 33

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 6

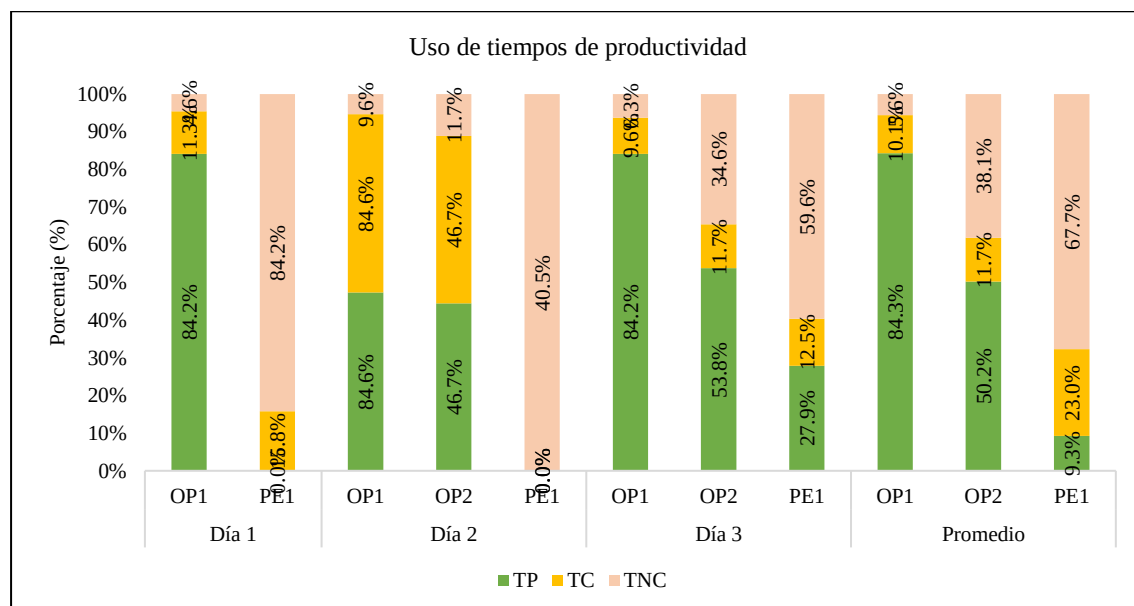


Tabla 45

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 7

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	75.4%	22.1%	2.5%
	OP2	55.0%	3.8%	41.3%
	PE1	0.0%	32.1%	67.9%
Día 2	OP1	83.8%	13.8%	2.5%
	OP2	45.8%	9.2%	45.0%
	PE1	68.8%	5.4%	25.8%
Promedio	OP1	79.6%	17.9%	2.5%
	OP2	50.4%	6.5%	43.1%
	PE1	34.4%	18.8%	46.9%

Figura 34

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 7

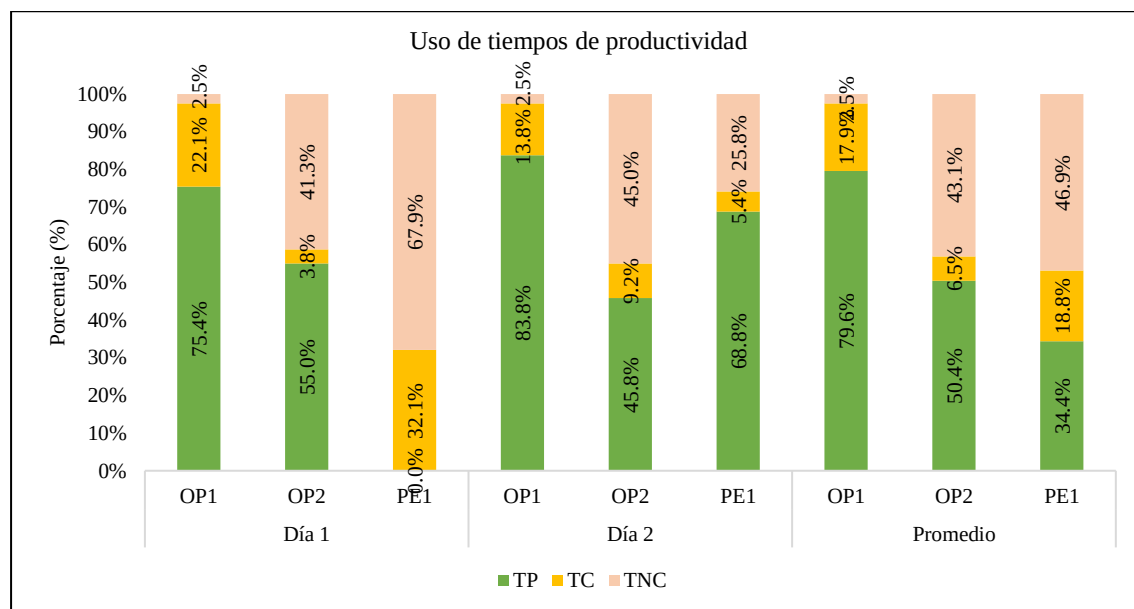


Tabla 46

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 10

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	72.1%	17.1%	10.8%
	OP2	43.8%	20.8%	35.4%
	PE1	0.0%	56.7%	43.3%
Día 2	OP1	84.6%	12.5%	2.9%
	OP2	62.1%	10.0%	27.9%
	PE1	58.8%	13.3%	27.9%
Promedio	OP1	78.3%	14.8%	6.9%
	OP2	52.9%	15.4%	31.7%
	PE1	29.4%	35.0%	35.6%

Figura 35

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 10

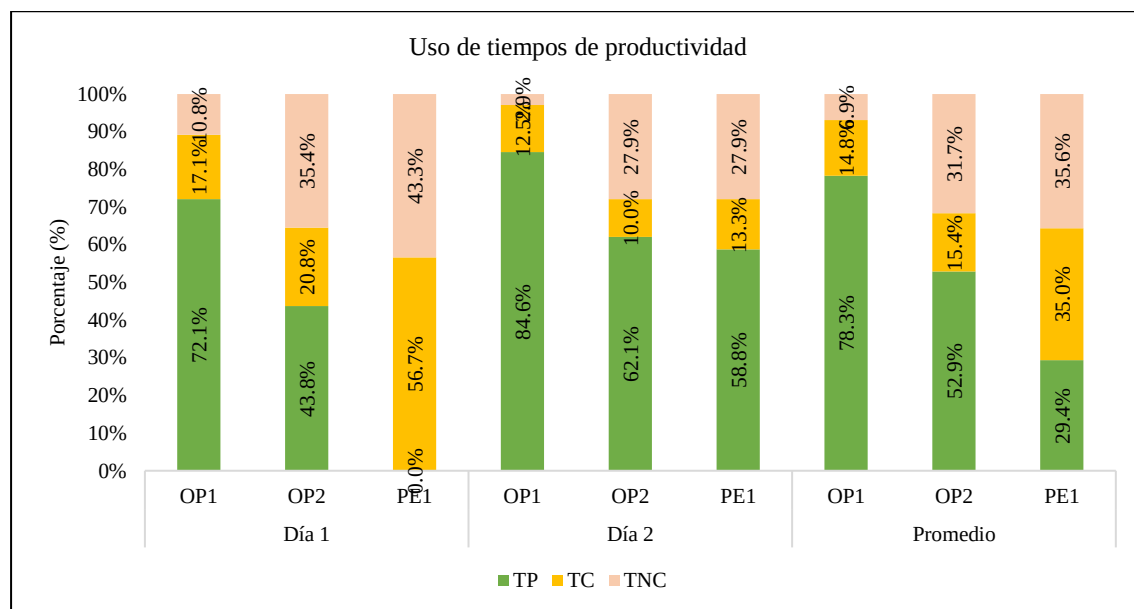


Tabla 47

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 11

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	75.8%	17.5%	6.7%
	PE1	0.0%	13.3%	86.7%
	OP1	83.8%	11.7%	4.6%
Día 2	OP2	85.4%	4.6%	10.0%
	PE1	0.0%	55.8%	44.2%
	OP1	85.4%	9.2%	5.4%
Día 3	OP2	62.5%	5.0%	32.5%
	PE1	0.0%	18.3%	81.7%
	OP1	81.7%	12.8%	5.6%
Promedio	OP2	74.0%	4.8%	21.3%
	PE1	0.0%	29.2%	70.8%

Figura 36

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 11

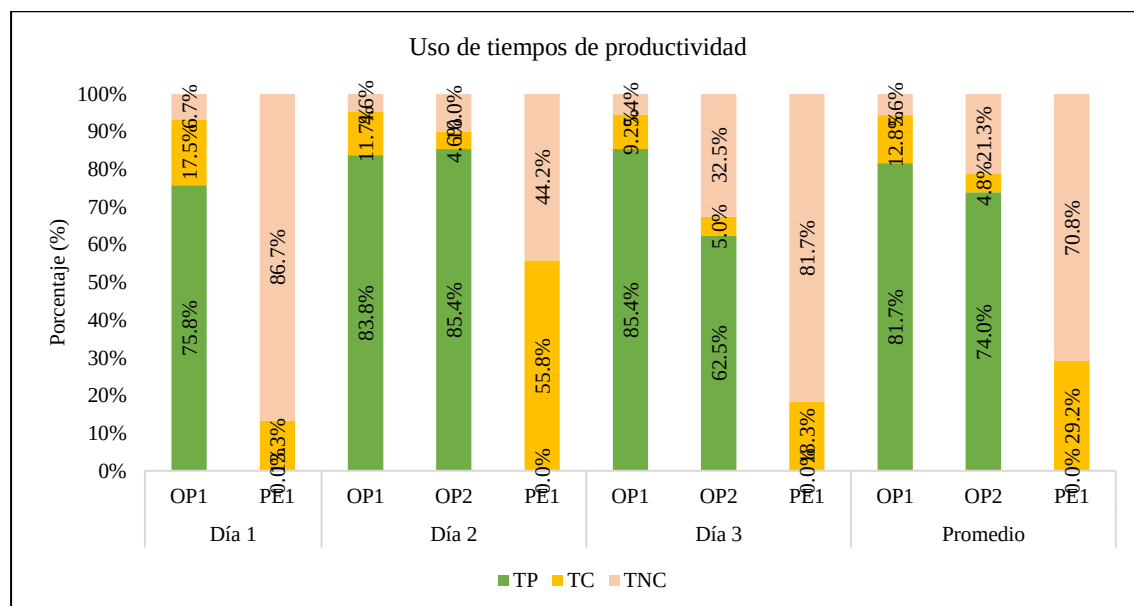


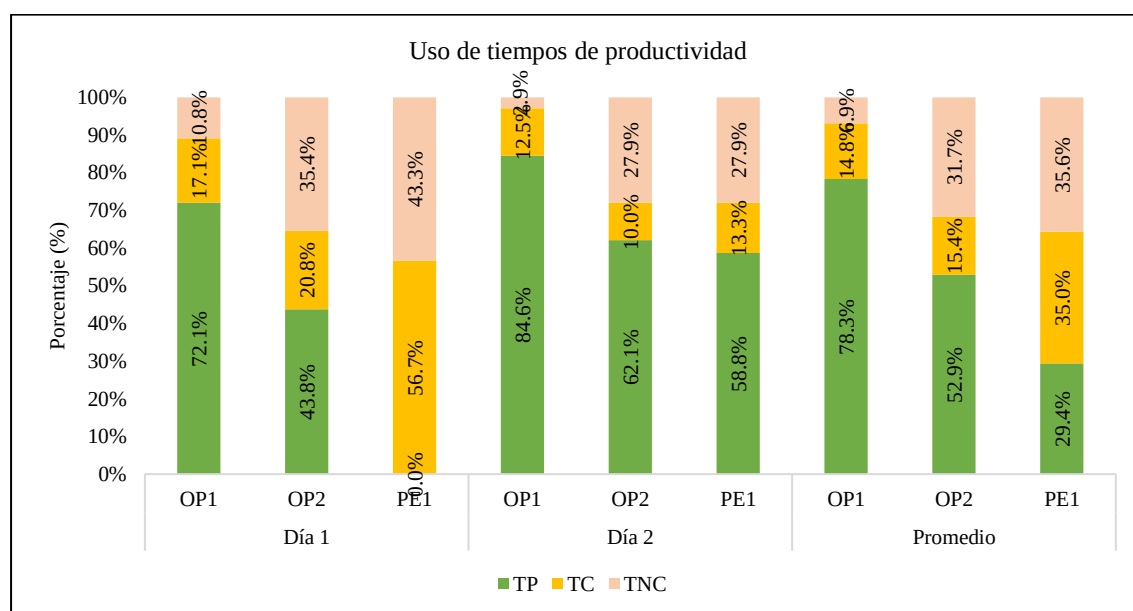
Tabla 48

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 14

		TP	TC	TNC
Día 1	OP1	66.3%	32.5%	1.3%
	OP2	55.8%	6.7%	37.5%
	PE1	57.9%	6.7%	35.4%
	PE2	55.3%	6.8%	38.0%
Día 2	OP1	91.3%	6.7%	1.3%
	OP2	69.2%	6.7%	37.5%
	PE1	73.4%	8.4%	35.4%
	PE2	73.2%	8.9%	17.9%
Promedio	OP1	78.8%	16.3%	5.0%
	OP2	62.5%	9.0%	28.5%
	PE1	65.7%	7.5%	26.8%
	PE2	64.2%	7.8%	27.9%

Figura 37

Uso de tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la vivienda 14



4.1.4. *Comparar el rendimiento y productividad de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas*

4.1.4.1. **Comparación del rendimiento entre la excavación manual y la excavación mecánica de cimientos.**

La Tabla 49 muestra diferencias marcadas entre ambos métodos de excavación. La excavación mecánica presentó un volumen promedio mucho mayor que el manual, con 127.95 m³ frente a 7.03 m³, y un rendimiento real promedio de 152.05 m³/día frente a 2.38 m³/día, lo que confirma su superior capacidad de ejecución en términos absolutos. Asimismo, la excavación mecánica requirió un aporte unitario promedio mucho menor, de 0.10 hh, mientras que en la excavación manual fue de 3.71 hh, lo que evidencia una mayor eficiencia operativa del sistema mecanizado frente al uso directo de mano de obra. Sin embargo, al comparar ambos métodos con sus valores referenciales de CAPECO, se observó que la excavación manual alcanzó, en promedio, el 84.48% del estándar, mientras que la excavación mecánica solo alcanzó el 66.00%, lo que indica que, aunque la maquinaria logró mayores rendimientos absolutos, su desempeño relativo frente al valor normativo fue menor que el de la excavación manual.

Tabla 49

Comparación del rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos

Método de excavación	Manual	Mecánica
Promedio de OP	0.41	1.29
Promedio de PE	3.10	0.52
Promedio de volumen total (m ³)	7.03	127.95
Promedio de horas de trabajo	6.78	6.39
Promedio de aporte unitario total (hh)	3.71	0.10
Promedio de rendimiento real (m ³ /día)	2.38	152.05
Rendimiento ajustado o representativo (m ³ /día)	2.62	297.21
Rendimiento referencial CAPECO (m ³ /día)	3.1	450
% respecto a CAPECO	84.48	66

Figura 38

Comparación de la cuadrilla de trabajo en la excavación manual y mecánica de cimientos

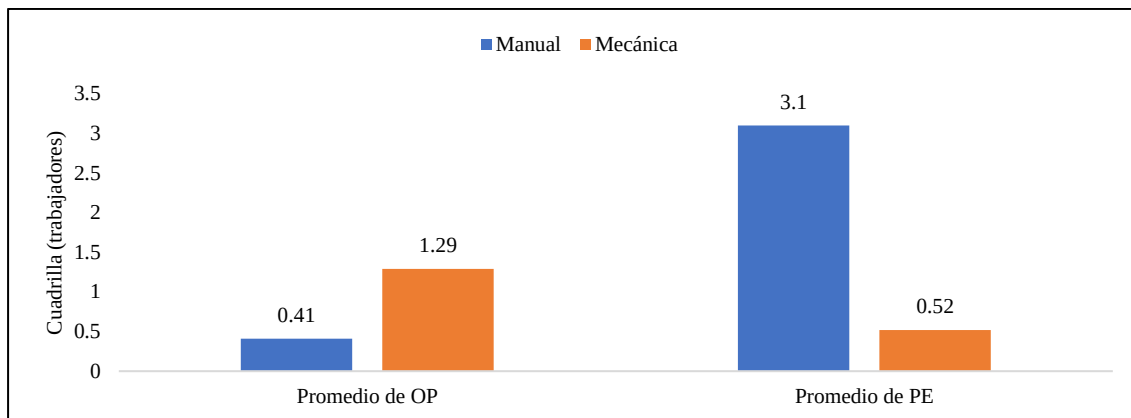


Figura 39

Comparación del rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos

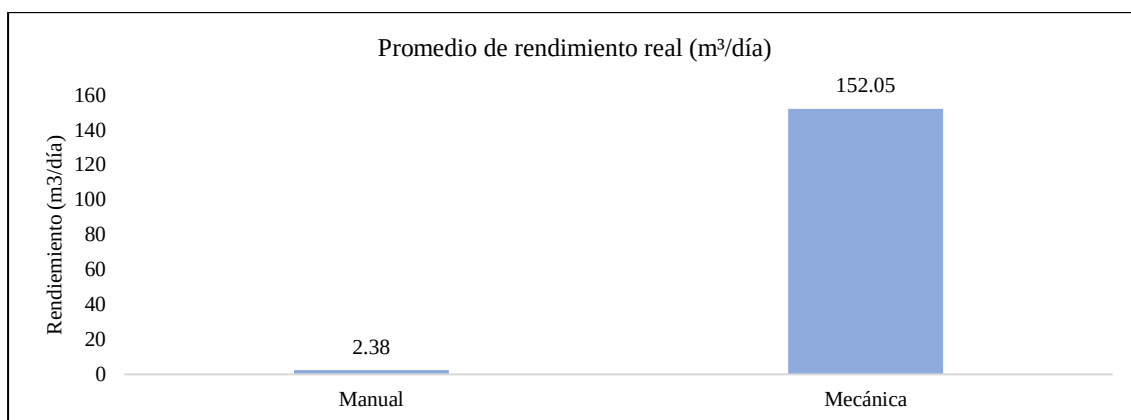
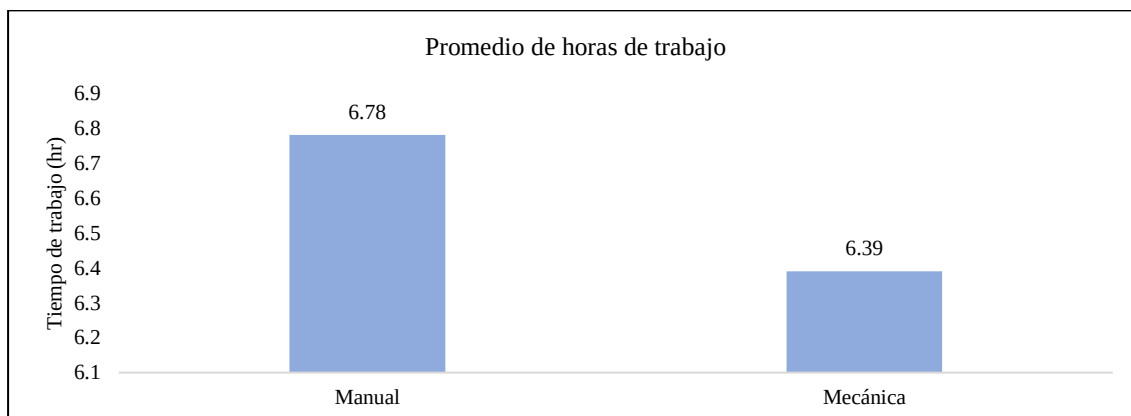


Figura 40

Comparación del tiempo de excavación manual y mecánica de cimientos



4.1.4.2.Comparación del uso de los tiempos de producción en la excavación.

La Tabla 50 evidencia que la excavación manual presentó un mejor aprovechamiento del tiempo de trabajo que la excavación mecánica, al registrar un mayor porcentaje de tiempo productivo (53.0% frente a 51.0%) y un menor porcentaje de tiempo no productivo (17.1% frente a 31.0%). En cambio, la excavación mecánica mostró una proporción considerablemente mayor de tiempos no contributivos, lo que revela la presencia de esperas, interrupciones o pérdidas operativas asociadas al sistema maquinaria-cuadrilla. Por otro lado, la excavación manual registró un mayor tiempo contributivo, con 29.9%, mientras que en la excavación mecánica este fue de 17.3%, lo que sugiere que en el trabajo manual una parte importante del tiempo se destinó a actividades de apoyo necesarias para sostener el proceso.

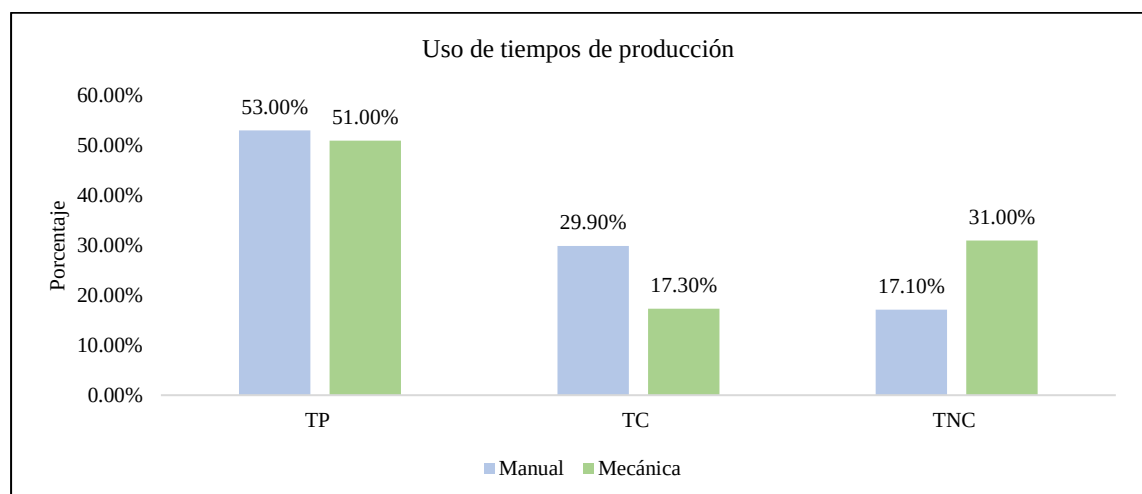
Tabla 50

Comparación del uso de los tiempos en la excavación manual y mecánica

Método de excavación	Tiempo productivo (TP) %	Tiempo contributivo (TC) %	Tiempo no contributivo (TNC) %
Manual	53.0	29.9	17.1
Mecánica	51.0	17.3	31.0
Diferencia	-2.00%	-12.60%	13.90%

Figura 41

Comparación del uso de los tiempos en la excavación manual y mecánica



4.1.5. Características, ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos

La Tabla 51 muestra que la excavación manual se aplicó principalmente en cimentaciones de menor escala y en configuraciones más simples, como zapatas y cimientos corridos, mientras que la excavación mecánica se utilizó en una mayor diversidad de tipologías y en excavaciones de mayor magnitud geométrica. Asimismo, la excavación manual estuvo asociada a cuadrillas más numerosas y con predominio de peones, mientras que la mecánica requirió menos trabajadores, pero con mayor presencia de operarios. En términos de profundidad y dimensiones de excavación, la mecánica se empleó en trabajos más amplios y profundos, lo que evidencia su uso preferente cuando la magnitud de la excavación justificó el apoyo de maquinaria.

Tabla 51

Características generales observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos

Aspecto	Excavación manual	Excavación mecánica
Tipo de mano de obra predominante	Peones	Operarios
Tamaño promedio de cuadrilla	3.5 trabajadores	1.8 trabajadores
Volumen promedio excavado	7.03 m ³	127.95 m ³
Tiempo promedio de trabajo	6.78 h	6.39 h
Tipo de cimentaciones más frecuentes	Zapatas y cimientos corridos	Zapatas, zapatas corridas, vigas y platea
Profundidad de excavación observada	0.60 m a 2.00 m	1.10 m a 2.80 m
Rango de largo de cimentación	1.00 m a 12.80 m	0.40 m a 41.85 m
Rango de ancho de cimentación	0.40 m a 3.95 m	0.50 m a 23.80 m
Rango de altura de cimentación	0.40 m a 2.00 m	0.50 m a 1.10 m
Tipo de lotes predominantes	Pequeños y medianos	Medianos y grandes
Recurso principal de ejecución	Herramientas manuales	Retroexcavadora o excavadora con apoyo de cuadrilla

La Tabla 52 evidencia que la excavación mecánica superó ampliamente a la manual en términos de volumen excavado y rendimiento: alcanzó, en promedio, 127.95 m³ y 297.21 m³/día, frente a 7.03 m³ y 2.62 m³/día en la excavación manual. Además, la excavación mecánica requirió un aporte unitario mucho menor, lo que confirma una mayor capacidad operativa del sistema mecanizado. Sin embargo, al contrastar ambos métodos con CAPECO, la excavación manual mostró una mayor cercanía al estándar referencial, con 84.48%, mientras que la mecánica alcanzó 66.00%, lo que indica que, aunque la maquinaria fue más rápida y productiva en términos absolutos, su desempeño relativo frente al estándar normativo fue menor.

Tabla 52

Comparación de tiempo y rendimiento entre la excavación manual y mecánica de cimientos

Indicador	Excavación manual	Excavación mecánica
Promedio de horas de trabajo	6.78	6.39
Promedio de rendimiento real	2.38 m ³ /día	152.05 m ³ /día
Rendimiento ajustado o representativo	2.62 m ³ /día	297.21 m ³ /día
Tiempo productivo	53.0%	51.0%
Tiempo contributorio	29.9%	17.3%
Tiempo no contributorio	17.1%	31.0%
% respecto a CAPECO	84.48%	66.00%

La Tabla 53 muestra que la excavación manual implicó menores requerimientos de equipo y menores pagos diarios por trabajador, aunque con una mayor dependencia del esfuerzo físico y de cuadrillas numerosas. En cambio, la excavación mecánica demandó personal mejor remunerado, mayor especialización y el uso de maquinaria, combustible y mantenimiento, lo que incrementó sus requerimientos operativos. En ese sentido, la excavación manual tendió a presentar menores exigencias de equipo,

mientras que la excavación mecánica concentró mayores requerimientos de operación y de soporte técnico, asociados a su mayor capacidad de producción.

Tabla 53

Condiciones económicas y operativas observadas en la excavación manual y mecánica

Aspecto económico observado	Excavación manual	Excavación mecánica
Remuneración promedio diaria de la mano de obra	Entre S/ 39.40 y S/ 54.00	Entre S/ 53.33 y S/ 83.33
Tipo de personal predominante	Mano de obra no especializada	Personal más especializado
Uso de maquinaria	No requiere	Requiere retroexcavadora o excavadora y volquete
Consumo de combustible	No aplica	Diésel, aprox. 10 a 17 L/h
Mantenimiento de equipo	No aplica	Requiere mantenimiento preventivo y correctivo
Implicancia económica general	Menor costo directo de equipo, mayor dependencia de mano de obra	Mayor costo operativo por equipo, combustible y mantenimiento, pero mayor capacidad de producción

Tabla 54

Comparación del costo estimado de excavación en un lote pequeño - mediano

Método de excavación	Manual	Mecánica
Número de trabajadores (promedio)	3.5	1.8
Días de excavación (promedio)	4	1
Costo diario (promedio)	175	800
Costo total (S/.)	700	800

Tabla 55

Comparación del costo estimado de excavación en un lote grande

Método de excavación	Manual	Mecánica
Número de trabajadores (promedio)	3.5	1.8
Días de excavación (promedio)	10	2
Costo diario (promedio)	175	800
Costo total (S/.)	1750	1600

La Tabla 56 resume que la excavación manual destacó por un mejor aprovechamiento del tiempo y por una mayor proximidad al rendimiento referencial, además de adaptarse mejor a espacios reducidos y a un control más directo del proceso; no obstante, su principal limitación fue su baja capacidad de excavación y su fuerte dependencia del esfuerzo humano. Por su parte, la excavación mecánica presentó como principal ventaja su alto rendimiento y su capacidad para ejecutar grandes volúmenes en menor tiempo, especialmente en excavaciones profundas o extensas; sin embargo, mostró mayores tiempos no contributivos y una mayor dependencia de condiciones operativas, mantenimiento y disponibilidad de equipo, lo que limitó su desempeño relativo frente al estándar CAPECO.

Tabla 56

Ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos

Método	Ventajas observadas	Limitaciones observadas
Excavación manual	Mejor adaptación a espacios reducidos; mayor control en detalles y bordes; menor necesidad de equipo especializado; menor tiempo no contributivo; mayor cercanía relativa al rendimiento CAPECO	Menor volumen excavado; menor rendimiento absoluto; mayor dependencia del esfuerzo físico; mayor número de peones; ejecución más lenta en excavaciones grandes
Excavación mecánica	Mayor volumen excavado; mayor rendimiento real; menor aporte unitario de mano de obra; mayor capacidad para excavaciones profundas o de gran magnitud; adecuada para lotes amplios	Mayor tiempo no contributivo; dependencia de equipo, combustible y mantenimiento; necesidad de personal especializado; menor cercanía relativa al rendimiento CAPECO; menor eficiencia en espacios restringidos o en maniobras complejas

4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis se realizó con el programa Minitab 22, con el propósito de determinar si existieron diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota. Para ello, se aplicó una prueba no paramétrica para comparar dos grupos independientes.

a) Hipótesis.

Hipótesis nula (H_0). No existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.

Hipótesis alternativa (H_1). Existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.

b) Criterio de aceptación.

Se trabajó con un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza del 95%. En ese sentido, se aceptó la hipótesis alternativa cuando el valor p fue menor que 0.05; de lo contrario, no se rechazó la hipótesis nula.

c) Prueba Mann-Whitney.

Debido a que no se cumplió plenamente el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, que permitió comparar dos grupos independientes: excavación manual y excavación mecánica.

La Tabla 58 mostró que el valor p fue de 0.002, menor que 0.05; por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula de que no existían diferencias significativas entre el rendimiento de la excavación manual y el de la mecánica.

Tabla 57

Prueba de Mann-Whitney para comparación del rendimiento manual y mecánico

Hipótesis nula: $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna: $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Valor W	Valor p
28.00	0.002

Los resultados de la Tabla 59 indicaron que, para el tiempo productivo (TP), el valor p fue 0.701, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre la excavación manual y la mecánica. En cambio, para el tiempo contributorio (TC) y el tiempo no contributorio (TNC), los valores p fueron 0.011 y 0.006, respectivamente, ambos inferiores a 0.05; en consecuencia, sí existieron diferencias significativas entre ambos métodos en estas dos categorías del uso del tiempo.

Tabla 58

Prueba de Mann-Whitney para comparación del uso de los tiempos de producción manual y mecánico

Hipótesis nula: $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna: $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Tiempos de trabajo	Valor W	Valor p
TP	56.00	0.701
TC	73.00	0.011
TNC	30.50	0.006

d) Inferencia general.

En términos generales, la contrastación de hipótesis permitió determinar que sí existieron diferencias significativas entre la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. Dichas diferencias se evidenciaron tanto en el rendimiento como en el tiempo, tanto en el contributorio como en el no contributorio. Sin embargo, no se identificaron diferencias significativas en el tiempo productivo entre ambos métodos. Por ello, se rechazó la hipótesis nula y se

aceptó la alternativa, lo que permitió concluir que la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica no fueron equivalentes entre las viviendas evaluadas.

4.3. Discusión

En las viviendas evaluadas de la ciudad de Chota, la excavación manual se aplicó principalmente en zapatas y cimientos corridos, con menores dimensiones y profundidades entre 0.60 m y 2.00 m, mientras que la excavación mecanizada se utilizó en una mayor diversidad de tipologías, como zapatas, zapatas corridas, vigas de cimentación, cimientos corridos y una platea, además de mayores dimensiones y profundidades entre 1.10 m y 2.80 m. Esta diferencia coincide con Velandia (2022), quien señaló que la geometría y la configuración estructural de la cimentación condicionan el tipo de excavación requerido, y con Kim et al. (2025), quienes evidenciaron que la precisión geométrica y el control de la profundidad son determinantes en la excavación de fundaciones. Asimismo, en cuanto a las condiciones del terreno, en la excavación manual predominaron suelos arcillosos, arcillas medianas a duras y limos consolidados, mientras que en la excavación mecanizada también se registraron arcillas limosas y limos orgánicos, lo cual es consistente con Tayebwa (2024) y Gaitán (2024), quienes identificaron el tipo de suelo como un factor clave en la variabilidad de la productividad.

Respecto a la mano de obra, la excavación manual contó con cuadrillas de 3 a 5 trabajadores, con predominio de peones, aprendizaje empírico, procedencia mayoritariamente local y remuneraciones promedio entre S/ 39.40 y S/ 54.00. En contraste, la excavación mecanizada mostró cuadrillas más reducidas, de 3 a 4 trabajadores, con predominio de operarios, mayor diversidad de procedencia, presencia de aprendizaje práctico y técnico, y remuneraciones más altas, entre S/ 53.33 y S/ 83.33. Estas diferencias son coherentes con Sánchez (2023), quien encontró que la excavación

manual depende más intensamente de la mano de obra, y con Gaitán (2024) y Tarrillo (2022), quienes resaltaron la importancia de las características del operario y las diferencias entre productividad real y estándares en trabajos de excavación en Chota.

En relación con la maquinaria, predominó el uso de retroexcavadoras CAT 420F en seis de las siete viviendas con excavación mecanizada, además de una excavadora CAT 320, con capacidad de cucharón de 0.62 m³ a 1.20 m³, volquetes de 15 m³, en buen estado del motor y con mantenimiento reciente. Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Pizán (2023) y Gaitán (2024), quienes también trabajaron con equipos de capacidad media y volquetes de 15 m³, así como con Molaei et al. (2023), Rudiyanisa y Kabdiyono (2025) y Morales y Silva (2025), quienes destacaron la importancia de la precisión operativa, la articulación entre la excavadora y los volquetes, y el ajuste de los rendimientos teóricos a las condiciones reales. En síntesis, la excavación manual se asoció con cimentaciones de menor escala, cuadrillas más numerosas y predominio de peones, mientras que la excavación mecanizada se vinculó con cimentaciones de mayor magnitud, menor número de trabajadores y uso de maquinaria especializada, lo que aporta evidencia local coherente con la literatura previa.

En las viviendas evaluadas mediante excavación manual, el rendimiento promedio real fue de 2.38 m³/día, con un rendimiento ajustado promedio de 2.62 m³/día, equivalente al 87.30% del valor referencial de CAPECO para excavación manual de zanjas de hasta 1.70 m de profundidad. Además, por partidas, la excavación de zanjas hasta 1.70 m de profundidad fue la única que superó claramente el valor referencial, con 3.36 m³/día y 111.93% respecto a CAPECO, mientras que las zanjas hasta 1.40 m y las excavaciones para zapatas aisladas y muros de contención presentaron valores inferiores o cercanos al estándar. Asimismo, el acarreo manual del material excavado mostró un rendimiento promedio ajustado de 6.25 m³/día, equivalente al 104.09% del

valor de CAPECO. En cuanto al uso del tiempo, la excavación manual registró, en promedio, 53.0% de tiempo productivo, 29.9% de tiempo contributorio y 17.1% de tiempo no contributorio, lo que evidencia que poco más de la mitad del tiempo observado generó un avance físico directo en la excavación.

Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Velandia (2022), quien, al estudiar actividades de cimentación en viviendas unifamiliares, encontró que la excavación manual de hasta 2 m de profundidad con una cuadrilla de 1 peón alcanzó un rendimiento de 2.51 m³/día. La cercanía entre ese valor y el promedio de 2.38 m³/día obtenido en la presente investigación sugiere que el comportamiento de la excavación manual en viviendas presenta órdenes de magnitud comparables aun en contextos geográficos distintos. Además, la conclusión de Velandia, respecto a que los rendimientos en cimentaciones suelen ser inferiores a los supuestos de otras regiones, también coincide con lo observado en Chota, donde el rendimiento promedio ajustado de la excavación manual fue menor al estándar CAPECO en términos globales.

De igual manera, los hallazgos son consistentes con Rivera (2025), quien reportó rendimientos de 2.95 m³/día para zanjas de hasta 1.20 m, 2.70 m³/día para zanjas de hasta 1.40 m y 2.60 m³/día para zanjas de hasta 1.70 m, todos menores que los valores de CAPECO. En el presente estudio, la excavación manual también mostró un comportamiento predominantemente inferior al estándar, salvo en la partida de zanjas hasta 1.70 m, que alcanzó 3.36 m³/día. Esta diferencia puede explicarse por las condiciones particulares de ejecución observadas en ciertas viviendas, donde el proceso fue más continuo y con un menor aporte unitario total. No obstante, en ambos estudios se mantiene la misma tendencia general: la excavación manual en campo no siempre reproduce los rendimientos normativos o presupuestados y presenta variaciones según la profundidad y el tipo de partida ejecutada.

En el ámbito regional, los resultados también coinciden con Tarrillo (2022), quien encontró que el trabajo productivo en excavaciones manuales representó 49.46%, y concluyó que los rendimientos y la productividad de la mano de obra en excavaciones eran inferiores a los estándares de CAPECO. En la presente investigación, el tiempo productivo promedio fue de 53.0%, valor ligeramente superior al reportado por Tarrillo, aunque igualmente cercano a la mitad del tiempo total observado. Esta similitud confirma que, en excavaciones manuales desarrolladas en la provincia de Chota, una parte importante de la jornada se distribuye entre actividades contributivas y no contributivas, lo que limita el tiempo efectivo de avance físico y reduce el rendimiento global de la cuadrilla.

Asimismo, la investigación de Tayebwa (2024) aporta una comparación valiosa, ya que identificó tasas de producción de excavación manual entre 0.447 y 0.860 m³/h/persona, con una tasa más probable de 0.738 m³/h/persona, según la configuración del equipo, el tipo de terreno y las condiciones climáticas. Si bien el presente estudio expresa los resultados en m³/día, los hallazgos de Tayebwa confirman que la excavación manual está fuertemente condicionada por factores de contexto y por las condiciones operativas de cada frente de trabajo. Esto es coherente con lo observado en Chota, donde los rendimientos variaron entre partidas, y donde el uso de los tiempos de producción tampoco fue homogéneo, pues algunas viviendas, como la VIV-08 y la VIV-13, mostraron mejores porcentajes de tiempo productivo, mientras que otras, como la VIV-09 y la VIV-12, presentaron mayores tiempos complementarios.

Por otro lado, los resultados del presente estudio también encuentran respaldo parcial en Gonzáles (2020), quien reportó un rendimiento promedio de 3.45 m³/día en excavación manual de zanjas para proyectos de saneamiento en Querocoto, superior al del expediente técnico. Comparado con el promedio general de 2.38 m³/día obtenido en

Chota, el valor de Gonzáles fue mayor; sin embargo, esta diferencia no contradice los resultados actuales, sino que refuerza la idea de que el rendimiento manual depende de las características del proyecto, de la cuadrilla y de las condiciones de ejecución. De hecho, en el presente estudio también se identificaron casos puntuales con rendimientos ajustados superiores al estándar CAPECO, lo que confirma que el desempeño de la excavación manual puede variar ampliamente según el contexto específico de trabajo.

Las viviendas evaluadas mediante excavación mecánica: el rendimiento real promedio fue de 152.05 m³/día, mientras que el rendimiento planificado promedio fue de 153.97 m³/día, por lo que el rendimiento real representó el 98.76% del valor estimado. Asimismo, el rendimiento ajustado promedio fue de 297.21 m³/día, equivalente al 66% del rendimiento referencial de CAPECO, fijado en 450.00 m³/día. En cuanto al uso de los tiempos de producción, la excavación mecánica registró, en promedio, 51.0% de tiempo productivo, 17.3% de tiempo contributorio y 31.0% de tiempo no contributorio, lo que indica que poco más de la mitad del tiempo observado generó avance directo, mientras que casi una tercera parte correspondió a tiempos improductivos. Además, el comportamiento no fue homogéneo entre viviendas, ya que algunas superaron el rendimiento planificado y otras se ubicaron claramente por debajo; asimismo, hubo diferencias marcadas en la distribución del tiempo.

Estos hallazgos coinciden parcialmente con lo reportado por Rudiyanisa y Kabdiyono (2025), quienes determinaron que una excavadora Caterpillar 320 alcanzó una productividad real de 40.8 m³/h, frente a un potencial teórico de 45.8 m³/h, y concluyeron que el rendimiento real de la excavación mecánica es menor que el teórico, aunque puede optimizarse. En la presente investigación también se observó, en términos generales, una alta cercanía entre el rendimiento real y el planificado, con una representación promedio de 98.76%; sin embargo, al igual que en el estudio citado,

hubo casos en los que el rendimiento real quedó por debajo de lo esperado, como en las viviendas VIV4 y VIV7. Por tanto, ambos estudios coinciden en que la excavación mecánica no siempre reproduce exactamente el rendimiento previsto, sino que su comportamiento depende de las condiciones reales de operación.

De forma similar, los resultados guardan relación con Morales y Silva (2025), quienes señalaron que la aplicación de factores de corrección permite ajustar los rendimientos teóricos de la maquinaria pesada a las condiciones reales de excavación y reportaron, para una excavadora 312D2, un rendimiento real de 231 m³/día frente a un rendimiento teórico de 160 m³/h. En la presente investigación, el uso de factores de corrección también permitió formular un rendimiento planificado más cercano a la realidad de obra y el valor promedio obtenido de 152.05 m³/día resultó razonablemente próximo a lo previsto. Esto refuerza la idea de que la estimación del rendimiento mecánico no debe basarse únicamente en valores nominales de catálogo o de expediente, sino en ajustes que incorporen condiciones de visibilidad, maniobrabilidad, tipo de material, altitud y otros factores operativos.

Por otro lado, los resultados del presente estudio fueron inferiores a los reportados por Mendoza y Chávez (2023) y Gaitán (2024). Mendoza y Chávez informaron un rendimiento promedio de excavadoras de 908 m³/día en movimiento de tierras, mientras que Gaitán obtuvo un rendimiento diario promedio de 930.23 m³/día para excavación de material suelto, roca suelta y roca fija con excavadoras CAT 320 D2L. Frente a estos antecedentes, el promedio de 152.05 m³/día obtenido en la excavación mecánica de cimientos en viviendas de Chota fue considerablemente inferior. Esta diferencia es razonable, ya que los estudios citados se desarrollaron en proyectos viales o de movimiento de tierras a gran escala, mientras que la presente investigación se centró en excavaciones de cimentación en lotes urbanos, donde las

restricciones de espacio, la necesidad de precisión geométrica y la presencia de maniobras más controladas limitan la continuidad operativa y reducen el volumen excavado por jornada. En ese sentido, los menores rendimientos observados no contradicen los antecedentes, sino que responden a la distinta naturaleza del trabajo.

Asimismo, al comparar los resultados con los de Pizán (2023) y Muñoz (2022), se observa concordancia en la tendencia general. Pizán reportó para una excavadora CAT 336 D2L un rendimiento promedio de 128.84 m³/h, mientras que Muñoz obtuvo un rendimiento de 81.17 m³/h, frente a un valor del fabricante de 128.48 m³/h, lo que indica que los rendimientos reales son menores que los teóricos o especificados. En la presente investigación, aunque el análisis se expresó en m³/día, también se evidenció que el rendimiento ajustado promedio de la excavación mecánica representó solo el 66% del valor referencial de CAPECO. Esta coincidencia resulta importante porque confirma que los estándares teóricos o normativos tienden a sobreestimar el comportamiento real de la maquinaria cuando opera en condiciones concretas de campo, especialmente en contextos donde existen interferencias y pérdidas operativas.

Respecto al uso de los tiempos de producción, los resultados también pueden contrastarse con Gaitán (2024), quien reportó una distribución promedio de 7.13 horas de trabajo productivo, 1.13 horas contributorias y 1.18 horas no contributorias en maquinaria pesada, y concluyó que la eficiencia del rendimiento fue del 55.37%. En la presente investigación, el promedio de tiempo productivo fue de 51.0%, con un tiempo no contributorio de 31.0%, lo que revela una menor eficiencia temporal del sistema maquinaria-cuadrilla. Esta diferencia puede atribuirse a que el estudio regional analizó excavaciones de carretera con mayor continuidad operativa, mientras que la presente investigación evaluó excavaciones de cimientos en viviendas, donde el proceso se ve más afectado por las esperas, las maniobras de posicionamiento, el carguío puntual y la

coordinación con el personal de apoyo. No obstante, ambos estudios coinciden en que una porción importante del tiempo total de la excavación mecánica no se destina al avance directo, sino a actividades complementarias o improductivas.

En relación con los antecedentes internacionales sobre el monitoreo y la precisión de la excavación, los hallazgos también son compatibles con los de Kim et al. (2025), Molaei et al. (2023) y Benrouba et al. (2025). Kim et al. demostraron que la guía de máquina redujo la duración total de excavación de 3650 s a 2652 s y disminuyó el número de ciclos de 68 a 57, lo que mejoró la eficiencia operativa. Molaei et al. alcanzaron un rendimiento de 480 m³/día en una zanja de 1 m de profundidad con una excavadora Komatsu PC138US, mientras que Benrouba et al. destacaron que la productividad puede estimarse con errores de solo 2.5% en la medición de volumen. En comparación, la presente investigación registró rendimientos más bajos y una alta variabilidad entre viviendas, lo que sugiere que las excavaciones urbanas de cimentación en Chota presentan limitaciones operativas y de precisión que reducen la continuidad del ciclo de trabajo. Aun así, los antecedentes citados coinciden en señalar que el rendimiento mecánico depende de la articulación entre la capacidad del equipo, el control geométrico, el tiempo de ciclo y las condiciones reales de ejecución, aspectos que también se verificaron en el presente estudio.

Finalmente, los resultados también se alinean con lo señalado por Sánchez (2023), quien concluyó que la excavación mecánica presenta un mejor rendimiento y productividad que la excavación manual, aunque su índice de productividad puede ser menor que el de CAPECO. En la presente investigación, la excavación mecánica alcanzó rendimientos absolutos mucho mayores que los de la excavación manual, pero su proximidad al estándar referencial fue menor, lo cual coincide con la lógica planteada por ese antecedente. En síntesis, la discusión permite concluir que la

excavación mecánica de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota mostró una alta capacidad de remoción de material y una razonable cercanía entre rendimiento planificado y real, pero también una importante proporción de tiempos no contributivos y un rendimiento relativo inferior al estándar de CAPECO. Estos resultados son consistentes con la literatura revisada, que indica que, aunque la maquinaria mejora sustancialmente la capacidad de excavación, su desempeño real sigue condicionado por factores de operación, precisión, contexto del proyecto y eficiencia en la gestión del tiempo.

La excavación mecánica superó ampliamente a la excavación manual en términos de rendimiento absoluto, al registrar un volumen promedio excavado de 127.95 m³ frente a 7.03 m³, un rendimiento real promedio de 152.05 m³/día frente a 2.38 m³/día, y un aporte unitario total mucho menor (0.10 hh frente a 3.71 hh). Sin embargo, al contrastar ambos métodos con CAPECO, la excavación manual alcanzó 84.48% del estándar referencial, mientras que la mecánica llegó a 66.00%. Además, en productividad temporal, la excavación manual presentó un mejor aprovechamiento del tiempo, con 53.0% de tiempo productivo y 17.1% de tiempo no contributivo, frente a 51.0% y 31.0%, respectivamente, en la excavación mecánica. En consecuencia, la maquinaria mostró una ventaja clara en capacidad de producción y velocidad de excavación, pero la mano de obra manual evidenció una mayor eficiencia relativa en el uso del tiempo y una mayor cercanía al estándar normativo.

Este comportamiento coincide con Sánchez (2023), quien concluyó que la excavación mecánica presenta mejor rendimiento y productividad que la excavación manual, aunque su índice respecto a CAPECO puede no superar el valor referencial en todos los casos; de modo similar, en la presente investigación la excavación mecánica obtuvo resultados muy superiores en rendimiento real, pero su porcentaje respecto a

CAPECO fue menor que el de la excavación manual. Asimismo, los resultados también guardan relación con Velandia (2022) y Rivera (2025), quienes encontraron que la excavación manual alcanza rendimientos relativamente bajos y, por lo general, inferiores a los estándares de referencia, lo que es consistente con el promedio manual de 2.62 m³/día ajustados observado en Chota. Por otra parte, la mayor magnitud del rendimiento mecánico encontrado también es coherente con los antecedentes de Morales y Silva (2025), Pizán (2023) y Muñoz (2022), quienes resaltan que la maquinaria pesada, aun cuando no alcance siempre sus valores teóricos o normativos, conserva una capacidad de excavación muy superior a la del trabajo manual.

En cuanto a la productividad medida mediante el uso de los tiempos de producción, los resultados muestran una situación distinta, ya que la excavación manual aprovechó mejor la jornada, registrando mayor tiempo productivo y menor tiempo no productivo que la excavación mecánica. Este hallazgo resulta comparable con Tarrillo (2022), quien reportó 49.46% de trabajo productivo en excavaciones manuales y concluyó que la distribución del tiempo influye directamente en la productividad real de la mano de obra; en la presente investigación, la excavación manual alcanzó 53.0% de tiempo productivo, mientras que la mecánica registró 51.0%, pero con pérdidas mucho mayores por tiempos no contributivos. Asimismo, los resultados dialogan con Gaitán (2024), quien encontró que, en maquinaria pesada, la presencia de factores operativos y de coordinación incide negativamente en la productividad, lo que ayuda a explicar por qué, pese a su alto rendimiento absoluto, la excavación mecánica en viviendas de Chota presentó una proporción elevada de tiempos improductivos. En síntesis, la comparación confirma que la excavación mecánica fue superior en rendimiento, mientras que la excavación manual mostró un uso del tiempo

relativamente más eficiente, por lo que ambos métodos presentaron ventajas distintas según se analice la capacidad de producción o la productividad del tiempo de trabajo.

La excavación manual se aplicó principalmente en cimentaciones de menor escala, en lotes pequeños y medianos, con cuadrillas más numerosas y predominio de peones, mientras que la excavación mecánica se utilizó en cimentaciones más diversas y de mayor magnitud, en lotes medianos y grandes, con menor número de trabajadores, pero con mayor presencia de operarios y apoyo de retroexcavadora o excavadora. En términos de tiempo y rendimiento, la excavación mecánica mostró una ventaja clara, pues alcanzó un rendimiento ajustado de 297.21 m³/día frente a 2.62 m³/día de la excavación manual; sin embargo, la excavación manual presentó un mejor uso del tiempo de trabajo, con 53.0% de tiempo productivo y 17.1% de tiempo no productivo, frente a 51.0% y 31.0%, respectivamente, en la excavación mecánica. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Sánchez (2023), quien concluyó que la excavación mecánica presenta mejor rendimiento y productividad que la manual, aunque su índice respecto a CAPECO puede ser menor, y también con Kim et al. (2025), quienes demostraron que la mejora del control operativo reduce la duración y el número de ciclos de excavación, lo que confirma que la maquinaria ofrece ventajas importantes en velocidad y capacidad de ejecución.

En cuanto a los costos y a las exigencias operativas, la excavación manual implicó menores pagos diarios por trabajador y no requirió equipo mayor, aunque dependió de cuadrillas más numerosas y del esfuerzo físico continuo; por el contrario, la excavación mecánica demandó personal mejor remunerado, combustible, mantenimiento y soporte técnico, pero redujo notablemente el tiempo de ejecución en lotes medianos y grandes. Esta diferencia coincide con Morales y Silva (2025) y Rudiyansa y Kabdiyono (2025), quienes resaltaron que los rendimientos de la

maquinaria deben ajustarse a las condiciones reales y que su desempeño depende de una adecuada articulación operativa entre la excavadora y los volquetes. Asimismo, los costos estimados muestran que, en lotes pequeños y medianos, la excavación manual puede resultar ligeramente más económica, mientras que en lotes grandes la excavación mecánica tiende a ser más conveniente por su mayor capacidad de producción en menor tiempo, lo que confirma que la conveniencia de uno u otro método no depende únicamente del costo diario, sino de la magnitud del trabajo y del plazo requerido.

Respecto a la calidad de ejecución, los resultados permitieron observar que la excavación manual ofreció mejor adaptación a espacios reducidos, mayor control directo en bordes y detalles, y menor dependencia de condiciones mecánicas, mientras que la excavación mecánica fue más adecuada para excavaciones profundas, extensas y con grandes volúmenes, aunque con mayores tiempos no contributivos y menor eficiencia relativa en espacios restringidos. Esta apreciación concuerda con Molaei et al. (2023), quienes indicaron que en la excavación mecanizada la productividad no depende solo del volumen removido, sino también de la precisión alcanzada dentro de las tolerancias, y con Tayebwa (2024), quien destacó que la excavación manual está condicionada por la configuración del equipo, el terreno y las condiciones del entorno. En síntesis, los antecedentes y los resultados del presente estudio coinciden en que la excavación manual ofrece ventajas de control y adaptación, mientras que la excavación mecánica presenta ventajas de rapidez y capacidad; por ello, la elección del método más conveniente en viviendas de la ciudad de Chota depende del equilibrio entre tiempo requerido, costo asumible y calidad de ejecución esperada.

Tabla 59

Resumen de rendimiento y productividad: excavación manual de cimientos

Vivienda	Tipo de cimentación	Prof. excavación (m)	Tipo de suelo	OP prom.	PE prom.	Cuadrilla CAPECO	Volumen prom. (m³)	Horas trabajo	Aporte unitario total (hh/m³)	Rend. real (m³/día)	Rend. ajustado (m³/día)	CAPECO (m³/día)	% CAPECO	TP	TC	TNC
VIV-01	Cimiento corrido y zapatas	0.60–0.80	Limos consolidados	0.71	1.86	0.1 CAP + 1 PE	4.40	5.57	3.76	2.36	2.59	3.00	86.46%	49.90%	37.10%	13.00%
VIV-02	Zapatas y viga de cimentación	0.70–1.70	Arcillas medianas a duras	1.00	3.00	0.1 CAP + 1 PE	7.07	6.77	4.00	2.04	2.25	3.00	74.83%	51.90%	27.80%	20.30%
VIV-03	Zapatas	1.80	No especificado	1.00	3.00	0.1 CAP + 1 PE	8.99	7.33	3.27	2.45	2.70	3.00	89.87%	54.50%	26.70%	18.80%
VIV-08	Zapatas	1.50–1.70	Arcillas medianas a duras	0.00	3.00	0.1 CAP + 1 PE	8.17	7.50	2.92	2.88	3.17	3.00	105.73%	63.80%	26.80%	9.50%
VIV-09	Cimiento corrido y zapatas	1.50–2.00	Limos consolidados	0.00	5.00	0.1 CAP + 1 PE	12.20	6.88	2.84	2.88	3.17	3.00	105.54%	46.30%	26.00%	27.80%
VIV-12	Zapatas y cimiento	1.60–2.00	Arcilla	1.00	3.00	0.1 CAP + 1 PE	6.52	5.67	3.47	2.31	2.54	3.00	84.67%	44.50%	35.50%	20.00%
VIV-13	Cimiento corrido y zapatas	1.60	Arcillas medianas a duras	0.00	2.90	0.1 CAP + 1 PE	5.31	7.05	4.16	2.26	2.49	3.00	82.87%	60.00%	29.40%	10.60%
	Promedio global reportado	0.60–2.00	-	0.41	3.10	0.1 CAP + 1 PE	7.03	6.78	3.71	2.38	2.62	3.00	87.30%	53.00%	29.90%	17.10%

Nota. La excavación manual registró rendimientos variables por vivienda, con valores reales entre 2.04 m³/día y 2.88 m³/día. El promedio global reportado fue de 2.38 m³/día y el rendimiento ajustado alcanzó 2.62 m³/día, equivalente al 87.30% del rendimiento referencial de CAPECO para la partida comparable. En productividad, el tiempo productivo promedio fue de 53.0%, el tiempo contributorio de 29.9% y el tiempo no contributorio de 17.1%; por tanto, el trabajo manual mostró un mejor control del tiempo improductivo, aunque con menor capacidad absoluta de producción.

Tabla 60

Resumen de rendimiento y productividad: excavación mecánica de cimientos

Vivienda	Tipo de cimentación	Prof. excavación (m)	Maquinaria	Cuch. (m³)	OP prom.	PE prom.	Cuadrilla CAPECO	Volumen prom. (m³)	Horas trabajo	Aporte unitario total (hh/m³)	Rend. real (m³/día)	Rend. planificado (m³/día)	% real/planif.	Rend. ajustado (m³/día)	CAPECO (m³/día)	% CAPECO	TP	TC	TNC
VIV-04	Zapatas	2.80	Retroexcavadora CAT 420F	0.92	1.00	0.25	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	49.84	3.50	0.094	110.79	162.18	68.31%	274.75	450.00	61.06%	45.70%	28.50%	25.80%
VIV-05	Zapata corrida	2.50	Retroexcavadora CAT 420F	0.84	2.00	0.75	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	184.76	7.77	0.115	190.76	135.68	140.59%	218.22	450.00	48.49%	44.00%	15.60%	40.50%
VIV-06	Zapata corrida y cimiento corrido	1.35	Retroexcavadora CAT 420F	0.92	2.00	0.50	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	158.10	7.00	0.111	180.69	156.03	115.80%	224.06	450.00	49.79%	47.00%	15.10%	37.80%
VIV-07	Zapatas y viga de cimentación	1.70	Retroexcavadora CAT 420F	0.92	1.00	1.00	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	75.20	5.00	0.133	120.31	189.47	63.50%	186.48	450.00	41.44%	54.80%	14.40%	30.80%
VIV-10	Zapatas y viga de cimentación	1.10–2.00	Retroexcavadora CAT 420F	0.62	1.00	0.75	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	92.07	5.50	0.105	133.06	108.12	123.06%	238.15	450.00	52.92%	53.50%	21.70%	24.70%
VIV-11	Cimiento corrido	2.00	Retroexcavadora CAT 420F	0.62	1.00	0.25	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	92.07	7.35	0.100	99.79	108.12	92.30%	247.48	450.00	55.00%	47.90%	17.40%	29.70%
VIV-14	Plata de cimentación	2.00	Excavadora CAT 320	1.20	1.00	0.00	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	230.32	8.25	0.036	223.94	228.35	98.07%	694.23	450.00	154.27%	64.10%	8.10%	27.80%
	Promedio global reportado	1.10–2.80	-	0.86	1.29	0.52	0.1 CAP + 1 OP + 2 PE	127.95	6.39	0.100	152.05	153.97	98.76%	297.21	450.00	66.05%	51.00%	17.30%	31.00%

Nota. La excavación mecánica presentó un rendimiento real promedio de 152.05 m³/día y un rendimiento planificado promedio de 153.97 m³/día, por lo que el rendimiento real representó el 98.76% de lo previsto. Sin embargo, el rendimiento ajustado promedio fue 297.21 m³/día, equivalente al 66.05% del rendimiento referencial de CAPECO para excavaciones masivas con maquinaria. En productividad, el tiempo productivo promedio fue 51.0%, el contributorio 17.3% y el no contributorio 31.0%; por ello, aunque el método mecánico tuvo mayor producción absoluta, también concentró más pérdidas operativas por esperas, coordinación y restricciones de maniobra.

Para la excavación manual, la ecuación obtenida fue $R = 2.0226 + (0.0082) \cdot TP$, con $R^2 = 0.0326$. Esto indicó una relación prácticamente nula entre el rendimiento real y el tiempo productivo observado, por lo que las variaciones del rendimiento manual dependieron más de otros factores, como la profundidad, el tipo de suelo, la cuadrilla, la geometría de la excavación y la organización de la actividad.

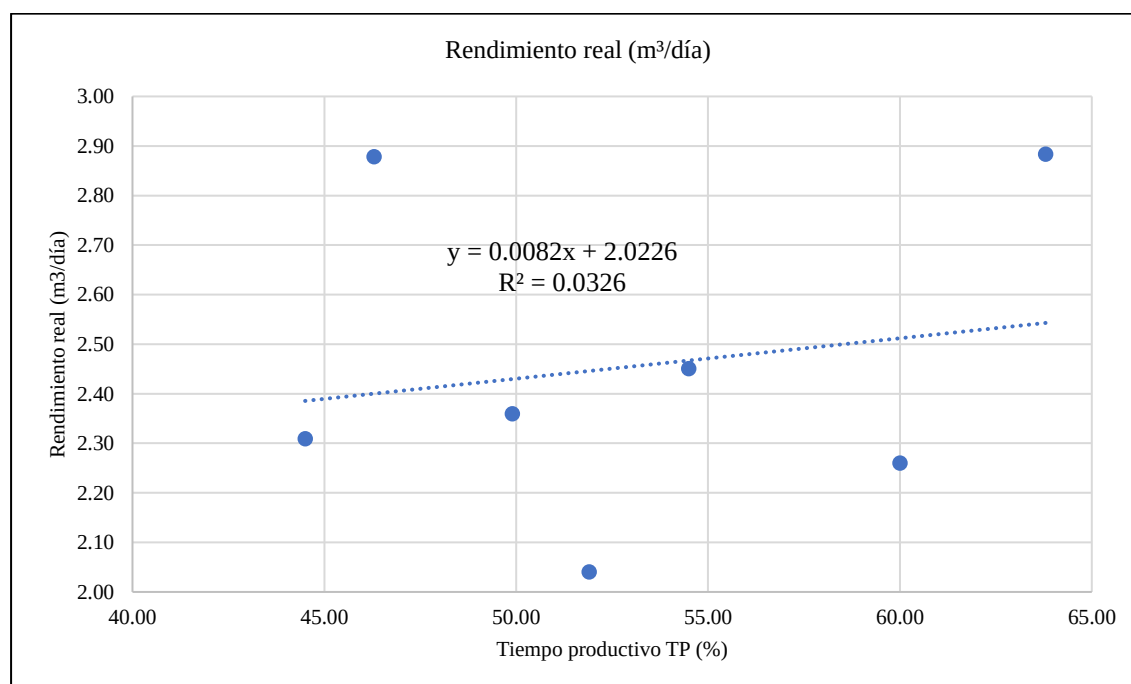
Tabla 61

Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación manual

Vivienda	TP (%)	Rendimiento real (m³/día)	Rend. estimado por regresión	Residuo	TC (%)	TNC (%)
VIV-01	49.90	2.36	2.43	-0.07	37.10	13.00
VIV-02	51.90	2.04	2.45	-0.41	27.80	20.30
VIV-03	54.50	2.45	2.47	-0.02	26.70	18.80
VIV-08	63.80	2.88	2.55	0.34	26.80	9.50
VIV-09	46.30	2.88	2.40	0.48	26.00	27.80
VIV-12	44.50	2.31	2.39	-0.08	35.50	20.00
VIV-13	60.00	2.26	2.51	-0.25	29.40	10.60

Figura 42

Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación manual



Para la excavación mecánica, la ecuación obtenida fue $R = 18.4055 + (2.6064) \cdot TP$, con $R^2 = 0.1508$. La pendiente positiva indicó que el rendimiento tendió a incrementarse a medida que aumentó el tiempo productivo; sin embargo, el R^2 mostró una baja capacidad explicativa, por lo que el rendimiento mecánico también estuvo condicionado por el volumen disponible, el tipo de maquinaria, la accesibilidad, las esperas de volquete y la coordinación del sistema máquina-cuadrilla.

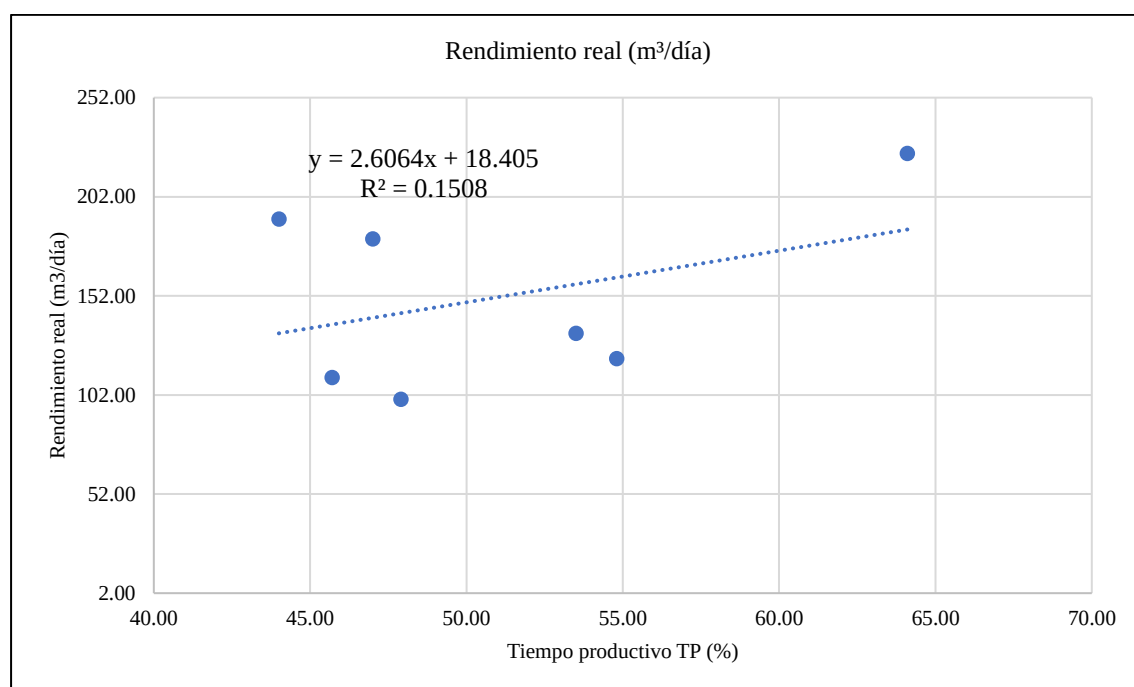
Tabla 62

Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación mecánica

Vivienda	TP (%)	Rendimiento real (m ³ /día)	Rend. estimado por regresión	Residuo	TC (%)	TNC (%)
VIV-04	45.70	110.79	137.52	-26.73	28.50	25.80
VIV-05	44.00	190.76	133.09	57.67	15.60	40.50
VIV-06	47.00	180.69	140.91	39.78	15.10	37.80
VIV-07	54.80	120.31	161.24	-40.93	14.40	30.80
VIV-10	53.50	133.06	157.85	-24.79	21.70	24.70
VIV-11	47.90	99.79	143.25	-43.46	17.40	29.70
VIV-14	64.10	223.94	185.48	38.47	8.10	27.80

Figura 43

Regresión entre rendimiento real y tiempo productivo – Excavación mecánica



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La productividad y el rendimiento de la excavación de cimientos en viviendas de la ciudad de Chota variaron de manera importante según el método de ejecución empleado. La excavación mecánica presentó mayor capacidad de producción y resultó más conveniente para frentes amplios, volúmenes elevados y la reducción del plazo de obra, mientras que la excavación manual mostró mejor adaptación a espacios reducidos, mayor control del proceso y menor incidencia relativa de tiempos improductivos. Por tanto, no se identificó un método único como más eficiente para todos los casos, sino que la selección entre excavación manual y mecánica debió depender de las condiciones geométricas del lote, el volumen a excavar, la accesibilidad, el costo operativo, la disponibilidad de recursos y la calidad de ejecución requerida.

Asimismo, se llegó a las siguientes conclusiones específicas:

Las viviendas con excavación manual presentaron principalmente zapatas y cimientos corridos, con alturas de excavación entre 0.60 m y 2.00 m, mientras que las viviendas con excavación mecánica mostraron una mayor diversidad de tipologías, incluyendo zapatas, zapatas corridas, vigas, cimientos corridos y platea, con alturas de excavación entre 1.10 m y 2.80 m. Además, en la excavación manual predominó la mano de obra de peones, con cuadrillas promedio de 3.54 trabajadores, mientras que en la excavación mecánica predominó el uso de operarios, con cuadrillas promedio de 1.81 trabajadores, y de maquinaria, principalmente retroexcavadoras CAT 420F, con capacidad de cucharón entre 0.62 m³ y 1.20 m³.

Durante la excavación manual de cimientos, el rendimiento promedio real de la mano de obra para 1 peón fue de 2.38 m³/día y el rendimiento promedio adaptado a la cuadrilla de 1.1 trabajadores fue de 2.62 m³/día, equivalente al 87.30% del valor

referencial de CAPECO. Asimismo, la excavación de zanjas de hasta 1.70 m de profundidad fue la única partida que superó claramente dicho estándar, con 3.36 m³/día y 111.93% respecto a CAPECO. En cuanto al uso del tiempo, la excavación manual registró, en promedio, 53.0% de tiempo productivo, 29.9% de tiempo contributorio y 17.1% de tiempo no contributorio, lo que evidenció que poco más de la mitad de la jornada generó avance físico directo.

Durante la excavación mecánica de cimientos, el rendimiento promedio real fue de 152.05 m³/día, sin embargo, el rendimiento promedio adaptado a la cuadrilla de 3.1 trabajadores fue de 297.21 m³/día, equivalente al 66.00% del valor referencial de CAPECO. Respecto al uso de los tiempos de producción, la excavación mecánica presentó 51.0% de tiempo productivo, 17.3% de tiempo contributorio y 31.0% de tiempo no contributorio, lo que evidencia una mayor proporción de pérdidas operativas que la excavación manual.

La excavación mecánica fue significativamente superior a la excavación manual en términos de rendimiento absoluto, al alcanzar un volumen promedio de 127.95 m³ frente a 7.31 m³, y un rendimiento real de 152.05 m³/día frente a 2.50 m³/día. Asimismo, requirió un aporte unitario promedio mucho menor, de 0.10 hh, frente a 3.62 hh en la excavación manual. No obstante, la excavación manual presentó una mayor cercanía al estándar CAPECO, con 86.81%, frente a 66.00% en la mecánica, y además mostró un mejor aprovechamiento del tiempo, con 53.0% de tiempo productivo y 17.1% de tiempo no contributorio, frente a 51.0% y 31.0%, respectivamente, en la mecánica.

La excavación manual presentó como principales ventajas su mejor adaptación a espacios reducidos, mayor control directo del proceso, menor necesidad de equipo especializado y un costo estimado menor en lotes pequeños y medianos, de S/ 700 frente a S/ 800 de la excavación mecánica. En cambio, la excavación mecánica mostró como

principales ventajas su mayor capacidad de producción, menor tiempo de ejecución y mayor conveniencia económica en lotes grandes, con un costo estimado de S/ 1600 frente a S/ 1750 de la excavación manual. Sin embargo, la excavación manual tuvo como limitaciones su baja capacidad de excavación y mayor dependencia del esfuerzo físico, mientras que la excavación mecánica presentó mayores tiempos no contributivos, así como dependencia de equipo, combustible, mantenimiento y personal especializado.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los ingenieros residentes, maestros de obra y propietarios de viviendas de la ciudad de Chota que, antes de definir el método de excavación, evalúen las dimensiones de la cimentación, la profundidad de excavación, el tipo de suelo y el tamaño del lote, a fin de seleccionar el procedimiento más adecuado para cada caso, considerando que la excavación manual se adaptó mejor a cimentaciones de menor escala y la excavación mecánica a excavaciones de mayor magnitud.

Se recomienda a los maestros de obra y contratistas que ejecutan excavaciones manuales mejorar la organización de la cuadrilla y el control de las actividades contributivas y no contributivas durante la jornada, con la finalidad de incrementar el tiempo productivo y acercar el rendimiento real a los valores referenciales, especialmente en partidas como zanjas de hasta 1.40 m y excavación para zapatas aisladas, donde se registraron los menores desempeños.

Se recomienda a los operadores de maquinaria, contratistas y responsables de obra fortalecer la planificación operativa de la excavación mecánica, especialmente en la coordinación entre maquinaria, personal de apoyo y acarreo, para reducir los tiempos no contributivos observados y mejorar el aprovechamiento del alto potencial de rendimiento del sistema mecanizado.

Se recomienda a los propietarios, proyectistas y ejecutores de viviendas que, al momento de decidir entre excavación manual y mecánica, consideren no solo el rendimiento absoluto del método, sino también la productividad temporal, el tamaño del lote, la magnitud del volumen a excavar y la proximidad a los estándares técnicos, ya que la excavación mecánica fue superior en volumen y rapidez, pero la excavación manual mostró un mejor aprovechamiento del tiempo y mayor cercanía al estándar de CAPECO.

Se recomienda a los propietarios de viviendas y a los profesionales responsables de la ejecución de obras utilizar la excavación manual en lotes pequeños o medianos y en trabajos que demanden mayor control geométrico, y priorizar la excavación mecánica en lotes grandes o en excavaciones extensas, donde el mayor rendimiento compense los mayores costos operativos, de modo que la elección del método responda a criterios de tiempo, costo y calidad de la ejecución.

REFERENCIAS

- Aguilar, A., & Ysla, L. (2016). *Cálculo de rendimiento de retroexcavadora, excavadora y cargador frontal en movimiento de tierras, Chachapoyas, Amazonas - 2015*. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
- Alimohammadi, H. (2024). Shallow Foundations and Deep Foundations; Drilled Piers, Aggregate Piers and Stone Columns; Design Recommendations, Construction Considerations, and Performance. *Journal of Civil Engineering Researchers*, 6(3), 18-28. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/124897445/JCER_Vol.6_No.3_M.3-libre.pdf?1759786823=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DShallow_Foundations_and_Deep_Foundations.pdf&Expires=1775069622&Signature=C5Gsi-Pjt~YLWPvih7dzQt2MpgopL9clvk39t8WO
- Allana, A., Khan, A. A., Yousuf, M., Cullinan, P., & Nafees, A. A. (2025). Prevalence of occupational injuries among construction workers in Karachi, Pakistan. *PLOS Global Public Health*, 5(4), 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0004578>
- Alvarado, J. N. (2018). *Cálculo de productividad y costo horario de la maquinaria pesada en los trabajos de movimiento de tierras del proyecto hospital general de 120 camas de Durán en la provincia del Guayas*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil].
- Amarasinghe, A. A., Agdas, D., & Dawes, L. (2025). Evaluating labour productivity and profitability in precast concrete manufacturing. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(13), 148-173. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2024-0666>
- Anchuela, O. P., Julián, P. L., Benedicto, J. Á., Batolomé, J. I., & Juan, A. P. (2016). Evaluación sobre la caracterización de distintos tipos de cimentaciones superficiales por medio de georradar. *Geogaceta*, 60(1), 123-126. https://zaguan.unizar.es/record/57893/files/texto_completo.pdf?version=1
- Benrouba, F., Sharafat, A. U., & Seo, J. (2025). Autonomous Productivity Measurement NDT-SLAM-based Algorithm for Excavator Earthwork Operations. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 1(1), 1-38. <https://doi.org/10.1016/j.kscej.2025.100483>

- BERA. (2024). *Ethical Guidelines for Educational Research, fifth edition*. British Educational Research Association (BERA). https://www.bera.ac.uk/publication/ethical-guidelines-for-educational-research-fifth-edition-2024-online?utm_source=chatgpt.com
- Boden-Stuart, Z., & Thompson, R. (2026). Ethical research for all: Protection from harm, informed consent and the right to withdraw for qualitative researchers. *Methods in Psychology*, 14(1), 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.metip.2026.100234>
- Braja, M. (2017). *Bearing Capacity and Settlement*. (3. Edition, Ed.) Limusa. <https://doi.org/10.1201/9781315163871>
- 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), 3412. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043412>
- Buchmeister, B., & Herzog, N. V. (2024). Avances en el análisis de datos para el método de muestreo de trabajo. *Algorithms*, 17(5), 183. <https://doi.org/10.3390/a17050183>
- Bühler, M. M., Nübel, K., Jelinek, T., Köhler, L., & Hollenbach, P. (2025). Bridging the Construction Productivity Gap—A Hierarchical Framework for the Age of Automation, Robotics, and AI. *Buildings*, 15(16), 2899. <https://doi.org/10.3390/buildings15162899>
- 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 para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>
- Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO]. (2024). *Informe económico de la construcción IEC CAPECO #78 - Junio 2024*. CAPECO. <https://capeco.org/wp-content/uploads/2024/07/Informe-Economico-de-la-Construccion-IEC-78.pdf>
- Cantú, A., López, M., & Perione, P. (2018). *Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles*.
- 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>

- Chen, C., Xiao, B., Zhang, Y., & Zhu, Z. (2023). Automatic vision-based calculation of excavator earthmoving productivity using zero-shot learning activity recognition. *Automation in Construction*, 146, 104702. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104702>
- Fong, L. F. (2019). *Efectos de factores topográficos sobre la profundidad de suelos y la estructura vertical de su textura, capacidad de campo y almacenes de carbono en el noroeste de Baja California*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3017/1/TESIS_LIZAFONG_11_NOV_2019A.pdf
- Franquet, J. M., & Querol, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. José María Franquet Bernis.
- Gaitán, E. (2024). *Factores que afectan negativamente la productividad de la maquinaria pesada en el movimiento de tierras de la carretera Huallangate - San José, Chota, 2022*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7000>
- García, J. (2019). *Rendimiento de maquinaria pesada: Conceptos y aplicaciones*. Editorial Tecnológica.
- GICO UPC. (2020). *Cimentaciones superficiales*. Universidad Politecnica de Cataluña. https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250240/2012/tema_4_ciment_super.pdf
- Gloss, M., McGregor, M., & Brown, B. (2016). Designing for Labour: Uber and the On-Demand Mobile Workforce. *ACM Digital Library*, 1632-1643. [//doi.org/10.1145/2858036.2858476](https://doi.org/10.1145/2858036.2858476)
- Gómez, A. (2019). *Evaluación de la eficiencia y efectividad en procesos industriales*. Editorial Técnica Moderna.
- Gómez, A. (2020). Características y funcionamiento de la excavadora hidráulica. *Revista de Ingeniería Civil*, 2(75-85), 15.
- Gonzales, J. P. (2020). *Determinación del rendimiento de la mano de obra no calificada, en la excavación de zanjas para proyectos de saneamiento en el distrito de Querocoto, Chota, Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
- Graf, R. (2024). *Foundations, Definition and History*. Managing Editor. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-0-387-93996-4_7

- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Gransberg, D. (2020). *Earthmoving, Excavating, and Lifting Equipment Selection*. ResearchGate. 10.1201/9780429186356-4
- Jacobsen, E. L., Teizer, J., & Wandahl, S. (2023). Work estimation of construction workers for productivity monitoring using kinematic data and deep learning. *Automation in Construction*, 152, 104932. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104932>
- Jiang, L., Shen, H., & Zhang, J. (2024). Study on Labor Productivity Improvement Based on Situational Awareness and Improved Value Stream Mapping. *Buildings*, 14(5), 1253. <https://doi.org/10.3390/buildings14051253>
- John, D., Chieh, K., Overton, D., & Erick, J. (2015). *Foundation Engineering for Expansive Soils*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118996096.fmatter>
- Khedkar, Y., Nagpure, H., Dendage, P., Shinde, P., Naikavade, S., & Dey, T. (2022). The evaluation of forces acting on excavator bucket and its capacity. *Materials Today: Proceedings*, 68(6), 2591-2596. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.013>
- Kim, H., Kim, J., An, B., Song, T., Oh, J., Kim, M., & Lee, S. (2025). The influence of real-time feedback on excavator operator actions in footing excavation: machine guidance and conventional methods. *Applied sciences*, 15(7), 1-17. <https://doi.org/10.3390/app15073729>
- Kim, J., Hwang, J., Jeong, I., Chi, S., Seo, J., & Kim, J. (2024). Generalized vision-based framework for construction productivity analysis using a standard classification system. *Automation in Construction*, 165(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105504>
- Ko, Y., Kim, Y., Noh, J., Lee, K., Shin, D., & Han, S. (2024). Methodology for construction-standard-production-rate-based simulation modeling and production-rate data generation. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(2), 725-739. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2278885>
- Lee, D., Park, J. Y., & Kim, S. (2017). Equipment Combination Model for Effective Excavation Work for Urban High Rise Buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 16(2), 325-332. <https://doi.org/10.3130/jaabe.16.325>
- MAG. (2024). *Uniform Standard Specifications and Details for Public Works Construction*. Maricopa Association Governments (MAG).

<https://azmag.gov/Portals/0/Documents/MagContent/2024-MAG-Specifications-for-Public-Works-Construction.pdf>

- Magar, J., Kudtarkar, A., Pachpohe, J., & Nagargoje, P. (2020). Study and Analysis of Types of Foundation and Design Construction. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(8), 3301-3307. https://www.researchgate.net/publication/343796776_Study_and_Analysis_of_Types_of_Foundation_and_Design_Construction
- Martínez, A. (2019). *Productividad en la construcción: Conceptos y aplicaciones*. Editorial Técnica Moderna.
- Martínez, A. (2020). *Rendimiento de maquinaria pesada: Conceptos y aplicaciones*. Editorial Tecnológica.
- Medina, J. A., & Romero, L. F. (2024). Rendimiento y productividad de mano de obra en losas aligeradas en la construcción de viviendas en Chota-Cajamarca. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 7(2), 214-234. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2024v7n2p214>
- Mendoza, L. M., & Chavez, H. M. (2023). *Análisis de rendimiento del equipo mecánico para el movimiento de tierras del proyecto: Mejoramiento del camino vecinal sector Chambira - San Juan del Caño – distrito de Juanjuí*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín Tarapoto-Perú]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/affbf8b3-5360-4626-a592-4e8a043ba3e4/content>
- Molaei, A., Kolu, A., Haaranieni, N., & Geimer, M. (2023). Automatic estimation of excavator's actual productivity in trenching and grading operations using building information modeling (BIM). *Actuators*, 12(11), 1-22. <https://doi.org/10.3390/act12110423>
- Morales, J. R., & Silva, A. E. (2025). *Factores de corrección en rendiemento de la maquinaria pesada en movimiento de tierras*. [Tesis de grado, Universidad San Antonio Abad del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/10772/253T2025015_2_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales, R. (2009). *Maquinarias de construcción*. Baja California. México. Ed. 1. 93 p.
- Morales, R. (2009). *Maquinarias de construcción*. Limusa.
- MTI. (2008). *Manual para la revisión de costos y presupuestos*. Miniterio de Transportes e Infraestructura (MTI) de Managua, Nicaragua.

- Munarris, S. (2024). *Predicción de rendimiento de maquinaria para movimiento de tierras utilizando redes neuronales artificiales*. [Tesis de grado, Universidad Peruana los Andes].
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/8217/T037_71389953_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Muñoz, D. E. (2022). *Incremento de la productividad en el movimiento de tierras mediante el análisis de rendimientos en equipos de carguío y acarreo en minería a tajo abierto Cajamarca 2022*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte].
- MVCS. (2018). Norma E.050 Suelos y cimentaciones. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 23-68). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- Nam, H. (2023). Analysis of the Effect of the Deep Excavation of a High-Rise Building on the Deformation of the Ground Surface and Diaphragm Wall. *International Conference on Civil Engineering*, 327(1), 621-633. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2532-2_52
- Nij, J. E. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. [Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala].
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60832306/cimentaciones_en_taludes20191008-60565-1oul0e1-libre.pdf?1570520818=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGUIA_PRACTICA_PARA_EL_CALCULO_DE_CAPACID.pdf&Expires=1691774564&Signature=D8k85ONKxzpg3w6
- Ovalle-Castiblanco, A. M., & Cárdenas, D. M. (2016). ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura. *Revista ingeniería, investigación y desarrollo*, 16(2), 12-31.
https://www.researchgate.net/profile/Alex-Ovalle/publication/308692079_Que_ha_pasado_con_la_aplicacion_del_estudio_de_tiempos_y_movimientos_en_las_ultimas_dos_decadas_Revision_de_la_literatura_What_happened_with_the_application_of_time_and_motion_study_in
- Pérez, L. (2018). *Excavadoras hidráulicas: Componentes y operación*. Editorial Técnica Moderna.
- Pesco, I., & Cholaska, J. (2018). Impact of Construction Machinery and Tools on Non-Fatal Injuries in the Building Processes. *Tehnicky vjesnik*, 25(6), 1680-1689. 10.17559/TV-20170703160241

- Pizán , J. J. (2023). *Evaluación de rendimientos en movimiento de tierras con maquinaria pesada para la construcción de la plataforma de lixiviación Carachugo etapa 14 – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Poudel, M. K., Dhital, M. R., & Shrestha, R. N. (2023). A Study on Productivity of Key Earth Moving Equipment (Based on Selected Road Projects of Gandaki Province, Nepal). *Proceedings of 14th IOE Graduate Conference*, 14, 2350-8914. <http://conference.ioe.edu.np/publications/ioegc14/IOEGC-14-234-PS3-039-816.pdf>
- Putri, S. M., & Nayono, S. E. (2024). Optimizing heavy equipment combination in excavation work of a dam channel construction to support SDG 9: A case study in the Jragung Dam Project. *In E3S Web of Conferences*, 586, 02004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456802004>
- Qi, K., Owusu, E. K., Siu, M. F., & Chan, P. C. (2024). A systematic review of construction labor productivity studies: Clustering and analysis through hierarchical latent dirichlet allocation. *Ain Shams Engineering Journal*., 15(9), 102896. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102896>
- Rahman, M., Islam, S., & Jahan, N. (2022). Numerical Analysis on the Settlement of an Isolated Footing due to Nearby Excavation. *Journal of Advances in Geotechnical Engineering*, 4(3). https://www.researchgate.net/publication/357713047_Numerical_Analysis_on_the_Settlement_of_an_Isolated_Footing_due_to_Nearby_Excavation?enrichId=rgreq-527547116bcd2d3f38783ca509c338d6-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1NzcxMzA0NztBUzoxMTEwNjk4NTkxNTU5NzAzQD
- Ramírez, P. (2004). *Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. UPM. <https://doi.org/https://oa.upm.es/14183/>
- Rivera, A. K. (2025). *Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra real con respecto al típico establecido en el expediente técnico, en partidas incidentes que contienen un mayor porcentaje de mano de obra, para el proyecto de saneamiento básico de Ambo en la provin.* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/5806>
- Rodríguez, D. (2010). Rendimiento de mano de obra en excavaciones para viviendas de una y dos plantas en la ciudad de Barranquilla. *Revisa Inge-CUC*, 6(6), 1-20.
- Rudiyansa, R., & Kabdiyono, E. A. (2025). Analysis of the Productivity of Excavator and Dump Truck Heavy Equipment in the Excavation Works for the Construction of Jakarta

- MRT Station Cp 203 Phase 2A. *International Journal Science and Technology*, 4(1), 43-53. <https://doi.org/10.56127/ijst.v4i1.2235>
- Sánchez, G. S., Bezhold, G. A., & Farnós, I. A. (2023). Research ethics: From principles to practical aspects. *Anales de Pediatría (English Edition)*, 99(3), 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2023.06.016>
- Sánchez, K. (2023). *Determinación del rendimiento, productividad de la mano de obra y su incidencia directa sobre el tiempo en la ciudad de Pucallpa con respecto a Capeco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali].
- Šopić, M., Vukomanović, M., & Car-Pušić, D. (2024). Machine Cost-Effectiveness in Earthworks: Early Warning System and Status of the Previous Work Period. *Sustainability*, 16(17), 7294. <https://doi.org/10.3390/su16177294>
- Strofer, G. (12 de Abril de 2023). *Importancia de la comunicación en un proceso de construcción en un proceso de construcción*. Arna Gorda: <https://www.arenagorda.com/2023/04/12/importancia-de-la-comunicacion-en-un-proceso-de-construccion/>
- Tarrillo, O. (2022). *Evaluación de rendimientos y productividad de la mano de obra en obras de saneamiento rural en el distrito de Chota - Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Tayebwa, I. (2024). *Measurement of production rates for manual trenching on construction projects*. (Unpublished Master's Dissertation) Makerere University. <http://hdl.handle.net/10570/13635>
- 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/10.37518/2663-6360X2024v7n1p33>
- Velandia, J. A. (2022). *Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca*. [Tesis de maestría en construcción, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82694>
- Wang, H., & He, S. (2024). Monitoring and Simulation Analysis of Deep Foundation Pit Excavation of Subway Station in Watery and Weak Stratum. *Indian Geotechnical Journal*, 1(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s40098-023-00837-x>

- Wu, W., Lu, H., Chen, S., & Zhang, D. (2024). Effect and control of foundation pit excavation on existing tunnels: A state-of-the-art review. *unnelling and Underground Space Technology*, 147(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2024.105704>
- Xia , R., Zhao, Z., Wang, R., Xu, M., Ye, S., & Xu, M. (2024). Research on the Deformation Law of Foundation Excavation and Support Based on Fluid–Solid Coupling Theory. *Published*, 24(2). <https://doi.org/10.3390/s24020426>
- Xia, R., Zhao, Z., Wang, R., Xu, M., Ye, S., & Xu, M. (2024). Research on the Deformation Law of Foundation Excavation and Support Based on Fluid–Solid Coupling Theory. *Sensors*, 24(2), 246. <https://doi.org/10.3390/s24020426>
- Yang, X., Yu, Y., Li, H., Skitmore, M., & Koo, M. (2023). Measuring Labor Input: Construction Activity Counting Using IMU on Hand Tools. *Sensors*, 23(23), 9420. <https://doi.org/10.3390/s23239420>
- Yepes, V. (2000). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Editorial Universitat Politècnica de València. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf
- Yepes, V. (2016). Concepto y clasificación de las cimentaciones. *Universidad Politecnica de Valencia*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/09/concepto-y-clasificacion-de-las-cimentaciones/>
- Yun, B. (2019). *Underground Construction*. ScienceDirect. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/excavation-method?utm_source
- Zambia Qualifications Authority. (2024). *National occupational standard for machine operator (NOS.MO.01)*. <https://www.zaqa.gov.zm/wp-content/uploads/2024/03/NOS-FOR-MACHINE-OPERATOR.pdf>
- Zapata, A. M., & Grisales, L. M. (2017). Importancia de la formación para la prevención de accidentes en el lugar de trabajo. *Salud de los trabajadores*, 25(2), 156-166.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tesis: Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica, de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota?	Objetivo general Comparar la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. Objetivos específicos ☐ Caracterizar las condiciones geométricas y técnicas de las cimentaciones, las condiciones del terreno y los recursos de ejecución (mano de obra y maquinaria) en las viviendas evaluadas de la ciudad de Chota. ☐ Determinar el rendimiento y el uso de los tiempos de producción durante la excavación manual de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. ☐ Determinar el rendimiento y el uso de los tiempos de producción durante la excavación mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. ☐ Analizar la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. ☐ Describir las principales características, ventajas y limitaciones observadas de la excavación manual y mecánica de cimientos, en términos de tiempo, costos y calidad de ejecución, en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota.	Hipótesis nula (H0). No existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota. Hipótesis alternativa (H1). Existen diferencias significativas en la productividad y el rendimiento de la excavación manual y mecánica de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota	Variable independiente: Método de excavación de cimientos	Tipo de excavación	Excavación manual; excavación mecánica	Enfoque cuantitativo Tipo aplicado Nivel descriptivo comparativo Diseño no experimental Muestra: La muestra estuvo conformada por 14 viviendas en construcción ubicadas en la ciudad de Chota, en las cuales se ejecutaron trabajos de excavación de cimientos durante el periodo de observación. De estas, 7 viviendas correspondieron a la excavación manual y 7 a la mecánica, lo que permitió comparar la información entre ambos métodos.
				Mano de obra empleada	Número de peones; número de operarios; número de operadores	
				Equipo y herramientas utilizadas	Herramientas manuales; excavadora; retroexcavadora; volquete	
				Características de los cimientos	Tipo de cimiento: zapatas, losa de cimentación	
					Profundidad de desplante	
					Largo de excavación	
					Ancho de excavación	
			Variable dependiente 1: Rendimiento	Rendimiento de excavación manual	Volumen excavado	
					Aporte unitario de mano de obra	
				Rendimiento de excavación mecánica	Rendimiento manual real	
					Capacidad del cucharón	
			Variable dependiente 2: Productividad	Uso de los tiempos de producción	Rendimiento planificado	
					Rendimiento real	
					Tiempo productivo	
				Ciclo de trabajo mecánico	Tiempo contributorio	
					Tiempo no contributorio	
					Tiempo de ciclo de trabajo	
					Número de ciclos de trabajo	

Anexo 2. Panel fotográfico

Vivienda N.º 01

Foto 1. Vista general del área de excavación manual.



Se observa el frente de trabajo correspondiente a la vivienda, donde se aprecia el área intervenida para la excavación de cimientos.

Foto 2. Proceso de excavación manual de cimientos.



Se evidencia la ejecución de la excavación mediante mano de obra, con la participación directa de peones en el retiro del material.

Foto 3. Geometría de la excavación ejecutada.



Se aprecia la conformación de la excavación para cimientos, que muestra las dimensiones y la profundidad alcanzadas en el terreno.

Foto 4. Condiciones del terreno excavado.



Se observa el material del suelo expuesto durante la excavación, lo cual es útil para identificar visualmente las condiciones del terreno.

Vivienda N.º 02

Foto 1. Vista general de la vivienda en proceso de excavación.



Se muestra el área intervenida donde se excavaron los cimientos de la vivienda.

Foto 2. Excavación manual en ejecución.



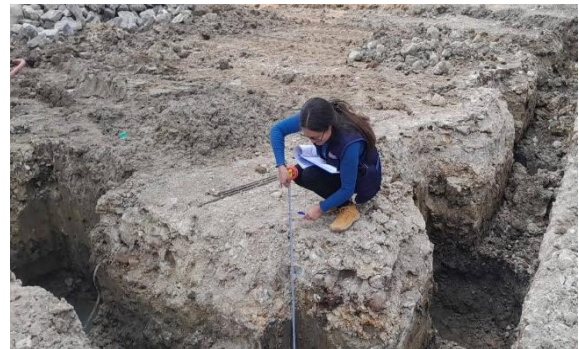
Se aprecia al personal realizando la excavación con herramientas manuales en el área de cimentación.

Foto 3. Perfil de la excavación de cimientos.



Se observan la forma y la profundidad de la excavación, así como el material retirado del terreno.

Foto 4. Registro fotográfico del frente de trabajo.



Se evidencia el estado del frente de trabajo durante la excavación manual.

Vivienda N.º 03

Foto 1. Vista general del área excavada.



Se aprecia el terreno intervenido y la zona destinada a la construcción de los cimientos de la vivienda.

Foto 2. Excavación manual de zapatas.



Se observa la excavación localizada correspondiente a elementos de cimentación tipo zapata.

Foto 3. Conformación de la excavación en planta.



Se evidencia la disposición geométrica de la excavación en el lote de estudio.

Foto 4. Detalle del material excavado.



Se observan el suelo retirado y las condiciones superficiales del terreno durante el proceso de excavación.

Vivienda N.º 04

Foto 1. Vista general del área de excavación mecánica.



Se muestra el frente de trabajo donde se excavaron los cimientos con el apoyo de maquinaria.

Foto 2. Retroexcavadora en operación.



Se observa la maquinaria durante el proceso de excavación del terreno para la construcción de los cimientos.

Foto 3. Excavación mecanizada y carguío de material.



Se evidencian la remoción del suelo mediante retroexcavadora y el manejo del material excavado.

Foto 4. Estado de la excavación terminada.



Se aprecia la excavación tras el avance mecánico, lo que muestra la profundidad y amplitud del corte.

Vivienda N.º 05

Foto 1. Vista general del frente de excavación mecánica.



Se observa la zona de trabajo donde se excavaron los cimientos con maquinaria pesada.

Foto 2. Maquinaria durante la excavación.



Se aprecia la retroexcavadora realizando labores de corte y remoción del terreno.

Foto 3. Excavación de gran magnitud para la cimentación.



Se evidencia una excavación de mayor amplitud, compatible con cimentaciones de mayores dimensiones.

Foto 4. Condiciones del terreno y del material removido.



Se observa el terreno excavado y el material desplazado durante la operación mecánica.

Vivienda N.º 06

Foto 1. Vista general de la excavación mecánica.



Se muestra el área de trabajo donde se excavaron los cimientos con el apoyo de equipo mecánico.

Foto 2. Retroexcavadora en proceso de corte del terreno.



Se evidencia la operación del equipo durante la remoción del suelo en el área de cimentación.

Foto 3. Excavación conformada para cimientos.



Se aprecia la geometría alcanzada en la excavación tras la intervención de la maquinaria.

Foto 4. Material excavado y entorno operativo.



Se observan el material removido y las condiciones del área de trabajo alrededor del frente de excavación.

Vivienda N.º 07

Foto 1. Vista general del lote en excavación.



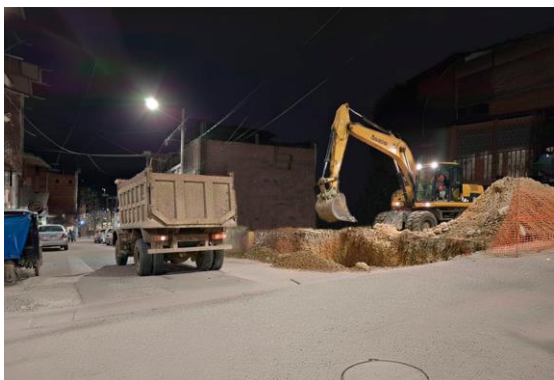
Se aprecia el área del lote donde se excavaron los cimientos con maquinaria.

Foto 2. Operación de excavación mecánica.



Se observa la maquinaria en plena ejecución del corte y de la extracción del material del terreno.

Foto 3. Detalle del avance de la excavación.



Se evidencia el estado del terreno tras el avance de la excavación para la cimentación.

Foto 4. Registro del frente de trabajo mecanizado.



Se muestra la configuración del área excavada y las condiciones de operación durante el trabajo.

Vivienda N.º 08

Foto 1. Vista general del área de excavación manual.



Se observa el frente de trabajo donde se excavaron los cimientos mediante mano de obra.

Foto 2. Excavación manual en proceso.



Se aprecia al personal realizando la remoción del suelo con herramientas manuales.

Foto 3. Conformación de la excavación de cimientos.



Se evidencian la forma y la profundidad alcanzadas en la excavación manual.

Foto 4. Estado del terreno excavado.



Se observan el material del suelo y las condiciones del frente de trabajo tras el avance de la excavación.

Vivienda N.º 09

Foto 1. Vista general del frente de excavación manual.



Se muestra la vivienda en construcción y el área intervenida para la construcción de los cimientos.

Foto 2. Participación de la cuadrilla en la excavación.



Se observa al personal de obra realizando la excavación manual del terreno.

Foto 3. Excavación ejecutada para cimientos.



Se evidencian la geometría del corte realizado y el volumen de suelo removido.

Foto 4. Condiciones del terreno durante la excavación.



Se aprecia el tipo de material excavado y el entorno en el que se desarrolló la actividad.

Vivienda N.º 10

Foto 1. Vista general del área de excavación mecánica.



Se observa el frente de trabajo donde se excavaron los cimientos con maquinaria.

Foto 2. Maquinaria en operación durante la excavación.



Se aprecia la retroexcavadora realizando la remoción de suelo en el área de cimentación.

Foto 3. Avance de la excavación mecanizada.



Se evidencia el progreso en el corte del terreno y en la conformación de la excavación.

Foto 4. Estado final del frente excavado.



Se observa la excavación tras el trabajo mecánico, lo que evidencia su profundidad y extensión.

Vivienda N.º 11

Foto 1. Vista general del frente de trabajo mecanizado.



Se muestra el área donde se excavó la base de cimientos con el apoyo de maquinaria.

Foto 2. Operación de excavación con retroexcavadora.



Se evidencia el uso del equipo para la remoción del material del terreno.

Foto 3. Conformación de la excavación para cimientos.



Se observa la geometría del área excavada y el estado del terreno tras el corte.

Foto 4. Material excavado y condiciones de obra.



Se aprecia el material removido y el entorno operativo del frente de trabajo.

Vivienda N.º 12

Foto 1. Vista general del área de excavación manual.



Se observa el área del lote donde se excavaron los cimientos mediante trabajo manual.

Foto 2. Proceso de excavación manual.



Se aprecia al personal retirando el suelo con herramientas manuales durante la excavación.

Foto 3. Excavación conformada para los elementos de cimentación.



Se evidencian la profundidad y la forma del corte realizado en el terreno.

Foto 4. Registro del terreno excavado.



Se observan el suelo expuesto y las condiciones del área tras el avance de la excavación.

Vivienda N.º 13

Foto 1. Vista general del frente de excavación manual.



Se muestra el área de trabajo intervenida para la ejecución de los cimientos de la vivienda.

Foto 2. Excavación manual en desarrollo.



Se evidencia la participación de la cuadrilla en la remoción del terreno mediante herramientas manuales.

Foto 3. Detalle de la excavación ejecutada.



Se aprecia la configuración geométrica de la excavación realizada para la cimentación.

Foto 4. Condiciones del suelo y del entorno de excavación.



Se observa el material del terreno excavado y el estado general del frente de trabajo.

Vivienda N.º 14

Foto 1. Vista general del área de excavación mecánica.



Se observa el lote y el frente de trabajo donde se ejecutó la excavación mecanizada de cimientos.

Foto 2. Excavadora en operación.



Se aprecia la maquinaria pesada realizando la remoción del terreno durante la excavación.

Foto 3. Excavación mecanizada de gran magnitud.



Se evidencia una excavación de mayor volumen y extensión, compatible con una cimentación de gran escala.

Foto 4. Estado final de la excavación y del entorno operativo.

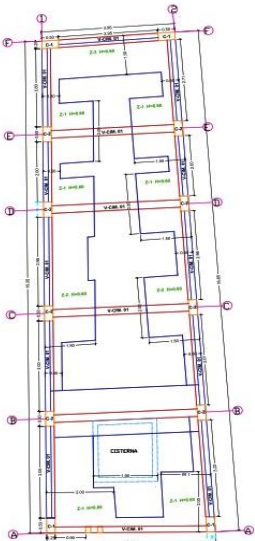


Se observan el área excavada tras el avance de la maquinaria, así como las condiciones generales del frente de trabajo.

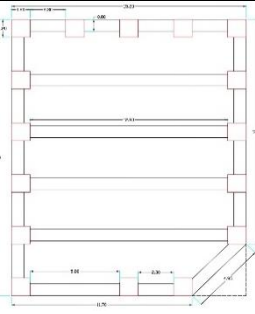
Anexo 3. Datos de la cimentación

Anexo 3.1. Datos de las cimentaciones mediante excavación manual.

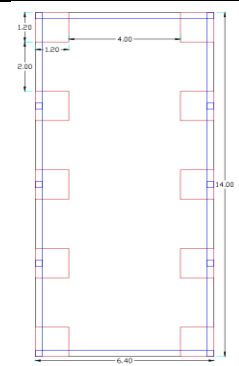
Vivienda 1

N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
1	Cimiento corrido	7.35	0.50	1.00	0.60	Limos consolidados	
		7.15	0.40	1.00	0.60		
		1.50	0.50	1.00	0.60		
	Zapatas	2.00	1.50	1.00	0.80		
		2.00	1.50	1.00	0.80		
		2.20	1.50	1.00	0.80		
		2.20	1.50	1.00	0.80		
		2.00	1.50	1.00	0.80		
		2.00	1.50	1.00	0.80		
		2.00	1.50	1.00	0.80		
		1.30	3.95	1.00	0.80		

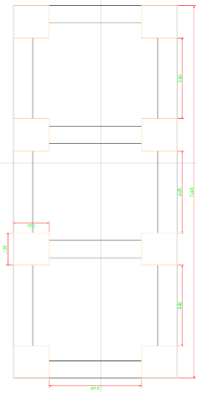
Vivienda 2

N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
02	Zapatas	1.20	1.20	0.50	1.70	Arcillas medianas a duras	
	viga de cimentación	2.3	0.8	0.4	0.7		
		12.8	0.8	0.4	0.7		
		5.8	0.8	0.4	0.7		
		4.95	0.8	0.4	0.7		

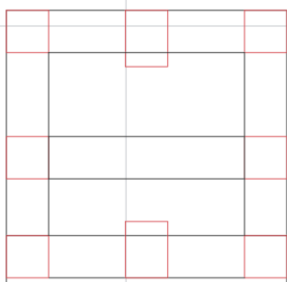
Vivienda 3

N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
3	Zapatas	1.20	1.20	0.50	1.80	Arcillas medianas a duras	

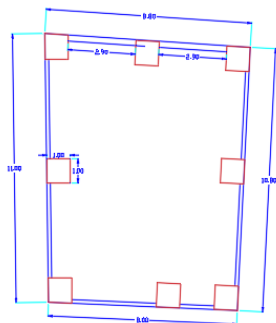
Vivienda 8

N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
8	Zapatas	1.30	1.30	0.50	1.70	Arcillas medianas a duras	
		1.30	1.30	0.50	1.60		
		1.30	1.30	0.50	1.50		

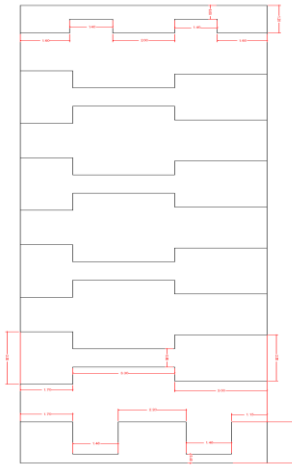
Vivienda 9

N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
9	Cimiento corrido	6.95	1.50	0.50	2.00	Limos consolidados	
	Zapatas	1.50	1.50	0.50	1.50		
		2.00	1.70	0.50	1.50		
		2.00	1.50	0.50	1.50		

Vivienda 12

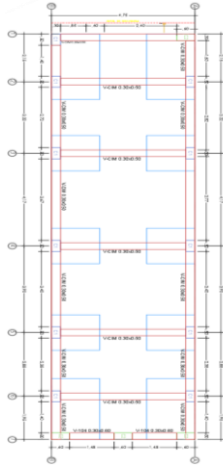
N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
12	Zapatas	1.00	1.00	0.60	2.00	Arcilla	
	Zapatas	1.00	1.00	0.60	1.60		
	Cimiento	2.90	0.60	2.00	2.00		

Vivienda 13

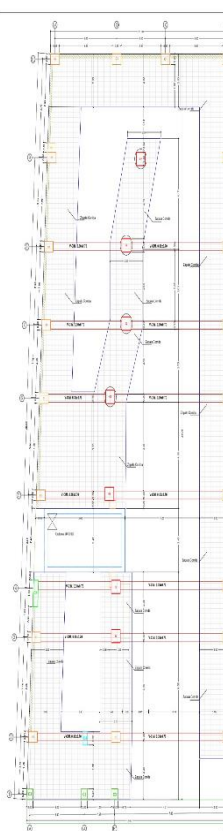
N° de viv.	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
13	Cimiento corrido	2.96	0.4	0.6	1.6	Arcillas medianas a duras	
		3.3	0.8	0.6	1.6		
		3.3	0.8	0.6	1.6		
		3.3	0.8	0.6	1.6		
		3.3	0.8	0.6	1.6		
		2.80	0.60	0.6	1.60		
	Zapatas	1.80	1.15	0.50	1.60		
		1.80	2.20	0.50	1.60		
		1.80	1.70	0.50	1.60		
		2.00	3.00	0.50	1.60		
		2.00	1.70	0.50	1.60		
		2.00	3.00	0.50	1.60		
		2.00	1.70	0.50	1.60		
		2.00	3.00	0.50	1.60		
		2.00	1.70	0.50	1.60		
		2.00	3.00	0.50	1.60		
		2.00	1.70	0.50	1.60		
		1.20	1.60	0.50	1.60		
		1.20	2.00	0.50	1.60		
		1.20	1.60	0.50	1.60		

Anexo 3.2. Datos de las cimentaciones mediante excavación mecánica.

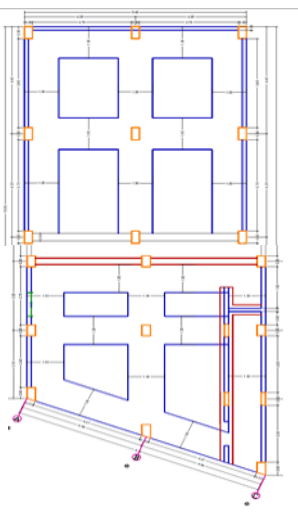
Vivienda 4

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
4	Zapatas	2.95	1.60	1.00	2.80	Limos orgánicos	
		1.6	1.6	1.00	2.80		
		1.6	1.6	1.00	2.80		
		2.75	1.6	1.00	2.80		
		2.95	1.60	1.00	2.80		
		1.6	1.6	1.00	2.80		
		1.6	1.6	1.00	2.80		
		2.75	1.6	1.00	2.80		

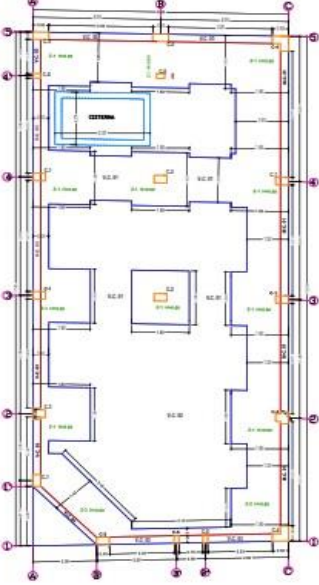
Vivienda 5

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
5	Zapata corrida (eje 10-10, tramo a-d)	11.30	2.00	0.60	2.50	Arcillas medianas	
	Zapata corrida (eje 5-6, tramo a-b)	5.6	4.36	0.6	2.5		
	Zapata corrida (eje 1-2, tramo a-b'')	6.49	2.55	0.6	2.5		
	Zapata corrida (eje a-a, tramo 6-10)	10.77	2	0.6	2.5		
	Zapata corrida (eje a-a, tramo 2-4)	6	2	0.6	2.5		
	Zapata corrida (eje a''-c, tramo 6-10)	9.62	2	0.6	2.5		
	Zapata corrida (eje b''-b'', tramo 2-4)	6.01	2	0.6	2.5		
	Zapata corrida d-d, tramo 1-10)	24.5	2	0.6	2.5		

Vivienda 6

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura			
6	Zapata corrida	8.40	1.30	0.75	1.35	Arcillas medianas	
		8.40	1.30	0.75	1.35		
		8.40	1.30	0.75	1.35		
		8.40	1.30	0.75	1.35		
		9.12	1.30	0.75	1.35		
	Cimiento corrido	2.45	1.3	1.1	1.35		
		2.45	1.3	1.1	1.35		
		2.45	1.3	1.1	1.35		
		3.35	1.3	1.1	1.35		
		3.35	1.3	1.1	1.35		
		3.35	1.3	1.1	1.35		
		1.1	1.3	1.1	1.35		
		1.1	1.3	1.1	1.35		
		1.1	1.3	1.1	1.35		
		1.36	1.3	1.1	1.35		
		2.87	1.3	1.1	1.35		
		4.42	1.3	1.1	1.35		

Vivienda 7

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
7	Zapatas	1.80	1.80	0.60	1.70	Arcilla limosa	
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.80	1.80	0.60	1.70		
		1.8	1.8	0.60	1.70		
		3.18	1.4	0.60	1.70		
	Viga de cimentación	1.3	1.65	0.60	1.70		
		1.3	1.65	0.60	1.70		
		1.3	1.5	0.60	1.70		
		1.3	1.5	0.60	1.70		
		3	0.5	0.60	1.70		
		2.7	1.5	0.60	1.70		
		2.2	1.65	0.60	1.70		
		2.2	0.5	0.60	1.70		
		2.2	1.3	0.60	1.70		
		2.2	0.5	0.60	1.70		
		2.2	1.3	0.60	1.70		
		0.4	0.5	0.60	1.70		
		1.5	1.3	0.60	1.70		

Vivienda 10

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	Esquema de excavación
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
10	Zapatas	1.80	1.50	0.90	2.00	Limos consolidados	
		1.8	1.8	0.90	2.00		
		2	2	0.90	2.00		
		2.2	1.5	0.90	2.00		
		2.2	1.8	0.90	2.00		
		1.8	1.5	0.90	2.00		
		2.8	1.8	0.90	2.00		
		2	2	0.90	2.00		
		1.8	1.5	0.90	2.00		
		2.06	1.5	0.90	2.00		
	Viga de cimentación	1.1	0.5	0.50	1.1		
		1.7	0.5	0.50	1.1		
		4.35	0.5	0.50	1.1		
		1.1	0.5	0.50	1.1		
		0.75	0.5	0.50	1.1		
		1	0.5	0.50	1.1		
		1.15	0.5	0.50	1.1		
		1.15	0.5	0.50	1.1		

Vivienda 11

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
11	Cimiento corrido	8.50	1.20	0.60	2.00	Limos consolidados	

Vivienda 14

N° de vivienda	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)			Altura de excavación	Tipo de suelo	
		Largo	Ancho	Altura de cimentación			
14	Plataea de cimentación	41.85	23.80	0.60	2.00	Arcillas medianas a duras	

Anexo 4. Cuestionario a la mano de obra

Anexo 4.1. Cuestionario para la mano de obra que participó en la excavación manual de cimentaciones.

N° de viv.	Código	Datos generales			Lugar de procedencia				Datos laborales			
		Nombres y apellidos	Edad (años)	Grado de instrucción	Comunidad	Distrito	Provincia	Región	Categoría de trabajo	Experiencia laboral (años)	Forma de aprendizaje del oficio	Remuneración media diaria que percibe
1	VIV1CA1	Anibal Silva Mejia	41	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	20	Empírico	60
1	VIV1PE1	Omar Diaz Campos	28	Secundaria completa	Colpatuapampa	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	5	Empírico	60
1	VIV1PE2	Teofilo Irigoin Herrera	62	Primaria completa	Lumbral	Chalamarca	Chota	Cajamarca	Peón	3	Empírico	50
1	VIV1PE3	Ever Hernan Bustamante Medina	34	Secundaria completa	Cuyumalca	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	6	Empírico	50
1	VIV1PE4	Rosman Solano Cubas	25	Superior	Pucara	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	1	Empírico	50
2	VIV2CA1	Alberto Fustamante Idrogo	48	Secundaria completa	Santa Rosa	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	35	Empírico	50
2	VIV2PE1	Dilmer Requejo Tirado	28	Primaria completa	Chiguirip	Chiguirip	Chota	Cajamarca	Peón	6	Empírico	40
2	VIV2PE2	Segundo Saavedra Vásquez	67	Primaria completa	Pucara	Tacabamba	Chota	Cajamarca	Peón	27	Empírico	40
2	VIV2PE3	Nelson Sanchez Nuñez	24	Secundaria completa	Utchuclachulit	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	2	Empírico	35
3	VIV3CA1	Segundo Bustamante Chavez	56	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	35	Empírico	60
3	VIV3PE1	Elmer Aguilar Vásquez	41	Primaria completa	Silingan	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	5	Empírico	40
3	VIV3PE2	Jose Bustamante Idrogo	33	Primaria completa	Cochabamba	Cochabamba	Chota	Cajamarca	Peón	13	Empírico	45
3	VIV3PE3	robert Bustamante Idrogo	30	Primaria completa	Cochabamba	Cochabamba	Chota	Cajamarca	Peón	15	Empírico	45
8	VIV8OP1	David Uralia Saucedo	50	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	10	Empírico	60
8	VIV8PE2	Ilmer Urutia Saucedo	38	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	2	Empírico	40
8	VIV8PE3	Luis Edquen Rubio	44	Primaria completa	Colpamayo	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	15	Empírico	40
9	VIV9PE1	Juan Pérez Huamán	34	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	10	Empírico	42
9	VIV9PE2	Pedro Díaz Rojas	28	Primaria completa	Colpamatara	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	6	Empírico	38
9	VIV9PE3	Luis Chávez Sánchez	40	Secundaria incompleta	Colpahuacariz	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	15	Empírico	45
9	VIV9PE4	Mario Rojas Fernández	31	Secundaria completa	Campamento	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	8	Empírico	35
9	VIV9PE5	Carlos Gutiérrez Torres	26	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	4	Empírico	37
12	VIV12CA1	Isaias Medina Caruajulca	40	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	15	Empírico	60
12	VIV12PE1	Elmer Mires Vasquez	37	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	10	Empírico	40
12	VIV12PE2	Adelmo Chavez Requejo	41	Secundaria incompleta	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	10	Empírico	40
12	VIV12PE3	Ermitaño Chavez Requejo	45	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	12	Empírico	40
13	VIV13PE1	Rumaldo Vasquez Sanchez	42	Secundaria completa	Cochopampa	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	10	Empírico	40
13	VIV13PE2	Segundo Herrera Segura	48	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	12	Empírico	40
13	VIV13PE3	Eliceo Perez Rodrigo	36	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	6	Empírico	40

Anexo 4.2. Cuestionario para la mano de obra que participó en la excavación mecánica de cimentaciones.

N° de viv.	Código	Datos generales			Lugar de procedencia				Datos laborales			
		Nombres y apellidos	Edad (años)	Grado de instrucción	Comunidad	Distrito	Provincia	Región	Categoría de trabajo	Experiencia laboral (años)	Forma de aprendizaje del oficio que, desempeña	Remuneración media diaria que, percibe
4	VIV4OP1	Joaquin Ortiz Uriarte	37	Superior	Juliaca	Juliaca	San Roman	Puno	Capataz	10	Empírico	60
4	VIV4OP2	Franklin Diaz Irigoin	26	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	5	Empírico	60
4	VIV4PE1	Richard Bustamante Bravo	29	Primaria completa	Tacabamba	Tacabamba	Chota	Cajamarca	Peón	8	Empírico	40
5	VIV5OP1	Idelso Livaque Benavides	36	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	3	Empírico	100
5	VIV5OP2	Jose Eluterio Diaz Rodriguez	34	Secundaria incompleta	La Paccha	Paccha	Chota	Cajamarca	Operario	5	Empírico	100
5	VIV5PE2	Ramiro Irigoin Rojas	42	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	7	Empírico	50
6	VIV6OP1	Elvis Perez Sanchez	32	Secundaria incompleta	Caserio La Cubullina	La Ramada	Cutervo	Cajamarca	Operario	8	Empírico	80
6	VIV6OP2	Diomel Chavez Pasapera	35	Secundaria completa	La Succha	Lajas	Chota	Cajamarca	Operario	7	Empírico	80
6	VIV6PE1	Jaime Ramirez	40	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	8	Empírico	50
7	VIV7OP1	Jhonathan Guevara	35	Secundaria completa	BQ. Virgen Acunta	Chachapoyas	Chachapoyas	Amazonas	Operario	5	Empírico	90
7	VIV7OP2	Jose Juan Diaz Rodriguez	25	Secundaria completa	La Paccha	Paccha	Chota	Cajamarca	Operario	1	Empírico	70
7	VIV7PE1	Yober Vasquez Acuña	26	Superior	Hualgayoc	Hualgayoc	Hualgayoc	Cajamarca	Peón	2	Empírico	55
7	VIV7PE2	Jose Oliverio Diaz Barboza	52	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	20	Empírico	45
10	VIV10OP1	Segundo Manual Castillo LLamo	38	Secundaria completa	Cutervo	Cutervo	Cutervo	Cajamarca	Operario	8	Practico	90
10	VIV10OP2	Elser Tarrillo Medina	31	Secundaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	7	Practico	90
10	VIV10PE1	Ramiro Irigoin Rojas	42	Primaria completa	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	15	Empírico	50
11	VIV11OP1	Humberto Idrogo Fustamanate	23	Secundaria	San Juan del Suro	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	5	Empírico	66.67
11	VIV11OP2	Esneider Tarrillo	35	Secundaria	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	7	Empírico	60
11	VIV11PE1	Cristobal Leoncio Neyra De La Cruz	37	Secundaria	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Peón	15	Empírico	50
14	VIV2OP1	Miguel Sánchez	34	Técnico en maquinaria	Chota	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	10	Técnico	90
14	VIV2OP1VOL	Juan Pérez	29	Secundaria completa	Colpamatara	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	6	Empírico	80
14	VIV2OP2VOL	Luis Torres	32	Secundaria incompleta	Colpahuacariz	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	8	Empírico	80
14	VIV2OP3VOL	Pedro Díaz	27	Primaria completa	Campamento	Chota	Chota	Cajamarca	Operario	5	Empírico	80

Anexo 5. Cuestionario sobre las características de la maquinaria

N° de viv.	Tipo de maquinaria	Identificación y generales				Capacidad y desempeño							Condiciones de operación						Mantenimiento y confiabilidad			
		Marca y modelo	Año de fabricación	Antigüedad de la maquinaria (años de uso)	Horas acumuladas de operación	Capacidad de cucharon (latas) si 52 latas 1 m³	Capacidad de cucharon (m³)	Peso operativo (Ton)	Profundidad máxima de excavación (m)	Alcance máximo horizontal (m)	Altura máxima de descarga (m)	Capacidad del volquete (m³)	Tipo de combustible	Consumo promedio (L/h)	Estado de los sistemas hidráulicos (presión, fugas)	Estado del motor	Estado de orugas o llantas	Nivel de vibración y ruido generado	Frecuencia de mantenimiento preventivo	Última fecha de mantenimiento	Reparaciones recientes	Vida útil estimada restante
4	Retroexcavadora	CAT 420F	2019	6	4500	48	0.92	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Regular (nivel medio, presenta desgaste en uña del cucharón)	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
5	Retroexcavadora	CAT 420F	2018	7	10500	44	0.84	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Estado operativo	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente (con lubricación regular)	Reparación de cucharon	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
6	Retroexcavadora	CAT 420F	2020	5	7000	48	0.92	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Bueno	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
7	Retroexcavadora	CAT 420F	2018	7	9000	48	0.92	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Regular (nivel medio, presenta desgaste en uña del cucharón)	Bueno	Bueno	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
10	Retroexcavadora	CAT 420F	2017	8	9500	32	0.62	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Regular (nivel medio, presenta desgaste en uña del cucharón)	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente (con lubricación regular)	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
11	Retroexcavadora	CAT 420F	2017	8	9500	32	0.62	7.2-8.2 ton (según configuración)	4.3 - 5.8 m (con extensión)	6.5-7.0 m	2.7-2.9 m	15 m3	Diésel	10 - 13 L/h	Regular (nivel medio, presenta desgaste en uña del cucharón)	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Medio (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 250 h	Reciente (con libricación regular)	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)
14	Retroexcavadora	CAT 320	2022	3	8320	62.5	1.20	21-23 ton (según configuración)	6.5-6.7 m	9.5-10.0 m	7.0 m	15 m3	Diésel	13 - 17 L/h	Regular (nivel medio, presenta desgaste en uña del cucharón)	Bueno	Bueno (neumáticos en buen estado)	Bueno (dentro de rangos normales de operación para este modelo)	Cada 500 h	Reciente (con libricación regular)	Ninguna	10-15 años (dependiendo de uso y mantenimiento)

Anexo 6. Rendimiento en excavaciones

Anexo 6.1. Rendimiento en excavaciones manuales.

N° de Viv.	Fecha	Cuadrilla		Elemento	N° de elemento	Dimensiones de excavación (m)							Aporte unitario			
		OP	PE			Largo	Ancho	Altura	Volumen parcial (m3)		Volumen total (m3)	Horas de trabajo	Jornada laboral (horas)	OP	PE	Total (hh)
1	23/01/2025	1	2	Zapatas	3	2	1.5	0.80	7.20	7.20	6	8	0.833	1.667	2.500	3.20
			2	Zapatas	2	2.2	1.5	0.80	5.28	5.28	6	8	1.136	2.273	3.409	2.35
				viga de cimentación	1	8.85	0.5	0.60	2.66	2.66	6	8	2.260	4.520	6.780	1.18
1	24/01/2025	1	2	Zapatas	3	2	1.5	0.80	7.20	7.20	6	8	0.833	1.667	2.500	3.20
			1	Zapatas	1	1.3	3.95	0.80	4.11	4.11	6	8	1.461	1.461	2.921	2.74
1	25/01/2025	0	2	viga de cimentación	1	8.85	0.5	0.60	2.66	2.66	5	8	0.000	3.766	3.766	2.12
					1	7.15	0.4	0.60	1.72	1.72	4	8	0.000	4.662	4.662	1.72
02	24/03/2025	1	3	Zapatas	3	1.20	1.20	1.70	7.34	7.34	7	8	0.953	2.859	3.813	2.10
	25/03/2025	1	3	Zapatas	3	1.20	1.20	1.70	7.34	8.78	8	8	0.911	2.732	3.643	2.20
					1	1.20	1.20	1.00	1.44							
	26/03/2025	1	3	Zapatas	3	1.20	1.20	1.70	7.34	8.35	8	8	0.958	2.874	3.831	2.09
					1	1.20	1.20	0.70	1.01							
	27/03/2025	1	3	Zapatas	3	1.20	1.20	1.70	7.34	8.50	8	8	0.942	2.825	3.766	2.12
					1	1.20	1.20	0.80	1.15							
	28/03/2025	1	3	Zapatas	2	1.20	1.20	1.70	4.90	6.19	5	8	0.807	2.422	3.230	2.48
					1	1.20	1.20	0.90	1.30							
2	28/03/2025	1	3	Viga de cimentación	1	2.3	0.8	0.7	1.29	1.29	2	8	1.553	4.658	6.211	1.29
2	29/03/2025	1	3	Viga de cimentación	6	2.3	0.8	0.7	7.73	8.40	8	8	0.952	2.857	3.810	2.10
					1	1.2	0.8	0.7	0.67							
2	31/03/2025	1	3	Viga de cimentación	6	2.3	0.8	0.7	7.73	8.34	8	8	0.959	2.876	3.835	2.09
					1	1.1	0.8	0.7	0.62							
2	01/04/2025	1	3	Viga de cimentación	1	12.8	0.8	0.7	7.17	8.29	8	8	0.965	2.896	3.861	2.07
					1	2	0.8	0.7	1.12							
2	02/04/2025	1	3	Viga de cimentación	1	10.8	0.8	0.7	6.05	8.40	8	8	0.952	2.857	3.810	2.10
					1	4.2	0.8	0.7	2.35							
2	03/04/2025	1	3	Viga de cimentación	1	8.6	0.8	0.7	4.82	8.32	8	8	0.962	2.886	3.848	2.08
					1	6.25	0.8	0.7	3.50							
2	04/04/2025	1	3	Viga de cimentación	1	6.55	0.8	0.7	3.67	6.92	7	8	1.012	3.036	4.049	1.98
					1	5.8	0.8	0.7	3.25							
2	05/04/2025	1	3	Viga de cimentación	1	4.95	0.8	0.7	2.77	2.77	3	8	1.082	3.247	4.329	1.85
3	22/05/2025	1	3	Zapatas	3	1.2	1.2	1.80	7.78	9.07	7	8	0.772	2.315	3.086	2.59
					1	1.2	1.2	0.90	1.30							
	23/05/2025	1	3	Zapatas	1	1.2	1.2	0.90	1.30	9.94	8	8	0.805	2.415	3.221	2.48
					3	1.2	1.2	1.80	7.78							
					1	1.2	1.2	0.60	0.86							
	24/05/2025	1	3	Zapatas	1	1.2	1.2	1.20	1.73	7.97	7	8	0.878	2.635	3.513	2.28
				2	1.2	1.7	1.53	6.24								
8	27/08/2025	0	3	Zapatas	2	1.3	1.3	1.70	5.75	5.75	7	8	0.000	3.655	3.655	2.19
	28/08/2025	0	3	Zapatas	2	1.3	1.3	1.6	5.41	5.41	7	8	0.000	3.883	3.883	2.06
	29/08/2025	0	3	Zapatas	4	1.3	1.3	1.5	10.14	10.14	10	8	0.000	2.959	2.959	2.70

N° de Viv.	Fecha	Cuadrilla		Elemento	N° de elemento	Dimensiones de excavación (m)							Aporte unitario			
		OP	PE			Largo	Ancho	Altura	Volumen parcial (m3)	Volumen total (m3)	Horas de trabajo	Jornada laboral (horas)	OP	PE	Total (hh)	Rendimiento (m3/día)
8	01/09/2025	0	3	Viga de cimentación	4	3.4	0.7	1.2	11.42	11.42	8	8	0.000	2.101	2.101	3.81
	02/09/2025	0	3	Viga de cimentación	4	3.2	0.7	1.2	10.75	10.75	8	8	0.000	2.232	2.232	3.58
	03/09/2025	0	3	Viga de cimentación	2	3.3	0.7	1.2	5.54	5.54	5	8	0.000	2.706	2.706	2.96
9	01/09/2025	0	5	Cimiento	1	1.7	1.7	2.00	5.78	11.53	6	8	0.000	2.602	2.602	3.07
		0	5	Cimiento	1	2.3	1.25	2.00	5.75							
	02/09/2025	0	5	Cimiento	1	1.5	1.2	2.00	3.60	9.68	6	8	0.000	3.099	3.099	2.58
		0	5	Cimiento	1	2	2	1.52	6.08							
	03/09/2025	0	5	Cimiento	1	2.2	2.2	1.54	7.45	13.34	6	8	0.000	2.248	2.248	3.56
		0	5	Cimiento	1	2	1.9	1.55	5.89							
	04/09/2025	0	5	Cimiento	1	2	1.8	1.56	5.62	10.77	6	8	0.000	2.786	2.786	2.87
		0	5	Cimiento	1	1.8	1.8	1.59	5.15							
	05/09/2025	0	5	Cimiento	1	3.8	2	1.57	11.93	11.93	6	8	0.000	2.514	2.514	3.18
9	06/09/2025	0	5	Zapatas	2	1.5	1.5	1.50	6.75	13.86	9	8	0.000	3.247	3.247	2.46
		0	5	Zapatas	2	1.5	1.5	1.58	7.11							
	07/09/2025	0	5	Zapatas	3	2	1.2	1.51	10.87	10.87	8	8	0.000	3.679	3.679	2.17
	08/09/2025	0	5	Zapatas	3	2	1.7	1.53	15.61	15.61	8	8	0.000	2.563	2.563	3.12
12	19/05/2025	1	3	Zapatas	3	1	1	2.00	6.00	9.20	8	8	0.870	2.609	3.478	2.30
					2	1	1	1.60	3.20							
	20/05/2025	1	3	Zapatas	3	1	1	1.60	4.80	4.80	4	8	0.833	2.500	3.333	2.40
12	20/05/2025	1	3	Muro	2	2.9	0.6	1.60	5.57	5.57	5	8	0.898	2.694	3.592	2.23
13	21/09/2025	0	2	Cimiento	1	2.96	0.4	1.60	1.89	1.89	3	8	0.000	3.167	3.167	2.53
	22/09/2025	0	3	Cimiento	1	3.3	0.8	1.60	4.22	4.22	3	8	0.000	2.131	2.131	3.75
	23/09/2025		3	Cimiento	1	3.3	0.8	1.60	4.22	4.22	4	8	0.000	2.841	2.841	2.82
	08/10/2025	0	3	Cimiento	1	3.3	0.8	1.60	4.22	4.22	4	8	0.000	2.841	2.841	2.82
	09/10/2025	0	3	Cimiento	1	3.3	0.8	1.60	4.22	4.22	4	8	0.000	2.841	2.841	2.82
	10/10/2025	0	3	Cimiento	1	2.8	0.6	1.60	2.69	2.69	2	8	0.000	2.232	2.232	3.58
13	21/09/2025	0	3	Zapatas	1	1.80	1.15	1.60	3.31	3.31	7	8	0.000	6.341	6.341	1.26
	22/09/2025	0	3	Zapatas	1	1.80	2.20	1.60	6.34	6.34	9	8	0.000	4.261	4.261	1.88
	23/09/2025	0	3	Zapatas	1	1.80	1.70	1.60	4.90	4.90	9	8	0.000	5.515	5.515	1.45
	24/09/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	3.00	1.60	9.60	9.60	9	8	0.000	2.813	2.813	2.84
	25/09/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	1.70	1.60	5.44	5.44	9	8	0.000	4.963	4.963	1.61
	26/09/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	3.00	1.60	9.60	9.60	9	8	0.000	2.813	2.813	2.84
	01/10/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	1.70	1.60	5.44	5.44	9	8	0.000	4.963	4.963	1.61
	02/10/2025	0	2	Zapatas	1	2.00	3.00	1.60	9.60	9.60	10	8	0.000	2.083	2.083	3.84
	03/10/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	1.70	1.60	5.44	5.44	9	8	0.000	4.963	4.963	1.61
	06/10/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	3.00	1.60	9.60	9.60	9	8	0.000	2.813	2.813	2.84
	07/10/2025	0	3	Zapatas	1	2.00	1.70	1.60	5.44	5.44	9	8	0.000	4.963	4.963	1.61
	08/10/2025	0	3	Zapatas	1	1.20	1.60	1.60	3.07	3.07	7	8	0.000	6.836	6.836	1.17
	09/10/2025	0	3	Zapatas	1	1.20	2.00	1.60	3.84	3.84	9	8	0.000	7.031	7.031	1.14
	10/10/2025	0	3	Zapatas	1	1.20	1.60	1.60	3.07	3.07	7	8	0.000	6.836	6.836	1.17

Anexo 6.2. Rendimiento en acarreo manual de material.

N° de Viv.	Fecha	Cuadrilla		Elemento	N° de elemento	Volumen parcial (m3)	Factor de esponjamiento	Volumen excavado (m3)	Volumen para relleno (m3)	Volumen a eliminar (m3)	Volumen total (m3)	Horas de trabajo	Jornada laboral (horas)	Aporte unitario			Rendimiento (m3/día)
		OP	PE											OP	PE	Total (hh)	
1	25/01/2025	1	2	Zapatas	3	7.20	1.4	10.08	4.20	5.88	9.01	4	8	0.444	0.887	1.331	6.01
	2		Zapatas	2	5.28	1.4	7.39	4.62	2.77								
	1	2	Zapatas	3	7.20	1.4	10.08	4.20	5.88								
		1	Zapatas	1	4.11	1.4	5.75	7.19	-1.44								
	1	2	viga de cimentación	1	2.66	1.4	3.72	6.20	-2.48								
				1	1.72	1.4	2.40	4.00	-1.60								
02	05/04/2025	0	3	Zapatas	12	2.45	1.15	2.82	1.90	0.91	10.97	5	8	0.000	1.367	1.367	5.85
	06/04/2025	0	3	Zapatas	4	2.45	1.15	2.82	1.90	0.91	3.66	2	8	0.000	1.641	1.641	4.88
	06/04/2025	0	3	Cimiento	13	1.29	1.15	1.48	0.52	0.97	12.55	6	8	0.000	1.434	1.434	5.58
	07/04/2025	0	3	Cimiento	1	1.29	1.15	1.48	0.52	0.97	17.08	8	8	0.000	1.405	1.405	5.69
					3	7.17	1.15	8.24	2.87	5.37							
	08/04/2025	0	3	Cimiento	1	7.17	1.15	8.24	2.87	5.37	9.89	5	8	0.000	1.517	1.517	5.27
					1	3.25	1.15	3.74	1.30	2.43							
					1	2.77	1.15	3.19	1.11	2.08							
3	26/05/2025	0	3	Zapatas	10	2.59	1.25	3.24	2.24	1.00	10.02	5	8	0.000	1.498	1.498	5.34
8	04/09/2025	0	3	Zapatas	2	5.75	1.15	6.61	1.94	4.66	16.71	8	8	0.000	1.436	1.436	5.57
		0	3	Zapatas	2	5.41	1.15	6.22	1.94	4.28							
		0	3	Zapatas	4	10.14	1.15	11.66	3.89	7.77							
	05/09/2025	0	3	Cimiento	4	5.75	1.15	6.61	3.28	3.32	16.52	8	8	0.000	1.453	1.453	5.51
		0	3	Cimiento	4	5.41	1.15	6.22	3.09	3.13							
		0	3	Cimiento	2	10.14	1.15	11.66	1.59	10.07							
9	08/09/2025	0	5	Cimiento	1	5.78	1.25	7.23	3.61	3.61	28.26	8	8	0.000	1.415	1.415	5.65
		0	5	Cimiento	1	5.75	1.25	7.19	3.59	3.59							
		0	5	Cimiento	1	3.60	1.25	4.50	2.25	2.25							
		0	5	Cimiento	1	6.08	1.25	7.60	5.00	2.60							
		0	5	Cimiento	1	7.45	1.25	9.32	6.05	3.27							
		0	5	Cimiento	1	5.89	1.25	7.36	4.75	2.61							
		0	5	Cimiento	1	5.62	1.25	7.02	4.50	2.52							
		0	5	Cimiento	1	5.15	1.25	6.44	4.05	2.39							
		0	5	Cimiento	1	11.93	1.25	14.92	9.50	5.42							
	09/09/2025	0	5	Zapatas	2	6.75	1.25	8.44	2.81	5.63	37.55	9	8	0.000	1.198	1.198	6.68
		0	5	Zapatas	2	7.11	1.25	8.89	2.81	6.08							
		0	5	Zapatas	3	10.87	1.25	13.59	3.00	10.59							
	0	5	Zapatas	3	15.61	1.25	19.51	4.25	15.26								
12	21/05/2025	0	3	Zapatas	3	2.00	1.25	2.50	1.64	0.86	13.76	7	8	0.000	1.526	1.526	5.24
					3	1.60	1.25	2.00	1.17	0.83							
				cimiento	2	3.48	1.25	4.35	0.00	4.35							
13	11/10/2025	0	3	Cimiento	1	1.89	1.15	2.18	1.36	0.82	12.02	5	8	0.000	1.248	1.248	6.41
		0	3	Cimiento	1	4.22	1.15	4.86	3.04	1.82							
		0	3	Cimiento	1	4.22	1.15	4.86	3.04	1.82							
		0	3	Cimiento	1	4.22	1.15	4.86	3.04	1.82							
		0	3	Cimiento	1	4.22	1.15	4.86	3.04	1.82							
		0	3	Cimiento	1	2.69	1.15	3.09	1.93	1.16							
		0	3	Zapatas	1	3.31	1.15	3.81	2.38	1.43							
		0	3	Zapatas	1	3.07	1.15	3.53	2.21	1.32							
	13/10/2025	0	3	Zapatas	1	6.34	1.15	7.29	4.55	2.73	16.66	7.5	8	0.000	1.351	1.351	5.92
		0	3	Zapatas	1	4.90	1.15	5.63	3.52	2.11							
		0	3	Zapatas	1	5.44	1.15	6.26	3.91	2.35							
		0	3	Zapatas	1	5.44	1.15	6.26	3.91	2.35							
		0	3	Zapatas	1	3.07	1.15	3.53	2.21	1.32							
		0	3	Zapatas	1	9.60	1.15	11.04	6.90	4.14							
		0	3	Zapatas	1	3.84	1.15	4.42	2.76	1.66							
	14/10/2025	0	3	Zapatas	1	9.60	1.15	11.04	6.90	4.14	17.11	7.5	8	0.000	1.315	1.315	6.08
		0	3	Zapatas	1	9.60	1.15	11.04	6.90	4.14							
		0	3	Zapatas	1	5.44	1.15	6.26	3.91	2.35							
	0	3	Zapatas	1	9.60	1.15	11.04	6.90	4.14								
	0	3	Zapatas	1	5.44	1.15	6.26	3.91	2.35								

Anexo 6.3. Rendimiento en excavaciones mecánicas.

[illegible]

N° de Viv.	Fecha		Tiempo de una fase o ciclo de trabajo						Factores para el cálculo del rendimiento planificado (RE)					Cuadrilla		Dimensiones de cimentación (m)								Aporte unitario			
		N° de ciclo	Llenado del lampón	Giro con material	Llevante con material	Descarga	Giro sin material	Tiempo de ciclo (seg)	Capacidad del cucharon (CEC)	Tiempo que dura el trabajo en horas (TTC)	Factor de corrección final (FCF)	Factor de corte y ángulo de giro (Fca)	Rendimiento planificado (RE) en m3/h	OP	PE	Largo	Ancho	Altura	Volumen parcial (m3)	Factor de esponjamiento	Volumen total (m3)	Horas de trabajo	Jornada laboral (horas)	OP	PE	Total (hh)	Rendimiento real (m3/día)
																2.20	1.65	1.70	6.17								
																2.20	0.50	1.70	1.87								
																2.20	1.30	1.70	4.86								
																2.20	0.50	1.70	1.87								
																2.20	1.30	1.70	4.86								
																0.40	0.50	1.70	0.34								
																1.50	1.30	1.70	3.32								
10	09/09/2025	4	3	4	2	3	4	16	0.60	0.0044	0.801	1	108.12	1	0.5	4.5	1.2	1.6	8.64	1.25	77.22	5	8	0.065	0.032	0.097	123.55
																4.2	1.2	2	10.08								
																4.3	1.2	1.6	8.256								
																4.6	1.2	2	11.04								
																9.9	1.2	2	23.76								
10	12/09/2025	4	3	4	2	3	4	16	0.60	0.0044	0.801	1	108.12	1	1	4.5	1.2	1.6	8.64	1.25	106.92	6	8	0.056	0.056	0.112	142.56
																4.2	1.2	2	10.08								
																4.3	1.2	1.6	8.26								
																4.6	1.2	2	11.04								
																9.9	1.2	2	23.76								
																9.9	1.2	2	23.76								
11	14/09/2025	4	3	4	2	3	4	16	0.60	0.0044	0.801	1	108.12	1	0.25	4.5	1.2	1.6	8.64	1.25	77.22	6.4	8	0.083	0.021	0.104	96.53
																4.2	1.2	2	10.08								
																4.3	1.2	1.6	8.256								
																4.6	1.2	2	11.04								
																9.9	1.2	2	23.76								
11	15/09/2025	4	3	4	2	3	4	16	0.60	0.0044	0.801	1	108.12	1	0.25	4.5	1.2	1.6	8.64	1.25	106.92	8.3	8	0.078	0.019	0.097	103.06
																4.2	1.2	2	10.08								
																4.3	1.2	1.6	8.26								
																4.6	1.2	2	11.04								
																9.9	1.2	2	23.76								
																9.9	1.2	2	23.76								
14	22/09/2025	4	3	4	2	3	3	15	1.20	0.0042	0.801	0.99	228.35	1	0				240.34	1.15	276.39	10	8	0.036	0.000	0.036	221.11
14	23/09/2025	4	3	4	2	3	3	15	1.20	0.0042	0.801	0.99	228.35	1	0				160.22	1.15	184.26	6.5	8	0.035	0.000	0.035	226.78

Anexo 7. Validación de instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Mcs. Ing. Jesús Aler Nizzet Rafael Tiglia, con DNI 71896960, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP N° 331550. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los instrumentos de la tesis “Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica de cimientos, en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024”.

Anexo 1. Formato de datos de las viviendas

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 2. Formato de datos de la cimentación

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 3. Formato de registro del cuestionario a la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

JESÚS ALER NIZZET RAFAEL TIGLIA
Ingeniero Civil
Reg. CIP N° 331550

Mcs. Ing. Jesús Aler Nizzet Rafael Tiglia
CIP N° 331550

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Anexo 4. Formato de registro de las características de la maquinaria utilizada

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 5. Formato de registro del rendimiento de la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 6. Formato de registro del rendimiento de la maquinaria

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

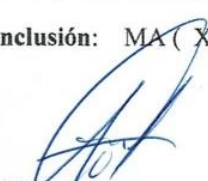
Anexo 7. Carta balance para análisis de productividad

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()


JESÚS ALER NIZZET RAFAEL TIGLIA
 Ingeniero Civil
 Reg CIP N° 331550

Chota, 10 de enero del 2025

Mcs. Ing. Jesús Aler Nizzet Rafael Tiglia
 CIP N° 331550

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Elmer, con DNI 45607595, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP N° 243369. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los instrumentos de la tesis “Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica de cimientos, en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024”.

Anexo 1. Formato de datos de las viviendas

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 2. Formato de datos de la cimentación

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 3. Formato de registro del cuestionario a la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()


Elmer Sánchez Cieza
INGENIERO CIVIL
CIP 243369

Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Elmer
CIP N° 243369

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Anexo 4. Formato de registro de las características de la maquinaria utilizada

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 5. Formato de registro del rendimiento de la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 6. Formato de registro del rendimiento de la maquinaria

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 7. Carta balance para análisis de productividad

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Chota, 10 de enero del 2025



 Elmer Sánchez Cieza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 243369

Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Elmer
CIP N° 243369

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Eduard Herli, con DNI 47844029, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP N° 242041. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los instrumentos de la tesis “Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica de cimientos, en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024”.

Anexo 1. Formato de datos de las viviendas

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 2. Formato de datos de la cimentación

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Anexo 3. Formato de registro del cuestionario a la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A= Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()


Ing. Eduard H. Sánchez Cieza.
INGENIERO CIVIL
CIP. 242041

Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Eduard Herli
CIP N° 242041

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Anexo 4. Formato de registro de las características de la maquinaria utilizada

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 5. Formato de registro del rendimiento de la mano de obra

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 6. Formato de registro del rendimiento de la maquinaria

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.		x			
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	10				

Conclusión: MA () BA (X) A () No aporta: ()

Anexo 7. Carta balance para análisis de productividad

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()


 Ing. Eduard H. Sánchez Cieza
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 242041

Chota, 10 de enero del 2025

Mcs. Ing. Sánchez Cieza, Eduard Herli
 CIP N° 242041

Anexo 8. Resultado de las características de las viviendas, la cimentación, los trabajadores, la maquinaria, el rendimiento y la productividad en la excavación manual y con maquinaria

El presente anexo compila de manera sistemática la totalidad de los datos primarios recolectados en campo durante la investigación “Productividad y rendimiento en la excavación manual y mecánica, de cimientos en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota, 2024”, correspondientes a las 14 viviendas seleccionadas para el estudio. Los registros se encuentran organizados por vivienda e incluyen: formato de características generales de la vivienda, cuestionario aplicado a la mano de obra, ficha de características técnicas y geométricas de la cimentación, formato de cálculo del rendimiento de la mano de obra por partida y carta balance. La versión electrónica completa con los resultados desagregados por vivienda, se encuentra disponible en la carpeta virtual de Google Drive, accesible mediante el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1GNpiCzPRxokX_hilJtuze5HO5GW1CwJK?usp=sharing

Asimismo, el contenido del anexo puede ser consultado a través del código QR adjunto, facilitando el acceso digital a la información de respaldo del estudio.



Anexo 9. Análisis de confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos

(cuestionarios)

Debido a que los cuestionarios contenían variables nominales, datos descriptivos y algunos campos constantes, el coeficiente se calculó únicamente con ítems comparables y con variabilidad interna, evitando incorporar preguntas que no miden una misma dimensión o que no aportan varianza al análisis.

Tabla 63

Alfa de Cronbach determinado para los cuestionarios

Instrumento	n	k	Ítems utilizados	Alfa de Cronbach	Interpretación
Cuestionario de mano de obra	51	2	Edad y experiencia laboral	0.763	Confiabilidad aceptable
Cuestionario de maquinaria	7	3	Año de fabricación, capacidad de cucharón y nivel de vibración/ruido recodificados a escala 1-5	0.931	Confiabilidad alta

Nota. No fue pertinente calcular alfa de Cronbach con todos los campos del cuestionario, porque varios fueron nominales o descriptivos, como dirección, procedencia, tipo de maquinaria, modelo, tipo de combustible, estado del motor y reparaciones recientes. Estos campos fueron útiles para caracterizar las unidades de estudio, pero no constituyeron una escala psicométrica homogénea.

El cuestionario de mano de obra alcanzó un alfa de Cronbach de 0.763, calculado con 51 registros válidos y dos ítems cuantitativos homogéneos: edad y experiencia laboral. Este valor superó el umbral mínimo de 0.70, por lo que se consideró que el instrumento presentó confiabilidad aceptable para la caracterización de la mano de obra.

El cuestionario de maquinaria alcanzó un alfa de Cronbach de 0.931, calculado con siete registros válidos y tres ítems de desempeño mecánico recodificados a escala común de 1 a 5: año de fabricación, capacidad del cucharón y nivel de vibración/ruido. El valor obtenido fue superior a 0.70, por lo que se consideró que el instrumento presentó confiabilidad alta para la caracterización técnica-operativa de la maquinaria.