

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas



**“RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES EMPLEADOS EN EL
SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS MONTÍCULOS
ARTIFICIALES DE LA HACIENDA SAN JOSÉ, CANTÓN SAN
MIGUEL DE URCUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA, ECUADOR”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

MAGISTER EN ARQUEOLOGÍA DEL NEOTRÓPICO

Presentado por:

OLGA DEL PILAR WOOLFSON TOUMA

Guayaquil – Ecuador

2018

AGRADECIMIENTO

Al Ser Supremo, por regalarme tanto, todos los días de mi vida

A Pilar y Angie Morla, por casi obligarme a realizar un
antiguo sueño

A Jorge Marcos, por su gigantesco aporte a la arqueología
del país y por su calidez

A Gustavo Politis, María Fernanda Ugalde y todos los
catedráticos de la Maestría, por las enseñanzas impartidas con
paciencia y sapiencia

A Francisco Valdez y Alexandra Yépez, por su apoyo
durante la realización de los estudios

A todos los compañeros de la maestría, en particular a
Francia Sadún, por su generosa amistad

A Yuri Svoisky y Ekaterina Romanenko, por confiar en mí
y compartir sus importantes experiencias

A mi prima Patricia Woolfson Cobos y a su marido, Carlos
Berrezueta, por su cálida hospitalidad en Guayaquil

A Patrick de Sutter y Roberto Andrade por compartir sus
conocimientos, imprescindibles para realizar este trabajo

Y especialmente, a María Soledad Solórzano, quien no se
cansó de incentivar e impulsarme para culminar este proceso

OLGA DEL PILAR WOOLFSON TOUMA

DEDICATORIA

A mí querida familia:

A mi padre, José Woolfson Savinovich, quien nunca dejó una inquietud infantil sin contestar e inculcó en mí su amor por la arqueología y la arquitectura

A mi madre, Olga María Angélica Touma Salti, por su amor incondicional, su apoyo de toda la vida y el hermoso ambiente familiar que creo y permitió que sus hijos nos desarrolláramos como seres íntegros

A mis hermanos y sus familias, por ser como son, por su solidaridad y comprensión de siempre

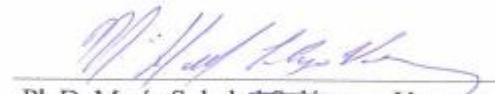
A los maestros ‘paraderos’ de Imbabura, herederos de una tradición milenaria.

OLGA DEL PILAR WOOLFSON TOUMA

COMITÉ DE EVALUACIÓN



Ph.D. Jorge Marcos Pino
Presidente del Tribunal



Ph.D. María Soledad Solórzano-Venegas
Tutora del Proyecto



Mgs. Ángel Renato Constantine Castro
Evaluador 1



Ph.D. Omar Olivo del Olmo
Evaluador 2

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, corresponde exclusivamente a la autora, y al patrimonio intelectual de la misma **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**”

OLGA DEL PILAR WOOLFSON TOUMA

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
COMITÉ DE EVALUACIÓN	iii
DECLARACIÓN EXPRESA	iv
ÍNDICE GENERAL	v
RESUMEN	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ABREVIATURAS	xii
1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ZONA DE ESTUDIO	11
1.1.1 Prospecciones arqueológicas y geofísicas –contemporáneas- en la Hacienda San José	2
1.1.2 Técnicas constructivas vernáculas que persisten en Imbabura	6
1.1.2.1 Técnicas constructivas vernáculas	6
1.1.2.1.1 Tierra apisonada o tapial	7
1.1.2.1.2 Tierra con entramado	8
1.1.2.1.3 Albañilería (o mampostería)	9
1.1.2.1.3.1 Adobe (mudbrick)	9
1.1.2.1.3.2 Pared de chamba	12
1.1.2.1.3.3 Bloque de cangahua	12
1.1.2.1.3.4 Pared de mano	14
1.1.3 Suelos de la región	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 HIPÓTESIS	20
1.4.1 Variables	20
1.5 OBJETIVOS	21
1.5.1 General	21
1.5.2 Específicos	21
2 CAPÍTULO II: ENCUADRE TEÓRICO Y METODOLOGÍA	22

2.1 EL PAISAJE ARQUEOLÓGICO Y LA ETNOARQUEOLOGÍA	24
2.1.1 Del paisaje cultural a la arqueología del paisaje.....	24
2.1.2 El registro arqueológico y la etnoarqueología	26
2.2 METODOLOGÍA - SISTEMAS CPM – PERT-	27
2.2.1 Metodología general: Aplicación de CPM-PERT en la arqueología. Uso de la Etnoarqueología.....	27
2.2.1.1 La programación de obras y el método CPM – PERT	28
2.2.2. Analogías de los sistemas constructivos tradicionales persistentes.....	29
3 CAPÍTULO III: SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS MONTÍCULOS ARTIFICIALES DE LA HACIENDA SAN JOSÉ.....	32
3.1 MONTÍCULOS ARTIFICIALES EN LA PROVINCIA DE IMBABURA.....	34
3.2 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS MONTÍCULOS CIRCULARES	35
3.2.1 Excavación manual.....	36
3.2.2 Prospección eléctrica	41
3.2.3 Sistema constructivo de los montículos artificiales de la antigua Hacienda San José	44
3.2.3.1 Planificación	44
3.2.3.2 Preparación del terreno y los mampuestos	45
3.2.3.3 Ubicación de los mampuestos	47
4 CAPÍTULO IV: MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM) Y TÉCNICAS DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS (PERT)	50
4.1 PROGRAMACIÓN DE OBRAS Y EL MÉTODO CPM - PERT. EJEMPLOS DE RENDIMIENTOS EN ACTIVIDADES REALIZADAS EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES PERSISTENTES	50
4.1.1 Secuencia de las actividades para realizar la programación de obras	51
4.1.2 Rubros empleados en los procesos	51
4.1.3 Rendimientos en actividades actuales (rubros)	54
4.1.4 Tiempo requerido para obtener un volumen determinado de obra.....	56
4.1.5 CPM PERT aplicado al ejemplo hipotético de construcción de un muro de adobes para optimizar la duración de la ejecución	57
4.2 APLICACIÓN INVERSA DE CPM – PERT PARA EL ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS ANTIGUAS: CÁLCULO DE TIEMPO Y NÚMERO DE PERSONAS EMPLEADAS	63
4.2.1 Secuencia y rendimientos con la identificación de tiempos empleados para elaboración de Bloques de cangahua y Pared de mano.....	63
4.2.2 Secuencia y rendimientos hipotéticos, por actividad, para los montículos de Urcuquí	65
4.2.3 Cálculo de los volúmenes de obra, tiempos y personal, máximos y mínimos, empleados para obtener el montículo 3 del conjunto 1 de Urcuquí	70

4.2.4 CPM PERT aplicado al montículo 3 del conjunto 1 de Urcuquí en tiempo óptimo de duración del proyecto	72
4.2.4.1 Explicación del escenario 4 aplicado al montículo 3 del conjunto 1 de Urcuquí...	76
4.3 RESULTADOS	81
5 CAPITULO V: INTERPRETACIONES Y CONCLUSIONES	82
5.1 SÍNTESIS Y VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA	82
5.2 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO.....	86
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
APÉNDICE A.....	95
ANEXO A	97

RESUMEN

Desde finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, la aplicación de técnicas multidisciplinarias se ha vuelto cada vez más recurrente para entender contextos y objetos arqueológicos. En el presente estudio se presentan los resultados del uso de herramientas geofísicas y etnográficas para reconstruir los pasos y tiempos destinados a la construcción de los montículos circulares de la ex Hacienda San José, San Miguel de Urququi, Provincia de Imbabura. Se partió de la información recuperada de la limpieza y excavación del perfil expuesto de un montículo circular y la tomografía eléctrica de subsuelo de otros dos, con los que en un principio se diagramó el Sistema Constructivo de estas estructuras. Para poder entender los procesos y tiempos destinados a cada actividad se empleó información proveniente de fuentes bibliográficas, audiovisuales, comunicación personal y experiencia propia de quien suscribe la presente tesis, relacionada con técnicas constructivas vernáculas aún presentes en la zona de estudio y área periférica. Con estos datos, utilizando la programación de obras con el sistema de ruta crítica, CPM-PERT, se estimó el tiempo y la cantidad de recurso humano empleado. Los resultados permitieron ratificar, una vez más, la gran riqueza cultural que ostenta el área, la complejidad social de quienes elaboraron los montículos, la especialización de trabajo, demostrando que, para la implantación de cada una de las estructuras, existió una planificación y conocimiento de las propiedades de los materiales del ecosistema en el que se desarrollaron. Con la presente investigación se busca fortalecer y aportar a la revalorización de los conocimientos arquitectónicos de origen prehispánico presentes no solo en esta región, sino también en todo el territorio que conforma lo que hoy en día se conoce como Ecuador.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Ubicación de los montículos.	2
Ilustración 1.2: Diagrama del perfil trabajado con técnicas invasivas.....	4
Ilustración 1.3: Diagrama de resistividad de montículos del Conjunto 3.....	5
Ilustración 1.4: Infografía de encofrado para tapial.....	8
Ilustración 1.5: Fotografía de tapial barrio El Rosario de la antigua Hacienda San José del Cantón Urcuquí, (hoy Campus Yachay) tomada en el año 2013.....	8
Ilustración 1.6: Fotografías de construcción en bahareque, en el Barrio El Rosario de la antigua Hacienda San José del cantón Urcuquí (hoy Campus Yachay).....	9
Ilustración 1.7: Pasos para elaborar adobes.	10
Ilustración 1.8: Infografía de elaboración de adobes y apisonado de barro en moldes.....	10
Ilustración 1.9: Elaboración de pared de adobes para Estación Científica de la Reserva de la Biósfera, Laguna de Pozuelos, MAB UNESCO, altiplano de Jujuy, Argentina.....	11
Ilustración 1.10: Construcción de adobes. Foto tomada en el sector Las Marías, en el año 2018, antigua hacienda San José	12
Ilustración 1.11: Posible fuente de bloques de cangahua, junto antiguo Ingenio San José tomada en el año 2014.	13
Ilustración 1.12: Muros y edificio de bloque de cangahua, ex hacienda e ingenio San José - Campus Yachay tomadas en los años 2013 y 2014.....	14
Ilustración 1.13: Cabo o mango.	15
Ilustración 1.14: Esquema de conformación de la pared de mano.....	16
Ilustración 1.15 Pared de mano en el Barrio El Rosario de la antigua Hacienda San José del cantón Urcuquí (hoy Campus de Yachay).....	17
Ilustración 1.16: Detalle de pared de mano, en el Barrio El Rosario, (hoy Campus de Yachay).....	17
Ilustración 2.1: Escalas del relieve. Dena F. Dincauze (2000) pág. 199.....	23
Ilustración 2.2: Factores del proceso de delimitación del paisaje cultural.....	25
Ilustración 2.3: Ejemplo de Diagrama PERT	29
Ilustración 3.1: “País Caranqui indicando sitios con tolas principales y la división del territorio en dos mitades con la sub-región Caranqui al norte y la sub-región Cayambe al sur”.....	33
Ilustración 3.2: Definición inicial de los bloques cenizos, con tonalidades marrón y blanca	36
Ilustración 3.3: Trinchera Noreste base de la estructura, bloques dibujados hasta llegar a la cangahua en el extremo de la estructura	37
Ilustración 3.4: Detalle de área entre bloques, luego del retiro de argamasa.....	38
Ilustración 3.5: Área de saqueo en montículo excavado, con evidencia de bloques.....	39
Ilustración 3.6: Comparación de los resultados del perfil 1 y 2.....	43
Ilustración 3.7: Diagrama del sistema constructivo de los montículos artificiales de Urcuquí.....	49
Ilustración 4.1: Diagrama de Gantt, actividades con precedencias y las posibilidades de simultaneidad indicadas, ejemplo muro de adobes	60
Ilustración 4.2: Diagrama de red y ruta crítica (en rojo) de actividades: secuencias, precedencias y simultaneidades en el ejemplo de elaboración actual de una pared de adobes.....	62

Ilustración 4.3.a (Escenario 2): Diagrama de Gantt, actividades secuenciales con incremento del número de personas.....	74
Ilustración 4.3.b (Escenario 3): Diagrama de Gantt, actividades simultáneas con incremento del número de personas. Actividades paralelas para bloques de cangahua.....	74
Ilustración No. 4.3.c (Escenario 4): Diagrama de Gantt, CPM-PERT, múltiples actividades simultáneas con incremento del número de personas.....	75
Ilustración 4.4: Diagramas de red y ruta crítica de actividades (Escenario 4): secuencias, precedencias y simultaneidades, aplicada a la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí.....	77
Ilustración 4.5: Diagrama de empleo de recursos humanos. En rojo los momentos de mayor número de obreros trabajando en la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí.....	78
Ilustración No. 4.6 (Escenario 4): Curvas de empleo de recursos humanos trabajando en la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí: A) Participación del recurso humano en el tiempo y B) Sumatoria de personas o de horas/hombre en el tiempo.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Proyección de rubros o actividades de arquitectura tradicional y su unidad de medida a ser utilizados en los montículos artificiales de la Hacienda San José.	52
Tabla 4.2: Descripción de actividades y rendimientos en la elaboración de un muro de adobes con tecnología tradicional	56
Tabla 4.3.a: Duración de la construcción de un (ejemplo) muro de adobes de 100 m de largo por 2.50 de alto y por 0.50 m. de ancho. Cimentación de 0.50 m de profundidad por 0.25 m. de ancho	57
Tabla 4.3.b: Duración de la construcción de un (ejemplo) muro de adobes de 100 m de largo por 2.50 de alto y por 0.50 m. de ancho. Incremento del número de personas.....	58
Tabla 4.4: Descripción de actividades y rendimientos en la elaboración de un Muro de bloques de cangahua con tecnología tradicional.....	66
Tabla 4.5: Descripción de actividades y rendimientos en la elaboración de un muro con tecnología tradicional de pared de mano.....	66
Tabla 4.6: Actividades comprometidas en la realización de los montículos de Urcuquí y sus rendimientos estimados por día, según referencias etnográficas y ponderaciones de rubros actuales.....	68
Tabla 4.7 (Escenario 2): Optimización de las actividades para la realización de los montículos de Urcuquí con incremento en las cuadrillas de trabajo para elevar los rendimientos estimados por día y bajar la duración de cada actividad.....	71
Tabla No. 4.8 (Escenario 4): Cálculo del número de horas totales empleadas por actividad, con cuadrillas optimizadas y empleo de simultaneidades para la construcción de los montículos de Urcuquí	79
Tabla No. A.1 Actividades comprometidas en la realización de los montículos de Urcuquí, con rendimientos estimados por día con cuadrillas de 3 personas, según referencias étnicas y ponderaciones de rubros actuales y la duración final por actividad	95
Tabla No. A.2 Tabla de fórmulas.....	96

ABREVIATURAS

ACTVD.	Actividad
a	Ancho
CANT.	Cantidad
CPM	Critical Path Method (Método de la ruta crítica)
Fig.	Figura
h	Altura
l	Largo
m ² /día	Metros cuadrados por día
m ³ /día	Metros cúbicos por día
ohm - m	Ohmio-metro
PERT	Program Evaluation and Review Technique (Técnica de Evaluación y Control de Programa)
r1	Radio mayor
r2	Radio menor
REND.	Rendimiento.
RENDMTO.	Rendimiento
REQRD.	Requeridos
Sp	No se ha determinado la especie
TIC	Tiempo de inicio
TTC	Tiempo de terminación
TTL	Tiempo de terminación más lejano
U/día	Unidades por día
U.	Unidad.
UN.	Unidad.
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
v	Volumen
Vid.	Cita ya referenciada
π	Pi = 3.141628 (número)

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ZONA DE ESTUDIO

La provincia de Imbabura se localiza en la parte norte del Ecuador, su territorio es quebrado, comprende la mayor parte de la zona interandina de Ibarra y de las cordilleras que la ciñen; con la presencia de muchos valles pequeños y otros grandes, fértiles y calurosos (Espinosa Soriano, 1988). Se divide en seis cantones Ibarra, Otavalo, Antonio Ante, Pimampiro, Urcuquí y Cotacachi, en los que se desarrollan actividades agrícolas y turísticas (Manrique y Rosero, 2011).

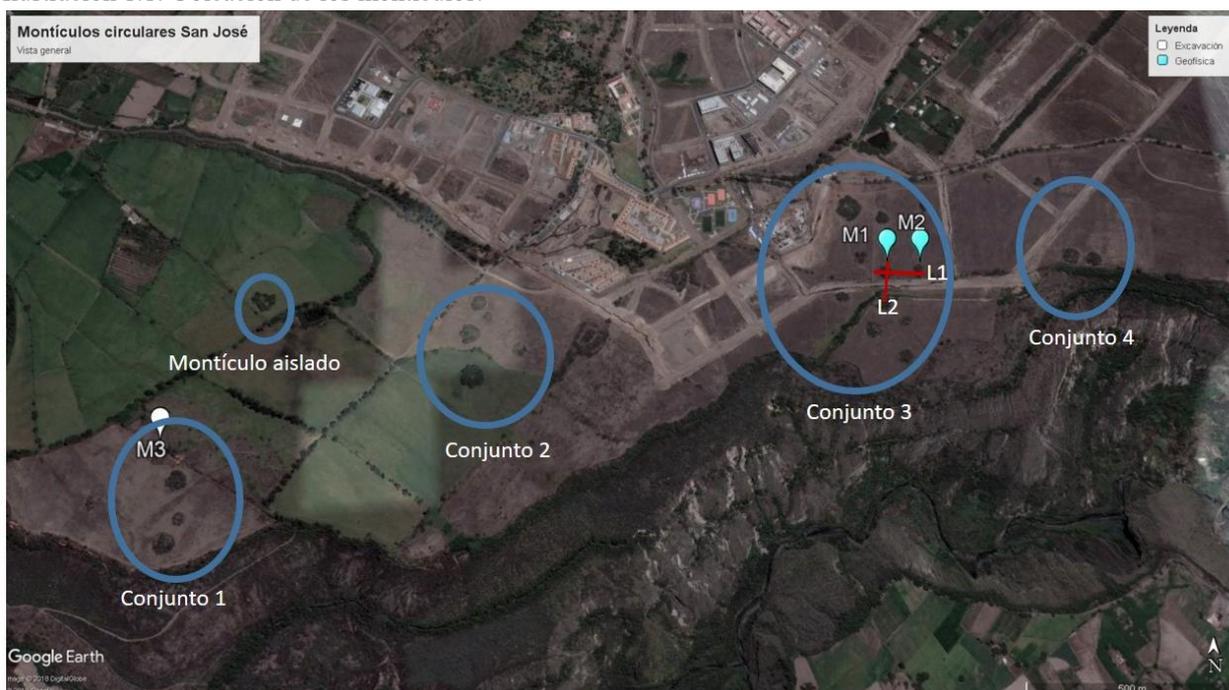
La geomorfología de Urcuquí se caracteriza por la presencia de relieves de tipo denudativo y deposicional generados por los procesos de erosión de las partes altas y que son transportados por los afluentes, además existen formas de tipo tectónico erosivo caracterizados por relieves colinados que fluctúan entre muy bajos a muy altos (Rivera Cevallos, 2013).

En el área rural del cantón, al igual que en resto de la provincia, en el siglo veinte predominó presencia de grandes propiedades vinculadas a la agricultura (Salomón, 1988).

Un ejemplo de esto es la hacienda San José, que se localiza al sureste del área urbana de la cabecera cantonal de San Miguel de Urcuquí con un suelo de relieve bajo, cuya altitud fluctúa entre 2.050 y 2.015 msnm. Su cobertura vegetal residual es de caña de azúcar, fréjol y pastizales, en la que han subsistido por cientos de años montículos artificiales, que forman parte del paisaje cultural.

El presente estudio se centra en el análisis e interpretación de los resultados de la limpieza del perfil de un montículo circular localizado en las coordenadas 18M 81343 UTM 0043896.00 –Montículo 3 del Conjunto 1- y la aplicación de una tomografía eléctrica de otros dos, ubicados en las coordenadas 18M 815210 UTM 0044378.00 –Montículo 1- y 18M 815294.00 UTM 0044378.00 –Montículo 2- del Conjunto 3, localizados en lo que un día sería parte de la Hacienda San José, dentro de un área donde se determinó la presencia de cuatro conjuntos de montículos preservados. (Ilustración 1.1).

Ilustración 1.1: Ubicación de los montículos.



Fuente: Solórzano, Woolfson y Jarrín, 2018, pp.6

1.1.1 Prospecciones arqueológicas y geofísicas –contemporáneas- en la Hacienda San José

La provincia de Imbabura y el norte de Pichincha se caracterizan arqueológicamente por la presencia de montículos artificiales. El pionero en la crónica académica de estos trabajos fue Jacinto Jijón y Caamaño (1997), quien dio cuenta de la presencia de gran cantidad de tolas habitacionales, siendo el primero en realizar el reporte y estudio de estos montículos.

En el año 2012, en este lugar inició la construcción de la Ciudad del Conocimiento Yachay, como un proyecto emblemático del Gobierno ecuatoriano (Fernández González, Cadenas Álvarez y Purcell, 2018). Como parte de las intervenciones exploratorias se desarrollaron actividades relacionadas a la conservación del Patrimonio Cultural arquitectónico, inmueble y arqueológico.

Tanto el cantón, como el área de lo que un día fue la Hacienda, está llena de un valor histórico incuantificable para la nación y la humanidad, debido a que alberga estructuras prehispánicas, coloniales, republicanas que pertenecen al Patrimonio Cultural del Ecuador. Es por esto que, sustentados en la Ley de Patrimonio Cultural vigente para el momento, iniciaron los trabajos de arqueología preventiva en la zona.

M. Moreira Pino (2012) realizó una prospección general del área del proyecto

Yachay, dividiéndolo en siete sectores, con evidencia de elementos arqueológicos antropogénicos que sobresalen de la superficie de tránsito –tolas- y actividad humana en el subsuelo.

Complementó su trabajo con testimonios de la comunidad, en donde se reportó evidencia de material cultural recuperado en el sector San Vicente (Moreira Pino, 2012).

Siguiendo con el plan de mitigación propuesto por M. Moreira, tomó la posta en los trabajos de rescate M.P. Ordoñez, quien realizó excavaciones y un monitoreo bajo la modalidad arqueología de mitigación, urgencia o salvamento en el denominado sector 2 por Moreira.

Ordoñez (2013) identificó que hubo movimientos intensivos históricos de suelo en el área de su intervención, encontrando evidencia de plástico, ladrillo y yute, 50 cm. bajo superficie. Reporta además, evidencia de bloques de cangahua¹ en algunas unidades, debajo de los que encontró material cultural disperso (Ordoñez, 2013).

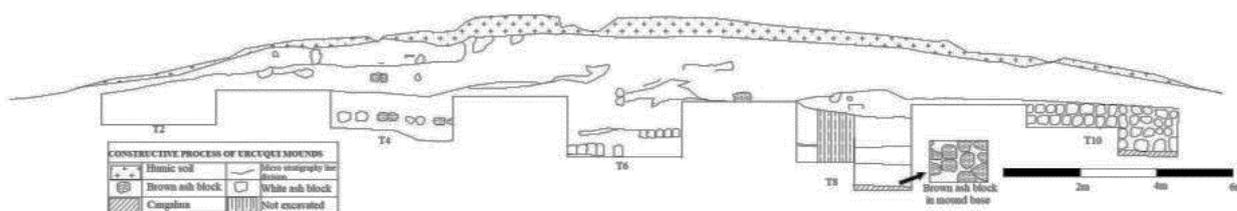
Con el auspicio del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, M.S. Solórzano Venegas realizó una prospección intensiva de territorio, en la que en ese entonces se denominaba área de protección de la Ciudad del Conocimiento Yachay, corroborando la presencia de 4 conjuntos de montículos. Dentro de las actividades que debía ejecutar se encontraba la limpieza de un perfil expuesto, la que realizó en el primer conjunto de montículos, en una tola cuyas dimensiones eran de 35 metros norte sur por 42 metros este – oeste y 2.5 metros de altura.

El corte longitudinal que interceptó el flanco noreste, fue de 30 metros, en el que luego de la limpieza se pudo documentar como en la pared se dibujaban elementos paralelogramos de tierra cruda –a manera de bloques-, por lo que decidió excavar trincheras utilizando el método Wheeler -modificado- para definir si el comportamiento se mantenía en el subsuelo. Los resultados permitieron identificar que, para llegar a la roca madre o cangahua sin indicios de actividad antropogénica, hubo un proceso de retiro de suelo previo al levantamiento de los montículos, toda vez que en la zona periférica, la cangahua se encontró a 1.1 m. bajo *datum*, mientras que en la zona central estaba a 2.65 m. bajo *datum* (Solórzano Venegas, 2013) (Ilustración 1.2)

¹ Conforme Zebrowski (1996, pág. 132), la cangahua, capa endurecida y ‘estéril’, está localizada en las piroclastitas antiguas. Corresponde generalmente a las capas ‘C’ que pueden provenir de tobas o de depósitos de piroclastitas no cementadas pero endurecidas debido a la sequía, añade que Vera y López (1992) distinguen la cangahua proveniente de flujos piroclásticos de aquella originada por caídas piroclásticas. Las tobas (flujos) producen cangahuas más duras que las tefras.

En la parte superior del montículo se encontró un pozo de expoliación (huaqueo), que también fue limpiado; al igual que en el perfil, se logró encontrar los bloques y sobre éstos la impronta de la boca de una tinaja, además de los fragmentos de material cultural que fue extraído del lugar.

Ilustración 1.2: Diagrama del perfil montículo trabajado con técnicas invasivas



Fuente Solórzano, 2013

En vista de los hallazgos y rompiendo con los protocolos, para poder abarcar más información se decidió aplicar una prospección no invasiva con técnicas geofísicas, en dos montículos de otro ‘barrio’, ubicado a menos de un kilómetro del primero.

La geofísica es una herramienta que, mediante un conjunto de técnicas, ayuda a los arqueólogos en la comprensión del subsuelo de forma rápida, sin alterar los contextos, haciendo uso de protocolos estrictos, busca constantes y anomalías en el subsuelo que son captadas por diferente tipo de equipos (Oswin 2009; Oliveira 2016).

Para el caso de las tolas de Urucuquí se utilizó el método de Resistividad Eléctrica Continúa, el cual permitió evaluar esta característica del suelo, tanto a profundidad como lateralmente.

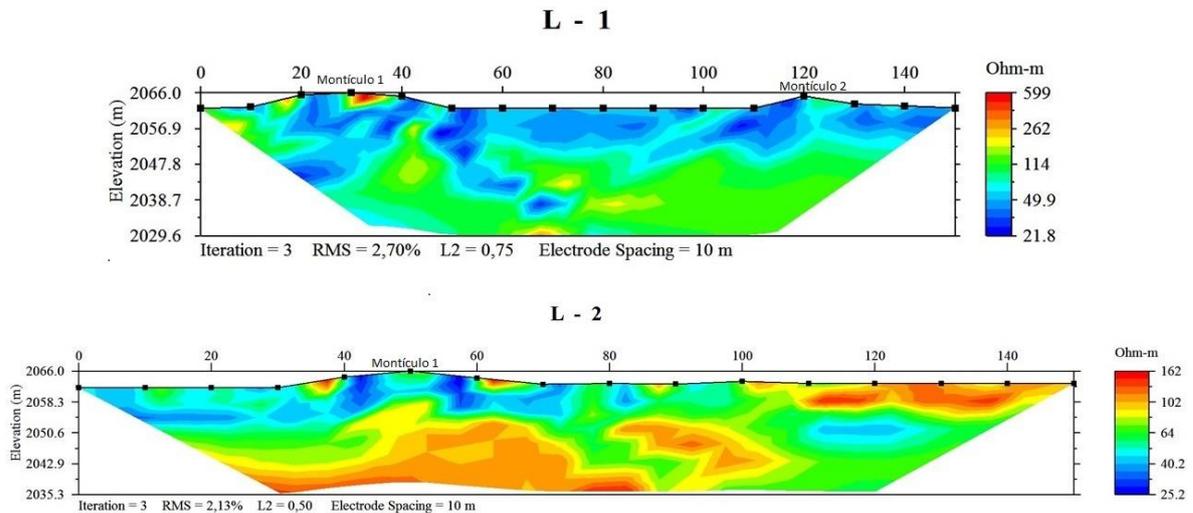
Se tomaron los datos en dos perfiles o líneas (L), en los que se dispusieron los electrodos con separaciones equidistantes de 10 metros.

El primer perfil, L-1, fue colocado de tal manera que atravesó dos tolas (una por el centro y otra lateralmente), mientras que el segundo, L-2, se colocó transversal al primero, sobre solo uno de los montículos artificiales. El objetivo de la implantación de los perfiles fue tener una lectura comparativa de los dos ejes, de al menos una estructura, e identificar variaciones de resistividad en su parte central, además de obtener información de la zona intermedia de los montículos (Ilustración. 1.3)

Sobre la base de los resultados conseguidos se decidió realizar una prospección geofísica con un equipo SUPERSTIG R8 marca Agi, en dos estructuras del conjunto 3 de

montículos circulares. La imagen de resistividad obtenida permitió observar diferentes capas y/o cuerpos (Solórzano Venegas, Woolfson Touma, Jarrín Silva, 2018):

Ilustración 1.3: Diagrama de resistividad de montículos en Conjunto 3



Fuente Solórzano Venegas, Woolfson Touma y Jarrín Silva, 2018 pp. 7 y 8

Los resultados de la excavación manual y la geofísica llevaron a llevaron a diagramar el sistema constructivo de los montículos circulares de la hacienda San José, que se detallará en el capítulo 3.

Es importante resaltar que para la construcción de las estructuras se debió tener en cuenta el ancho y alto que debía alcanzar la tola, toda vez que la Razón (r) obtenida de la relación Excavación a Elevación es de entre 3,2 y 3,7 en la zona de periferia y 2,2 en la parte central, siendo el cuerpo inferior o base más profundo que la zona a ser elevada.

Una vez identificadas las dimensiones, los constructores realizaron una excavación manual, retirando el suelo de forma mecánica (posiblemente utilizando el método de fracturación, debido a que en las imágenes los cortes o transiciones de un tipo de suelo a otro, no denotan regularidad). El cuerpo inferior de la estructura, como ya se ha indicado, se ejecutó bajo la consideración de que la base debía ser más profunda que la zona a ser elevada.

Para el proceso de restitución de suelo se utilizaron mampuestos de forma aproximada cúbica o paralelepípedos, con la posibilidad de que se hayan utilizado tanto bloques de ceniza o limo pumicítico, crudos, elaborados a la manera de adobes, como bloques de cangahua labrada (conforme se describe más adelante), colocados probablemente, en capas o pisos superpuestos, con la eventual complementación de muros paralelos. (Solórzano-Venegas, Woolfson Touma y Jarrín, 2018).

En el caso de los elementos de ceniza se debe resaltar que la materia prima

dominante es ceniza volcánica, con características que permiten asociar al volcán Chachimbiro, de acuerdo al informe entregado por la doctora Patricia Mothes².

1.1.2 Técnicas constructivas vernáculas que persisten en Imbabura

El sistema constructivo postulado para los montículos remitió a algunas técnicas constructivas todavía vigentes como parte del Patrimonio Tradicional o Vernáculo de la provincia de Imbabura.

Conforme la declaración del ICOMOS, brazo técnico del área de patrimonio cultural de UNESCO, “el Patrimonio Vernáculo construido constituye el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat. Forma parte de un proceso continuo, que incluye cambios necesarios y una continua adaptación como respuesta a los requerimientos sociales y ambientales” (ICOMOS, 1999).

En la provincia de Imbabura se observa una gran riqueza cultural plasmada en diversos tipos de manifestaciones materiales e inmateriales, entre las que se cuentan varias técnicas constructivas tradicionales con tierra, algunas de ellas de origen precolombino y otras arribadas a territorio americano con los colonizadores europeos. De las indicadas, a priori, permanecen la construcción de cierres y divisiones prediales mediante tapias y paredes de mano. Esta última, de particular importancia para el desarrollo del presente estudio.

Con el fin de diferenciar las principales características entre las técnicas constructivas, se efectúa una somera descripción de ellas para, desde casos actuales, se pueda entender a breves rasgos las actividades que se realizan, a fin de realizar paralelismos que contribuyan a diagramar las actividades y los puntos críticos de la construcción de los montículos circulares de Urcuquí.

1.1.2.1 Técnicas constructivas vernáculas

Graciela María Viñuales (2007) señala que la tierra como material de construcción tiene una larga trayectoria en el continente desde épocas precolombinas, a la que después se le agregarían las tradiciones ibéricas y africanas, proponiendo la clasificación de las técnicas constructivas con tierra en tres grandes grupos:

- a. Tierra apisonada: En este grupo se encuentra la tapia o tapial, utilizada con

² Las Muestras se encuentran retrabajadas, sin embargo casi todas presentan minerales máficos semejantes al volcán Chachimbiro. 15 Julio, 2013- Viviana Valverde, Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito (Vid. Solórzano Venegas, 2013)

anterioridad a la llegada de los conquistadores.

- b. Tierra con entramado: Dentro de esta clasificación se reúnen técnicas que consisten en armar una trama que luego es embarrada para formar el paramento.
- c. Albañilería (mampostería): En general, a los mampuestos crudos se los llama adobes o ladrillos crudos, pero a esta primera variedad deben agregarse otras, más o menos elaboradas, que permiten la preparación de bloques que luego serán empleados. El tipo constructivo de los montículos se inserta en esta categoría, puesto que ellos se ejecutaron con mampuestos de tierra cruda. Para observar las diferencias entre los grupos, se realiza una síntesis de cada caso, con énfasis en los que corresponden a mamposterías.

En la ex hacienda San José se encuentran todos los tipos, lo que es una evidencia y contribuye a reiterar la experticia de los antiguos constructores en el manejo de la tierra como material de construcción, heredada por las siguientes generaciones.

1.1.2.1.1. Tierra apisonada o tapial

El tapial, de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española -DRAE- (2014) tiene dos acepciones:

1. m. Encofrado de dos tableros paralelos con los que se construyen las tapias.
2. m. Pared o trozo de pared que se hace con tierra amasada.

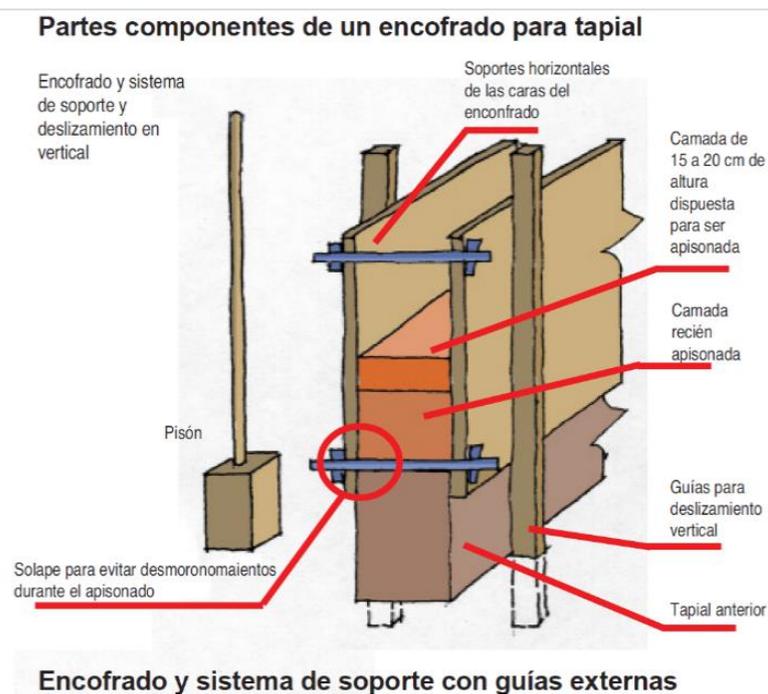
Los tapias son construidos con tierra mezclada con arena, piedra de diámetros menores (ripio) y fibras vegetales. La mezcla humedecida se coloca en capas o camadas de 15 a 20 cm y se apisona hasta alcanzar la altura de los encofrados o moldes paralelos. (Ilustración 1.4).

La fábrica se ejecuta en el sitio para constituir así el muro; un ejemplo de esta técnica se la observa en el Barrio El Rosario del Cantón Urcuqui (Ilustración 1.5).

Las proporciones entre la tierra, material pétreo e inclusive la cantidad de agua difieren según la región en la que se construye, este principio se aplica también a las otras técnicas. Este tipo de muro se caracteriza en su forma tradicional por un espesor relativamente grande (de 30 a 40 cm, y aún más), lo cual requiere destinar mucha superficie del terreno para la construcción de las paredes, por lo que aun cuando ha sido muy utilizado en construcciones de todo tipo en el pasado, su uso actual se restringe hoy al área rural ³.

³Información obtenida de: I Curso Taller Panamericano sobre la Conservación y el Manejo del Patrimonio Arquitectónico Histórico y Arqueológico en Tierra, PAT 96 (1996) Experiencia de participación en la elaboración de tapial en la que participó la autora en el desarrollo del curso organizado por el Instituto Nacional

Ilustración 1.4: Infografía de encofrado para tapial



Fuente: Silvio Ríos (2003, p. 15) en: Viñuales et al, 2003 pág. 15

Ilustración 1.5: Fotografía de tapial barro El Rosario de la antigua Hacienda San José del cantón Urcuquí, (hoy Campus Yachay) tomada en el año 2013



Fuente: Autora

1.1.2.1.2. Tierra con entramado

El bahareque es el que representa a esta técnica constructiva, de acuerdo al DRAE (2014), se define como la pared de palos entrelazados con cañas y barro.

de Cultura del Perú (INC), CRATerre-EAG, Instituto Getty para la Conservación (GCI), International Council for the Conservation and Restoration of Monuments (ICCROM). Chanchán Trujillo Perú

También conocido como bajareque o quincha, consiste en el uso de una estructura de madera, de bambú o de palmas, sobre la que se aplica una trama elaborada con elementos de los mismos materiales, de menores dimensiones, como ramas, rollizos, tablas, esteras (totora obtenida del lago San Pablo en Imbabura) y cañas, rellenos o embarrados con tierra.

El uso del bahareque se remite tanto a lo estructural como a divisiones exteriores e interiores de edificaciones efectuadas a partir de adobes o tapial, este tipo de técnica se reporta en el barrio El Rosario del cantón Urcuquí, en lo que un día fuera la Hacienda San José (Ilustración 1. 6).

Ilustración 1.6: Fotografías de construcción en Bahareque, en el Barrio El Rosario de la antigua Hacienda San José del cantón Urcuquí (hoy Campus Yachay).



Fuentes: INPC (2012), Autora (2013)

1.1.2.1.3. *Albañilería (o mampostería)*

1.1.2.1.3.1 *Adobe (mudbrick)*

De acuerdo al DRAE (2014), viene del árabe hispánico *aṭṭūb*, este del árabe clásico *tūb*, y este del egipcio *ḏbt*. Se define como 1. m. Masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros.

El adobe es un ladrillo sin cocer, que se elabora a partir de una masa de barro cuyas mezclas dependen de los diversos tipos de suelos. Al amasar estas mezclas con agua, mediante apisonado con los pies para obtener un estado gelatinoso – moldeable (lodoso), se les añade un elemento fibroso, como paja, hierba seca o majada de rumiantes para evitar el

efecto de retracción durante su posterior secado al sol. Al barro amasado, se le deja “podrir” (humectar) entre uno y cinco días (Ilustración 1.7).

Ilustración 1.7: Pasos para elaborar adobes

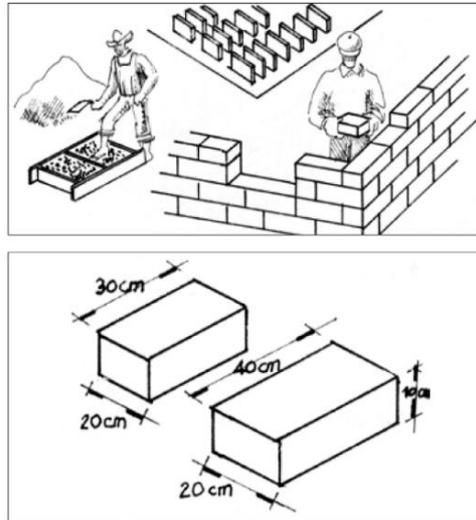


Figura 11:
Moldeado, secado y
colocación de los adobes.

Fuente:
Viñuales et al. (1994,
p. 47).

Figura 12:
Medidas típicas de
adobes en la zona
andina.

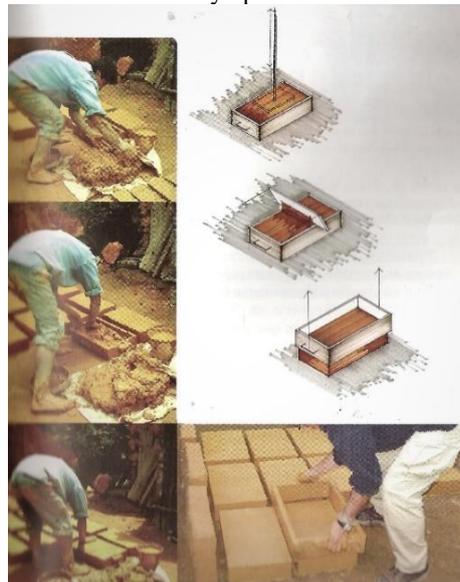
Fuente:
Viñuales et al. (1994,
p. 47).

Fuente: Viñuales, et. Al. 1994 en: Viñuales: 2007. Pág. 225

Al cabo del período de “podrido” el barro se vuelve a amasar y antes de introducir en moldes se hacen pruebas para verificar la consistencia y contenido de agua.

Si el material es lo suficientemente plástico, se vierte y apisona en moldes, generalmente de madera, a la que se le ha aplicado aceite para que el material no se adhiera, y se enrasa. Los bloques de barro en forma de ladrillo se desmoldan inmediatamente, sobre una base de arena o paja (Aguilar Prieto, 2008) (Ilustración 1.8)

Ilustración 1.8: Infografía de elaboración de adobes y apisonado de barro en moldes

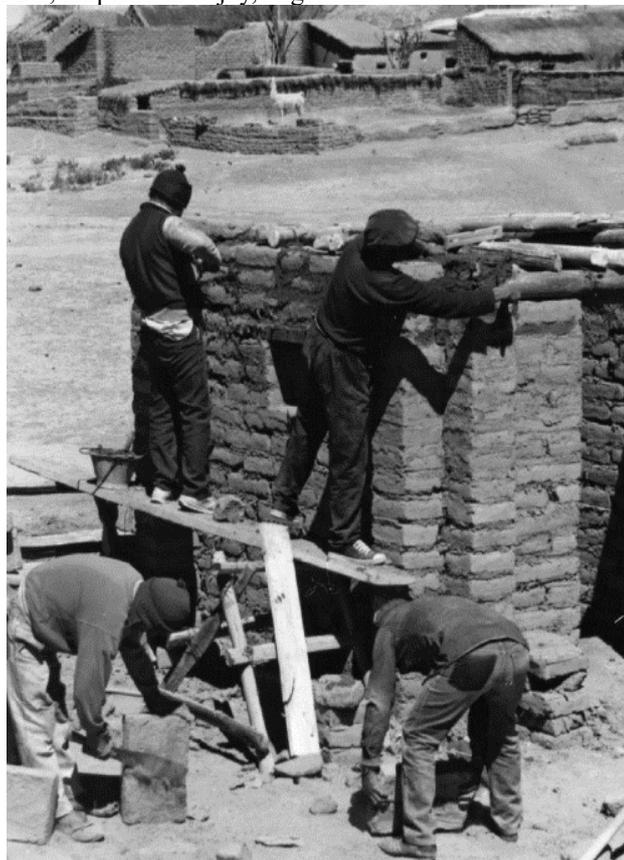


Fuente: Aguilar Prieto, 2008 pp. 35

Después de 3 o 4 días de un primer secado, idealmente bajo techo o sin recibir sol directo, se voltean sobre su costado y se inicia un periodo estacionario y de exposición al sol para su secado, que alcanzará un tiempo aproximado de entre 28 y 30 días, durante los cuales, más o menos cada 7 días, se van girando sobre sus costados para conseguir que ellos pierdan humedad de forma simétrica.

Luego de este período, se utilizan para la construcción de muros. (Ilustración 1.9). Esta información se reiteró durante la experiencia de la autora en la reconstrucción de un tramo de muro en la antigua iglesia de Tumbaco, en 1991.

Ilustración 1.9: Elaboración de pared de adobes para Estación Científica de la Reserva de la Biósfera, Laguna de Pozuelos, MAB UNESCO, altiplano de Jujuy, Argentina



Fuente: Rodolfo Rotondaro, en Viñuales (2007, pág. 221)

Este tipo de técnica se puede encontrar en el sector Las Marías, de lo que un día fuera la Hacienda San José (Ilustración 1.10)

El adobe ha sido utilizado en diversos tipos conformando elementos de aristas rectilíneas o bien usando formas curvas, esféricas, cilíndricas, mixtas. Los trabajos arqueológicos nos muestran la existencia de numerosos tipos de piezas y variada concertación. (Viñuales 2001, p. 17).

Ilustración 1.10: Construcción de adobes. Foto tomada en el sector Las Marías, en el año 2018 -antigua la hacienda San José-



Fuente: Autora

La técnica de elaboración del adobe se fue expandiendo por todo el mundo, hallándose en muchas civilizaciones que jamás tuvieron ningún vínculo (...) la materia prima para su elaboración, generalmente se puede conseguir en el lugar donde se va a edificar, ahorrando así su transporte. (Viñuales 2001, p. 17).

1.1.2.1.3.2 Pared de chamba

Queda aún por estudiarse otro tipo de mampuestos de tierra obtenidos en forma directa, a los que se los conoce con los nombres de tepes, champas⁴, cortaderas y raigambres, cuyo uso se extiende por el sur de nuestra Mesopotamia, parte de la pampa húmeda y zonas de la Patagonia, pero que también se usan en muchos otros países. Se hacen cortando bloques de la camada superior del suelo, que quedan armados por la trama radicular de las gramíneas. Luego los bloques se apilan con pequeña proporción de agua entre ellos y al fraguar el barro superficial quedan unidos. (Viñuales, 2007, p. 225).

1.1.2.1.3.3 Bloque de cangahua

De acuerdo al DRAE (2014) tiene dos definiciones: 1. f. Ec. Tierra que se usa para hacer adobes. 2. f. Ec. Suelo volcánico ocre, que cubre buena parte del subsuelo de algunas regiones de la Sierra.

Se parte de la ubicación de una mina o yacimiento de cangahua⁵ (Ilustración 1.14) y de la identificación de una o más fisuras, en las que se insertan estacas de madera a las que se las humedece para que se expandan. Como resultado, la fisura se extiende y profundiza, con lo que se logra el desprendimiento de un bloque de dimensiones trabajables, esto es aproximadamente algo más grande que la estatura de una persona por un ancho y profundidad equivalentes a la mitad de la altura. (De Sutter, 1985).

⁴ En Ecuador, chambas. Esta técnica, según conversación con el arquitecto Santiago Alarcón Ortega, si se encuentra en Imbabura, pero no se dispone de fotografías en la zona.

⁵ La cangahua *está compuesta generalmente de cuarzo y feldespato, aglomerada por calcita, arcilla y sílice* según la página www.educalingo.com, consultada el 15 de noviembre de 2018

En Ecuador, la técnica se conoce como “cangahua”, término que hace mención a la tierra virgen, sin elementos vegetales, las piezas obtenidas normalmente no se cortan de la superficie horizontal, sino que se buscan barrancas, en las que se limpian las primeras capas verticales y se llega a la tierra endurecida, de la que se extraen los pedazos tal como si se tratara de una cantera de piedra. (Viñuales, 2007, p. 228). (Ilustraciones 1. 11 y 1.12)

Ilustración 1.11: Posible fuente de bloques de cangahua, junto antiguo Ingenio San José, fotografía tomada en el año 2014



Fuente: Autora

En lo que fue un día la hacienda San José la autora identificó la combinación de este tipo de técnicas constructivas en varias estructuras.

Ilustración 1.12: Muros y edificio de bloque de cangahua, ex hacienda e ingenio San José - Campus Yachay tomadas en los años 2013 y 2014



Fuente: Autora

1.1.2.1.3.4 Pared de mano

Técnica de construcción autóctona, (Prov. de Imbabura), que posiblemente fue practicada antes del uso del tapial. No hay utilización del encofrado o del molde (...) La tierra, como material básico, sin paja, se saca del mismo sitio y se la mezcla con agua. Se utiliza este método para construir casas de hasta dos pisos. En la actualidad, este sistema es utilizado únicamente en cerramientos (De Sutter, 1985, p. 20).

Las actividades para elaborar la pared de mano, que también pudo ser empleada en la construcción de adobes, se la reseña utilizando el video inédito proporcionado por P. De Sutter y de la investigación **Técnicas tradicionales en tierra en la construcción de viviendas en el área Andina del Ecuador** (De Sutter, 1994 y 1985, respectivamente):

1. Se realiza la excavación de un círculo de entre 3 a 4 m de diámetro, por una profundidad aproximada de 40 cm, con un agujero al centro para el agua, en un área aledaña al sitio en el que se construirá el elemento arquitectónico. El hoyo se ejecuta con una pala de metal.
2. Se golpea la tierra excavada con la pala y con una herramienta de madera denominada “mango o cabo” (Ilustración 1.13), eliminando terrones grandes hasta lograr una masa homogénea de tierra fina.
3. A esta masa se le adiciona gradualmente agua y se deja humedecer. Acto seguido se revuelve y como en el caso del adobe, el barro se amasa con los pies descalzos o con botas. Según indica P. De Sutter, una vez concluida la elaboración del “turo”

(lodo) se le agrega el agua perdida durante el amasado, aspergeándola con la mano y se mezcla nuevamente. Se empieza por los extremos de la tanda para terminar en el centro, formando un cuadro o rectángulo hasta dejar listo el barro.

Ilustración No. 1.13: Cabo o mango: Se propone que este instrumento era utilizado para la conformación de algo similar a la pared de mano, o como ayuda para elaboración de adobes, hasta hace pocas décadas

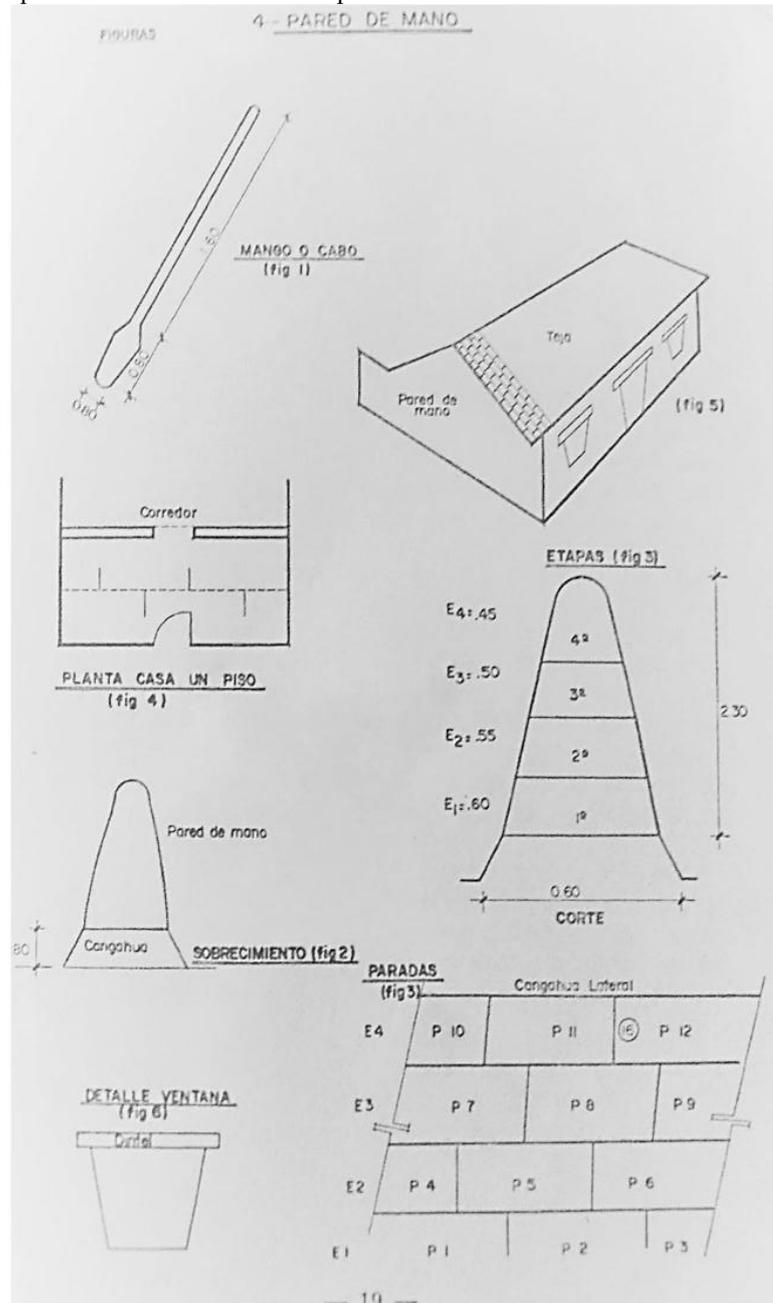


Fuente: Autora (2005)

4. Se deja podrir (descansar) el lodo, entre dos y cinco días en construcciones de casa y solo una o dos horas para cerramientos. Todo el proceso de una “tanda”, que tiene un volumen, de medio metro cúbico toma una hora de tiempo para su preparación. El lodo no puede ser ni muy moroso ni muy suelto. (De Sutter, 1985, p. 20)
5. La “tanda” o porción se ejecuta cortando con el mango o cabo alrededor de 8 a 10 porciones sucesivas de bloques prismo rectangulares de barro, de una dimensión aproximada de 30x20 y por 15 cm.
6. Los bloques prismo rectangulares producto de la preparación son entregados manualmente por el ayudante al maestro que, al igual que el ayudante, está provisto de una protección o delantal de caucho. El maestro coloca, con las manos, en su sitio, los elementos preparados y con sus puños iguala y presiona para unificar los bloques con las porciones colocadas previamente hasta alcanzar alrededor de 60 cm de altura por 70 cm de largo y por un ancho que varía ligeramente según la altura. El cimiento corresponde al propio suelo. Al colocar uno sobre otro los prismas o bloques antes señalados, según testimonia De Sutter (1985), el ancho del muro en la parte baja alcanzó exactamente 60 cm, aun cuando no emplearon una herramienta de medición. La medida fue verificada con flexómetro por el investigador quien indica que entre cada etapa, cuando la tanda se termina, se moja la pared en su lado

vertical, nunca en el costado horizontal. (Ilustración 1.14).

Ilustración No. 1.14: Esquema de conformación de la pared de mano



Fuente: De Sutter (1985)

De Sutter (1985) señala que los maestros se llaman entre sí “paraderos” y un dato importante que provee es que en un día, un maestro construye 5.88 m de longitud por 60 cm de altura. (pág. 21).

En otras palabras, los mampuestos se cortan de manera sencilla y en el mismo momento van colocándose y moldeándose ordenadamente para armar el muro. Las

construcciones así levantadas pueden soportar un entrepiso, alcanzando las dos plantas en muchas ocasiones. En otros puntos del continente se han encontrado casas hechas de modo similar, pero según Viñuales (2007b) las ecuatorianas son las de mejor factura.

En la zona de estudio se encuentra esta técnica constructiva en la zona del barrio El Rosario, del Cantón San Miguel de Urcuquí (Ilustraciones 1.15 y 1.16).

Ilustración 1.15: Pared de mano en el Barrio El Rosario de la antigua Hacienda San José del cantón Urcuquí (hoy Campus de Yachay)



Fuente: Autora (2013)

Ilustración 1.16: Detalle de pared de mano, en el Barrio El Rosario, (hoy Campus de Yachay).



Fuente Autora (2013)

1.3.3 Suelos en la región

La composición de los suelos de la región explicaría la calidad de los materiales y consecuentemente, la variedad de técnicas constructivas posibles en la zona de estudio.

Para el caso de la pared de mano, en particular, el material tiene el grado de compactación o cementación, que permite su perdurabilidad, gracias a un buen contenido de calcitas.

Según el mapa propuesto por Zebrowski (1996), la región en estudio presenta cangahua de la Unidad C4 que corresponde a suelos de regiones semi-áridas.

“... con piroclastitas antiguas poco alteradas, sin capa húmifera negra y omnipresencia de carbonatos de calcio (...) El horizonte superior, desarrollado a partir de las cenizas recientes, es de color pardo claro, arenoso fino. La transición al paleosuelo es sumamente brusca. Este último es muy compacto, duro; sus contenidos en arcilla son inferiores al 10 %, y los de limo pueden alcanzar el 40 %. Las tasas de materia orgánica son bajas (0,5 a 2 %), los contenidos de bases intercambiables elevados (13,5 a 30 me/100 g) y el complejo de intercambio está siempre saturado. El pH es superior a 7 en todo el perfil. Los carbonatos de calcio están presentes bajo la forma de micelio desde la superficie. (Zebrowski, 1996, pág. 133).

La descripción de los suelos en el Plan de Ordenamiento Territorial de Imbabura, 2015-2035 posee información valiosa sobre los tipos de suelos de la provincia de Imbabura que facilita la comprensión del tipo de suelo, debido a que describe que corresponde a “inceptisoles con horizontes alterados que, (...), conservan reservas de minerales meteorizables y pobres en materia orgánica.” (Prefectura de Imbabura, 2015)

Las características de los suelos, su composición geoquímica general, permiten proponer que sobre la base del conocimiento de sus propiedades, puntualmente en la zona de San Miguel de Urucuquí, los antiguos habitantes las aprovecharon para realizar modificaciones del paisaje natural.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento sobre el proceso constructivo de los montículos circulares ha quedado esbozado por investigaciones arqueológicas de corte académico, que plantean principalmente que se trataba de acumulaciones de suelo, aunque para la monumentalidad de las pirámides trucas Caranqui y Zuleta se ha señalado el uso de bloques de cangahua, sin embargo, las actividades y el número de personas involucradas no han sido analizadas a profundidad, con cálculos estimativos, de los que no se ha descrito el método de obtención de los resultados.

Para el caso de los montículos circulares, los trabajos de Solórzano Venegas (2013) y Solórzano Venegas, Woolfson Touma y Jarrín Silva (2018), logran determinar que en la

construcción de estos montículos se siguió un protocolo metódico, que se puede deconstruir gracias a analogías etnográficas.

Sobre la base de lo antes expuesto, mediante el desglose de las tareas implícitas en cada una de las actividades incluidas en el protocolo señalado, con el respaldo de las técnicas tradicionales y el uso de herramientas modernas que permiten realizar cálculos de tiempos para ejecución de obra, se puede realizar un cálculo hipotético del tiempo necesario para la construcción de los montículos circulares de Urcuquí, según el número de personas que participaron en los diferentes procesos, en búsqueda de disminuir la subjetividad el momento de realizar este tipo de ejercicios.

Cabe resaltar que los tipos de suelos utilizados, la variedad de materiales y elementos empleados en la construcción de las tolas posibilitaron su persistencia hasta la actualidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La historia de la construcción es la historia de la humanidad, en tanto el tipo y la cantidad de materiales utilizados, la mano de obra y la supervisión o gestión necesaria para edificar elementos arquitectónicos, testifican el incremento demográfico, especialización del trabajo, diferenciación social y complejidad de los grupos humanos, con una simbología subyacente en las estructuras, que permite realizar inferencias sobre su orden social. (Moore 1996; Woods y Woods 2011).

Determinar la cantidad de personas que pudieron participar en la construcción de los elementos arquitectónicos, los procesos, líneas y tiempos que se emplearon posibilita acercarse a un conocimiento mayor de cómo fueron las relaciones sociales, cómo se desarrollaron, cómo se estructuraron y cómo la producción de estos bienes generó puentes intergeneracionales de un modo de hacer arquitectura, que sobrevivió por centurias, conforme lo atestigua la información etnográfica.

Todo lo anterior justifica la presente investigación, pero además, el conocimiento y la identificación del grupo heredero de antiguas tradiciones en lo relativo a los alcances, conocimientos, producción en los diferentes ámbitos y en lo más visible, en su monumentalidad, es importante no solo para incrementar el consecuente orgullo de la población local inmediata, sino para toda la Nación. Este conocimiento, debidamente difundido, genera aceptación de la diversidad de identidades y culturas que acredita Ecuador en forma correspondiente a su bio diversidad.

El paisaje cultural arqueológico de Urcuquí, es representativo de la Nación ecuatoriana; por Ley pertenece a todos los ciudadanos y por ende, constituye un espacio público que contiene valores culturales materiales e inmateriales representativos de la prehistoria del territorio que hoy es el Ecuador. Su investigación y la difusión de sus particularidades permiten exponerlo a la ciudadanía, promueve su acceso universal.

De esta manera se cumple con uno de los derechos enunciados por la Constitución del Ecuador (2008) y ratificados por la Ley de Cultura (2016) en sus considerandos y articulados: “Art. 21.- Las personas tienen derecho a construir y mantener su propia identidad cultural,” (...) “a conocer la memoria histórica de sus culturas y a acceder a su patrimonio cultural; a difundir sus propias expresiones culturales y tener acceso a expresiones culturales diversas.”

“Que, las personas tienen derecho a gozar de los beneficios y aplicaciones del progreso científico y de los saberes ancestrales;” (Ley de Cultura, 2016, considerando 7).

“Art. 3.- De los fines. Son fines de la presente Ley:

(...) b) Fomentar e impulsar la libre creación, la producción, valoración y circulación de productos, servicios culturales y de los conocimientos y saberes ancestrales que forman parte de las identidades diversas, y promover el acceso al espacio público de las diversas expresiones de dichos procesos;” (Ley de Cultura, 2016).

En lo socio cultural, la investigación del paisaje arqueológico, a partir de su difusión, da lugar a que su conocimiento, valoración y disfrute signifique un amplio ejercicio de los derechos culturales ciudadanos lo que a su vez incidirá en el cumplimiento del mandato de responsabilidad social inter generacional respecto a la permanencia de los bienes culturales heredados.

1.4 HIPÓTESIS

De acuerdo a Schiffer, los sistemas culturales tienen dos tipos de elementos, los perdurables y los consumidores, con un ciclo de vida que consta de cinco etapas: obtención de la materia prima, manufactura, uso, mantenimiento y desecho (Schiffer, 1990).

En el caso de los montículos circulares de Urcuquí, se logró identificar estas etapas en los procesos que conforman el Sistema de Construcción de los montículos artificiales.

El tiempo destinado a cada una de las fases de cada uno de los procesos del sistema constructivo se puede calcular mediante el uso de la metodología CPM-PERT, con el soporte de insumos provenientes de la etnografía, llegando a proyectar el tiempo de ejecución de cada una de las actividades y potencial número de personas.

1.4.1 Variables

Variable dependiente: Tiempo de construcción y número de personas para construir un montículo artificial.

Variables independientes (secuencia de las actividades):

- Planificación:
 - Espacio físico para la construcción
 - Medidas de los montículos: Altura, perímetro, área del montículo, profundidad de la excavación.
 - Identificación de fuentes de aprovisionamiento de materiales: agua, cangahua, limo ceniza, pedruscos o guijarros.
- Preparación de los mampuestos:
 - Determinación del tipo de mampuestos o bloques.
 - Componentes de la argamasa.
 - Acopio y preparación de la materia prima
 - Espacios para preparación de la materia prima y elaboración de los bloques
 - Identificación de elementos donde serán colocados los mampuestos
- Ubicación de los mampuestos:
 - Colocación de los mampuestos
 - Acabados

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Reconstruir los procesos y recursos empleados en el sistema de construcción de los montículos circulares de la hacienda San José.

1.5.2 Específicos

- Analizar el sistema constructivo de los montículos circulares de Urcuquí.
- Calcular los recursos humanos y el tiempo destinado a la construcción de los montículos circulares de Urcuquí con el uso de técnicas modernas empleadas en la construcción y elaboración de proyectos en general.
- Revalorizar los conocimientos arquitectónicos de origen pre-hispánico.

2 **CAPÍTULO II: ENCUADRE TEÓRICO Y METODOLOGÍA**

Las investigaciones arqueológicas tradicionalmente se habían centrado en la forma y la función de los objetos; pero con la aparición de la Nueva Arqueología (N.A.), -cuyo principal impulsor fue el estadounidense Lewis Binford-, los estudios vinculados a los procesos de producción de diferentes objetos y sitios empezaron a cobrar auge. (Hernando Gonzalo, 1992)

La arqueología del paisaje y la etnoarqueología, estrechamente vinculada ésta con la N.A., son dos subdisciplinas de la arqueología que se han desarrollado en búsqueda de entender los procesos sociales, como parte de un todo.

La primera, haciendo uso de la lectura de cada uno de los elementos que forman el sitio arqueológico –estructuras, infraestructuras -, para determinar la huella visible de la interacción sincrónica de los grupos humanos y la naturaleza en la conformación del espacio geográfico (Molano, 2011), mientras que la segunda contribuye a entender, desde el presente, desde la persistencia de ciertas manifestaciones culturales, cómo habrían sido los procesos y comportamientos sociales inmersos en determinados eco sistemas y cómo ellos se reflejaron en la cultura material y las transformaciones del entorno.

El análisis y la reconstrucción de las actividades humanas dependen de la evidencia arqueológica al interior de un espacio determinado y la forma de interacción del o los grupos humanos con el ecosistema circundante. Dincauze, (2000) identifica 4 rangos o escalas de observación: a) Mega, corresponde a la escala global o continental, b) Macro: Análisis de una provincia fisiográfica o región natural, c) Meso: Regional, y d) Micro: local. (Ilustración 2.1).

El dato arqueológico permite observar la presencia de montículos artificiales circulares y cuadrangulares en la macro región comprendida por la provincia de Imbabura y el norte de la de Pichincha, en la que se encuentran varios pisos ecológicos y lugares muy diversos ecológicamente, los unos con los otros, dentro de lo que es conocido como área septentrional andina (Echeverría, Berenguer y Uribe, 1995; Athens, 1976; Gondard y López, 1983)

En la actualidad se observa la persistencia de uso de técnicas vernáculas constructivas en los cantones Urcuquí, Antonio Ante y parroquias de Ibarra (aproximadamente 350 Km²). La región se caracteriza por la permanencia de comunidades indígenas, tanto endógenas como de origen mitimae, en las que han subsistido antiquísimas

tradiciones que inclusive han influenciado en la población mestiza y afro descendiente en el valle del Chota.

Ilustración 2.1: Escalas del relieve

Table 9.1 Landform scales

Spatial scales	Area (km ²)	Illustrative landforms
Mega-	global: 5.1×10^8 continental: $<10^8$	(geoid) continents; ocean basins
Macro-	physiographic province: 10^4 – 10^7	mountain ranges; continental glaciers; major drainage basins
Meso-	regional: 10^2 – 10^4 locality: 1 – 10^2	sand seas and loess sheets; river basins; volcanoes; karst terrains; fault zones small volcanoes and lava flows; river floodplains and terraces; minor drainage basins; dune fields; glacial valleys; mesas; arroyos
Micro-	local: <1	river channel features; glacial kames and minor moraines; periglacial features; beach ridges; buttes

Fuente: Dena F. Dincauze (2000) pág. 199

Estas comunidades y grupos sociales continúan, entre otras tradiciones y costumbres, construyendo determinados elementos arquitectónicos con las técnicas de la pared de mano y del bahareque. (De Sutter, 1985)

Para entender el sistema constructivo de estos montículos, puntualmente de los circulares, encontrado en la antigua Hacienda San José del cantón San Miguel de Urququí, y sobre la base del análisis de los resultados de las excavaciones, de las prospecciones geofísicas y de los análisis de laboratorio, a una escala local –micro-, se aplicará una óptica etnoarqueológica de las actividades que desarrollan las tradiciones todavía vigentes, a una escala regional –meso-, para desglosar y tamizar las tareas empleadas durante los procesos de construcción, en el que se cuantificarán las cantidades diarias posibles de realizar con las cuadrillas típicas que se emplean en la arquitectura tradicional y someter el proceso al Método de Ruta Crítica y la Técnica de Evaluación y Control de Programa (CPM – PERT) con la finalidad de proyectar los números óptimos de días empleados y personas participantes para la producción de los montículos.

2.1 EL PAISAJE ARQUEOLÓGICO Y LA ETNOARQUEOLOGÍA

2.1.1 Del paisaje cultural a la arqueología del paisaje

El dato arqueológico tiene tres propiedades básicas: Materiales estáticos que tienen una relación espacial estática, son producto de un sistema cultural y han sido sujetos a agentes no culturales (Schiffer, 1947). Han dejado la huella de la actividad antrópica de uno o varios momentos, en lo que, en términos académicos, se denomina registro arqueológico.

Sobre la base del pasado se puede reconstruir los procesos históricos ocurridos en un lugar, las formas de adaptación de los seres humanos, como han modificado, utilizado y organizado espacialmente su entorno (Criado-Boado, 1999)

La idea de paisajes culturales proviene de la geografía humana, evolucionó como un principio rector de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - International Union for Conservation of Nature (IUCN)-, brazo técnico del Centro de Patrimonio Mundial, existiendo múltiples discursos y narrativas alrededor del concepto (Plieninger & Bieling, 2012).

Este documento se rige en la conceptualización de la UNESCO sobre los paisajes culturales, en la que se propone que son bienes culturales y representan las

“obras conjuntas del hombre y la naturaleza, comprende una gran variedad de manifestaciones de la interacción entre la humanidad y su entorno, reflejan a menudo técnicas concretas de uso viable de las tierras, habida cuenta de las características y los límites del entorno natural en el que están establecidos”. Comité Intergubernamental de protección del Patrimonio Mundial cultural y natural, 2008, p. 96).

Son el resultado de un constructo de la sociedad que interactúa persistentemente con su entorno, adaptándose a las condicionantes naturales de su hábitat y nicho que la rodea, a través de la tecnología, producto de la cultura que caracteriza a de los grupos humanos. (Gasto Coderech, Gálvez Navarrete y Morlaes Arnaiz, 2010).

El paisaje como producto social está conformado por tres tipos de elementos: el espacio físico o matriz medio ambiental de acción humana; el espacio en cuanto a entorno social o medio construido por el ser humano y sobre el que se producen las relaciones entre los individuos y los grupos; el entorno pensado o medio simbólico, que ofrece la base para desarrollar y comprender la apropiación humana de la naturaleza. (Orejas, 1995, pág. 6).

En resumen, como lo señalan Salmerón, Rodrigo y Durán, (2009, pág. 2), el Paisaje Cultural sería el resultado de la ‘dinámica de interacción de los seres humanos con la

naturaleza, a través de sistemas de valores y percepciones que radican en cada comunidad’, en cuya delimitación intervienen los factores propuestos en la Ilustración 2.2.

Ilustración 2.2 Factores del proceso de delimitación del paisaje cultural



Fuente: Salmerón et al (2009), modificado.

Los paisajes son institucionales a medida que el espacio se estructura y el comportamiento se normaliza a través de la práctica social codificada, (Thomas y David, 2008), se configura como una dimensión ontológica y gnoseológica para el ser humano, ya que es una parte constitutiva de su ser y a la vez le permite conocer y relacionarse con su entorno. El espacio es una realidad social, históricamente construida, con un papel crítico en la dinámica social, tiene una expresión formal que puede ser transformada por una variedad de procesos y paisajes posteriores y cobra expresión en el registro arqueológico. (Vaquer y Gordillo, 2013).

Cada lugar es, en cada momento, un sistema espacial, sea cual sea la edad de sus elementos y orden que mantengan, la sincronía y asincronía no son opuestas si no complementarias en el contexto espacio temporal (Santos, 1980).

La arqueología del paisaje tiene como objeto integrar los ordenamientos espaciales que hoy se ven, que mantienen una fisonomía propia como entidad espacial, con los procesos socio-espaciales que han precedido dicho ordenamiento y que remiten a la espacialidad del tiempo en términos de paisajes arcaicos, que plasman las condiciones económicas, políticas, culturales e ideológicas. (Molano Barrero, 1994).

En este contexto, la arquitectura y el paisaje como objetos de estudio del registro arqueológico corresponden a la materialización de un concepto, resultado de un proceso y recurso del pasado en el presente (Blanco-Rotea, 2017). Cada unidad espacial se diferencia, distribuye e interrelaciona con las demás, conformando un sistema en el que las partes se correlacionan como una unidad sintáctica (Vega-Centeno, 2010).

De acuerdo a Houck y Zaro (2011), la construcción de una edificación, o de sus partes, se realiza en dos fases: la primera es la conceptualización, es decir, la planificación y la segunda, la aplicación, es decir, la ejecución en sí, aplicando ingeniería – es decir, como uso de la ciencia para abordar problemas prácticos-.

2.1.2 El registro arqueológico y la etnoarqueología

La Etnoarqueología es uno de las vías más expeditas para proveer la información requerida para contextualizar las analogías y para justificar asunciones. Posee un cuerpo conceptual y metodológico que permite interpretar y explicar el registro arqueológico a través de enunciados testeables, en los que se incluyen el estudio tanto de la producción, como de la tipología, la distribución, consumo y descarte de la cultura material, los mecanismos que relacionan la variabilidad y la variación al contexto sociocultural y la inferencia de mecanismos de procesos de cambio, la comprensión sobre la manera en que los objetos se confecciona, usan, re-usan y descartan –vida útil- (Politis, 2002).

Estos estudios se realizan básicamente sobre la cultura material de sociedades preindustriales contemporáneas que mantienen determinadas características homologables a las del pasado. En la Etnoarqueología convergen métodos históricos, etnográficos y arqueológicos, para describir hechos plasmados en el registro arqueológico (González Rubial, 2003:10). Sobre el uso de las herramientas aportadas por estas ciencias busca explicar el comportamiento actual de estos grupos, basándose en la cultura material y el desarrollo de la misma, además de entender procesos sociales por conductas culturales que persisten en el presente.

La etnoarqueología, al igual que la arqueología, parte de la premisa de que existe un pasado real sobre el que se puede obtener un conocimiento real, basado en datos del registro arqueológico e histórico, y gracias a observaciones hechas en el presente (Gould y Watson, 1982).

De acuerdo a Calvo Trias, García Rosello, Santacreu y Javaloyas Molina (2017) se pueden establecer dos grandes bloques en la investigación etnoarqueológica según la

finalidad que se persigue:

- Las aproximaciones que se centran en la materialidad de las sociedades vivas para testear metodologías y las posibilidades que estas tienen para, a través del análisis del registro, abordar problemáticas propias del estudio de las sociedades del pasado –en donde se incluyen los procesos tafonómicos que pueden afectar potencialmente la formación del contexto arqueológico-
- El estudio que se centra en la materialidad de las sociedades del presente con el fin de profundizar el desarrollo de prácticas sociales de diversa índole –uso de datos en el presente para interpretar de forma más o menos directa y con más o menos acierto aspectos relacionados con las comunidades del pasado. (Calvo Trias, García Rossello, Santacreu y Javaloyas Molina, 2017, p. 252 - 253).

El presente trabajo se inscribiría en este segundo bloque.

Los investigadores no constituyen una comunidad aislada del resto de la humanidad, preconcepciones y propósitos ocultos, se encuentran llenos de prejuicios (Harris, 1985). Por lo que uno de los problemas en los que puede incurrir la etnoarqueología es realizar lecturas sesgadas por la mentalidad del investigador, explicaciones etnocéntricas.

Con la finalidad de trabajar exenta de una visión sesgada, sobre la base de las lecturas de los elementos que forman parte del paisaje arqueológico de San Miguel de Urcuquí, puntualmente el resultado de la excavación de los montículos circulares, análisis de laboratorio y prospección geológica, se utilizarán datos etnográficos aportados sobre todo por el trabajo de Patrick De Sutter (1994, 1985) en la Provincia de Imbabura, que se han descrito ya en el capítulo 1, información de base para realizar el análisis CPM – PERT.

Se utiliza estos trabajos, debido a que documentan información sobre técnicas constructivas que aparentemente se mantienen vigentes desde antes de la incursión hispánica.

El uso de esta información busca llegar a generar modelos y propuestas derivadas y contextualizadas, utilizando como sustento herramientas etnoarqueológicas, siguiendo los criterios propuestos por Politis (2010).

2.2 METODOLOGÍA - SISTEMAS CPM – PERT-

2.2.1 Metodología general: Aplicación de CPM-PERT en la arqueología. Uso de la Etnoarqueología

Debido a que este trabajo parte del análisis y desglose del sistema de construcción de los montículos circulares para determinar el número de personas y el tiempo que se empleó en ello, en este proyecto se plantea trabajar y utilizar el esquema de Smailes (2011) en las construcciones de Chanchán.

2.2.1.1 La programación de obras y el método CPM – PERT

La Ruta Crítica surgió en 1957, de la combinación de la metodología llamada PERT (*Program Evaluation and Review Technique* = Técnica de Evaluación y Control de Programa) creada por la Armada de los Estados Unidos de América, para el control de tiempos inciertos del proyecto del misil Polaris y de la metodología CPM (*Critical Path Method* = Método de la Ruta Crítica), originada en un centro de investigación de operaciones de las firmas Dupont y Remington Rand, para optimización y reducción de los tiempos de actividad, con un mayor número de trabajadores y/o de recursos. (González, Bonora Eve, Marlon y Noyola, s.f).

La programación de obras permite visualizar las actividades por realizar a lo largo del tiempo, las duraciones y las interrelaciones o secuencias de ejecución (Ortegón, Pacheco y Prieto, 2005, p.42). En forma más detallada, la técnica PERT se utiliza para analizar y representar visualmente las relaciones de precedencia entre las diferentes tareas e hitos de un proyecto, así como para calcular tiempos de ejecución del proyecto con distintas hipótesis de duración de cada tarea. (González, Bonora Eve, Marlon, y Noyola)

El análisis CPM-PERT puede ser utilizado para identificar los mayores puntos críticos dentro de la programación de un proyecto, pero además es la base para calcular los tiempos para realizar cada actividad y los supuestos previos, para poder ejecutarlas, al ser un método cuantitativo que permite medir la producción por operación y los niveles de dependencia (Koskela, Howell, Pikas & Dave, 2014).

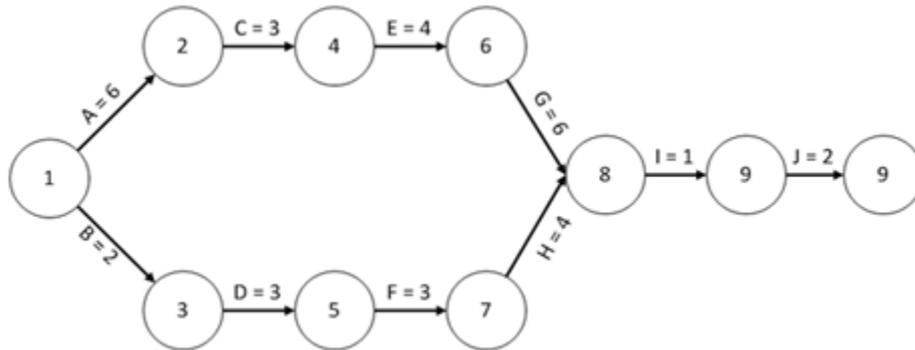
La Ruta Crítica parte de la identificación de tareas que se ejecutarán en un proyecto, y su análisis asignando valores optimistas, pesimistas e intermedios a la duración de cada tarea, es posible llevar a cabo un cálculo probabilístico del tiempo que durará la ejecución del proyecto. (BID, CITE y EPN, 2002, p. 10)

Responde a la pregunta de cuáles tareas requieren una atención especial es decir, capaces de hacer la diferencia entre una situación favorable y otra desfavorable, se compone del conjunto de actividades que no pueden atarse dentro de la ejecución, es decir, no tienen holgura y son clave para el control del proyecto y los cálculos de tiempo y costo final (BID, CITE, EPN, 2002, p. 11).

Cada tarea o hito se representa por una caja, o nodo, y las relaciones entre ellos por líneas entre los nodos. En la representación más frecuente, una caja a la izquierda o arriba de otra indica precedencia de la primera respecto de la segunda; es decir, la tarea representada

por la caja de la derecha sólo puede comenzar después que se ha terminado la de la izquierda, y la de abajo, después de la de arriba.” BID, CITE, EPN, 2002, Módulo 7, p. 10) (Ilustración No. 2.3)

Ilustración 2.3. Ejemplo de Diagrama PERT



Fuente: (Ingeniería industrial online, s.f.)

La gráfica PERT se complementa con el llamado diagrama de Gantt que sirve para calendarizar las tareas de un proyecto y sus hitos o eventos que marcan un punto de inflexión en el avance de la ejecución del mismo.

En la carta Gantt, las tareas se enlistan a la izquierda y su duración es representada mediante barras a la derecha, como se observará en el capítulo 4 (*Vid.* Ilustraciones 4.1 4.3).

Adicionalmente, puede incluirse otras columnas a la izquierda en las que se indiquen tantas variables como se juzguen necesarias por actividad, por ejemplo, el número de días, el número de personas, el tipo de cuadrilla de trabajadores que interviene, los costos, etc. (BID, CITE y EPN, 2002, pág. 10).

2.2.2 Analogías de los sistemas constructivos tradicionales persistentes

En la aplicación del sistema al objeto arqueológico, resulta de primera importancia realizar las analogías de sistemas constructivos tradicionales persistentes relacionados con los sistemas con los que fueron construidos los montículos.

Dentro de la planificación, se trata de encontrar las actividades críticas, es decir aquellas que además de insustituibles, son claves en el proceso productivo, en otros términos, podrían ser las mayores agregadoras de valor. La búsqueda de la relación óptima del uso de recursos y de tiempos de ejecución se enfatizará entonces sobre estas actividades.

Una vez identificados y validados mediante uso de herramientas etnoarqueológicas, las partes y los tiempos aplicados a las partes del sistema de construcción de los montículos

artificiales, se procederá a realizar la evaluación de las trayectorias con sus respectivas longitudes temporales, en cada una de las variables independientes, para lo que se utilizará el esquema planteado por Azofeifa Zamora (2002) –omitiendo costos:

1. La duración del proyecto no será mayor que una trayectoria en particular (El tiempo del proyecto es igual a la longitud más larga de la ruta más larga.)
2. Se encontrarán todas las rutas del sistema constructivo –actividades-
3. El tiempo de inicio –TIC- más inmediato es el tiempo más cercano a que una tarea pueda iniciarse.
4. El tiempo de terminación –TTC- más breve es el tiempo más corto en el que una tarea posiblemente puede concluir.
5. La regla para el tiempo de inicio más cercano de una actividad es igual al mayor de los tiempos de terminación más cercano de sus predecesores inmediatos.
6. El tiempo de terminación más lejano –TTL- es lo más tarde que pueda concluirse una actividad.
7. La regla para el tiempo de terminación más lejano de una actividad es igual al menor de los tiempos de inicio más lejanos de sus sucesores inmediatos.
8. Si una actividad tiene solo un predecesor inmediato, entonces tiene que el tiempo de inicio para una tarea es igual al tiempo de terminación del predecesor inmediato.
9. Para el caso de que una tarea tenga más de un predecesor se debe cumplir con el tiempo de inicio más cercano de una tarea es igual al mayor de los tiempos de terminación más cercanos de sus predecesores inmediatos, para comenzar con las actividades iniciales.
10. El tiempo más lejano de una tarea es igual al menor de los tiempos de inicio más lejanos.
11. Para el cálculo de los TIC se cuenta con el número de periodos (semanas)
12. Los tiempos se relacionan mediante la siguiente ecuación
$$TIL=TTL \text{ (Duración estimada de la tarea) (Azofeifa Zamora, C. 2002, p. 13-22)}$$

Para aplicar el método de ruta crítica se utilizaron los programas informáticos Excel, Project Plan y MS Project que permitieron, en primer lugar, efectuar la tabla de actividades con sus cantidades y rendimientos diarios y, en un segundo momento, realizar el Diagrama de Gantt y el de Ruta Crítica, que fueron empleados por quien suscribe la presente investigación en programación de obra para proyectos contemporáneos.

En la ejecución de este trabajo se siguieron los siguientes pasos:

1. Análisis del sistema constructivo inferido de los datos arrojados por la excavación manual, tomografía eléctrica y análisis de laboratorio de los materiales. (Solórzano Venegas, 2013, Solórzano-Venegas, Woolfson Touma y Jarrín Silva, 2018).
2. Identificación de actividades / tareas y tiempo de ejecución de cada una de estas durante utilizando la técnica de pared de mano. (De Sutter, video 1994, publicaciones, 1985 y 1986, y comunicación personal, 25 de mayo de 2018).
3. Análisis del uso de la técnica de bloque de Cangahua (De Sutter, 1985 y Viñuales, 2007, comunicación personal con Roberto Andrade, 27 de agosto de 2018 y 21 de noviembre de 2018 sobre su experiencia en Sanancahuán, Provincia de Chimborazo)
4. Uso de criterio experto en arquitectura tradicional de la autora, soportado en trabajos realizados por ella y técnicos en conservación de arquitectura patrimonial

en la que se utiliza materiales tradicionales –descripción detallada de construcción de adobes, etc.

5. Diagramación del sistema constructivo de cada una de las partes para identificar las fases y puntos críticos.

3 CAPÍTULO III: SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS MONTÍCULOS ARTIFICIALES DE LA HACIENDA SAN JOSÉ

El Ecuador continental 262.826 Km² cuenta con tres regiones litoral o costa, interandina o sierra y amazónica. La segunda se ubica entre las cordilleras occidental y central, que se unen entre sí cada cierto tramo en los denominados nudos, formando valles altos en donde se asientan los núcleos humanos. La altura promedio de los valles interandinos es de 2.500 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 14° C. (INOCAR, 2012, p. 14).

Por su posición geográfica, Ecuador se encuentra exclusivamente en la zona ecuatorial pero, debido a factores como son la influencia del mar, con la presencia de la corriente fría de Humboldt y de la corriente cálida de Panamá que, combinados con la orientación perpendicular de los Andes a los vientos Alisios -y la apertura de las hoyas andinas sea hacia la cuenca amazónica o al Pacífico-, dan como resultado una climatología muy variada que contiene una verdadera gama de subclimas, microclimas y topoclimas. (INOCAR, 2012, p. 16-17). Y como consecuencia, una gran diversidad biológica y derivada de ésta, cultural.

El trabajo de Hall y Mothes (1988) identifica tres fenómenos volcánicos que afectan al Callejón Interandino: 1. Flujos piroclásticos que cubrieron cientos de miles de kilómetros cuadrados con depósitos de ceniza, piedra pómez y fragmentos de rocas de hasta decenas de kilómetros de espesor. 2. Lahares o flujos de lodo o escombros, eventos violentos frecuentes tanto en tiempos precolombinos, como en coloniales y republicanos, han dejado depósitos de hasta 10 metros de espesor. 3. Transporte por vientos y posterior depósito de ceniza y lapilli volcánico. (Solórzano Venegas, 2008, p. 32). El vulcanismo joven de la Provincia está presente mediante: aglomerados, lavas y piroclastos de naturaleza andesítica, lavas andesíticas y rocas piroclásticas. Depósitos de ceniza volcánica de la Formación Cangahua del Cuaternario cubren grandes áreas de valles y flancos interiores de las cadenas montañosas, que presentan piedra pómez en su base. (Prefectura de Imbabura, 2015, p. 11).

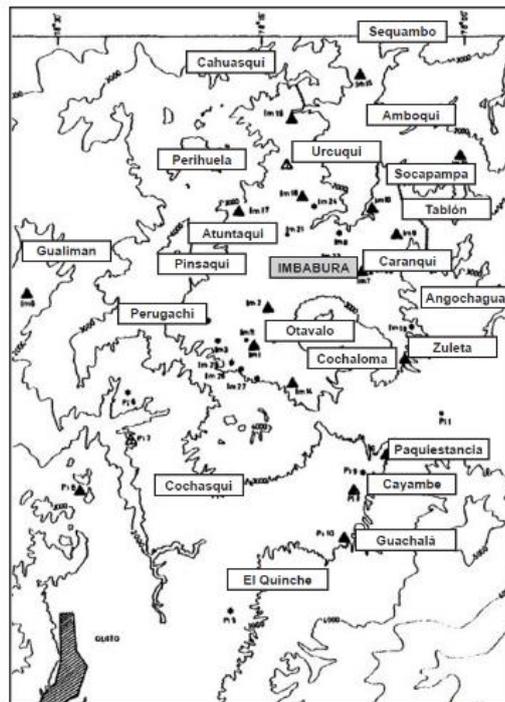
El valle del Río Chota se encuentra en la Sierra Norte, tiene su nivel de base entre los 1.400 m.s.n.m. y 1.700 m.s.n.m., con temperaturas que oscilan entre los 18° C y 20° C, las precipitaciones son muy escasas, en el orden de 300-350 mm en promedio anual; la vegetación actual es la de una estepa espinosa con un estrato arbóreo muy abierto con *Acacias* sp (Gondard , 1986)

El paisaje cultural arqueológico que caracteriza esta zona se relaciona a estructuras vinculadas al manejo del agua, además de presencia de montículos artificiales.

Se destaca que, en las cuencas hidrográficas de esta región, existen estructuras piramidales truncas, tolas⁶ y otros montículos, referidos a la zona de los Caranquis⁷ (Ilustración 3.1); estos elementos también se han identificado en áreas de los denominados yumbos (Lippi, 2004). Las mencionadas estructuras se encuentran en superficie y en subsuelo, algunas han logrado mantenerse visibles a pesar de los eventos volcánicos que han sucedido en la zona, merced a la cercanía de volcanes como el Chachimbiro, Cotacachi e Imbabura.

Ilustración 3.1. “País Caranqui indicando sitios con tolas principales y la división del territorio en dos mitades con la sub-región Caranqui al norte y la sub-región Cayambe al sur”

LAS TOLAS PERDIDAS DE CARANQUI Y SU CONTEXTO HISTÓRICO Y REGIONAL | 141



MAPA 1. PAÍS CARANQUI INDICANDO SITIOS CON TOLAS PRINCIPALES Y LA DIVISIÓN DEL TERRITORIO EN DOS MITADES CON LA SUB-REGIÓN CARANQUI AL NORTE Y LA SUB-REGIÓN CAYAMBE AL SUR.

Fuente: Bray y Echeverría (2014)

De acuerdo a Yi-Fu Tuan en su obra *Espacio y lugar: la perspectiva de la experiencia*, la distribución de los elementos construidos tiene que ver con la manera en que

⁶ La palabra “tola” no pertenece al léxico español ni al quichua, parece más bien ser un vocablo de la población aborigen de la sierra septentrional del Ecuador, aceptado en la lengua española de la Audiencia de Quito desde muy temprano. Caillavet, 1983: 10 mencionado en Bray y Echeverría 2014. Pág. 133.

⁷ Conforme Segundo Moreno lo señala “Los límites del país Caranqui van desde el sur del río Chota-Mira, el cacicazgo de Cayambe en las estribaciones orientales del extinto volcán Cusín y los páramos de Pesillo, hasta la cordillera Real de los Andes hacia el oriente” (Moreno Yáñez, 1998, Pág. 44, 45, citado en INPC – SENESCYT – Universidad de Cuenca, 2014)

las antiguas poblaciones respondieron a requerimientos de la geografía, de las montañas, del agua, de las condicionantes bióticas pero también pueden dar indicios de cómo las personas se relacionaron entre sí para ejercer sus actividades, como percibieron el espacio (o el lugar), le dieron significado y de cómo el territorio modificó su comportamiento social y aún individual (Vaquer y Gordillo, 2013).

3.1 MONTÍCULOS ARTIFICIALES EN LA PROVINCIA DE IMBABURA

La denominación de montículos artificiales se asocia a diferentes edificaciones que se registran desde el centro oeste de Estados Unidos de Norte América, en América Central y América del sur: (huacas peruanas; tolas ecuatorianas, colombianas y venezolanas; montículos artificiales de Chile, de Brasil, de Paraguay, etc.) (Guillaume-Gentil, 2013)

En Ecuador, la Provincia de Imbabura se caracteriza por la presencia de numerosos montículos artificiales circulares –tolas- o cuadrangulares –pirámides-. En el Cantón San Miguel de Urcuquí, se los encuentra solos o en conjunto, formando ‘barrios’, lo que llevó a Jacinto Jijón y Caamaño, en el siglo veinte, a referirse a este lugar como contenedor de la “Cultura de las Tolas” (Gondard y López 1983; Porras Garcés 1987, Jijón y Caamaño, 1992).

De acuerdo a Jacinto Jijón y Caamaño, cada Tola era el emplazamiento de una casa grande, algunas están entre sí muy cercanas y a veces agrupadas en cuatro, seis o más, dejando entre ellas una plaza; a distancia moderada hay dos o más grupos semejantes, que en conjunto constituyen un pueblo (Jijón y Caamaño, 1997, p. 135).

Tradicionalmente se pensaba que estas estructuras eran producto de hacinamiento de tierra, con un acuerdo, casi generalizado, de que las pequeñas constituían monumentos funerarios, mientras que las grandes eran habitacionales, pudiendo también contener en su interior enterramientos (Porras, 1987)

Muchos montículos artificiales han desaparecido por actividad antrópica, sin embargo, las investigaciones realizadas en la Provincia de Imbabura, llevan a sugerir que los sitios de montículos en esta región tenían múltiples funciones, estaban asociados con áreas ancestrales de enterramientos, residencias de élite, así como actividades sociales y ceremoniales intermitentes que involucrarían festines (Bray y Echeverría, 2014). De acuerdo a Salomon (1988), Ugalde Mora y Landázuri Narvárez (2016), estarían en territorio dominado por los grupos Carangues o Caranquis.

Los primeros indicios sobre la complejidad del proceso constructivo de las Tolas en este territorio se encuentran en el trabajo de J.S. Athens, puntualmente en los gráficos de los

montículos circulares número 18 y 19 del Sitio Arqueológico Socapamba. Sobre la base de los hallazgos, el investigador propuso un uso mixto de estos elementos, habitacional y funerario, por lo menos para el primero –montículo 18-, mismo que en su base, además, presentó una sub-estructura, considerada como un canal (Athens, 1976)

Más adelante, Echeverría, Berenguer y Uribe, en el corte realizado por la vía Panamericana a un montículo del Sitio Remolino de Tababuela (02/IBb0312-), identificaron partes de ‘muros’ contruidos con núcleos regulares de ‘piedra caliza’⁸ de 40 cm de largo por 30 cm de ancho y 11 cm de grosor (cortados ex profeso para su colocación). Observaron que las rocas fueron puestas una sobre otra. En la parte central distinguieron que entre ‘laja y laja’ existía lo que ellos denominaron ‘tierra granulosa de color rojizo, suelta’, por el nivel del desgaste de la estructura no tuvieron la seguridad de su uso como mortero (Echeverría, Berenguer y Uribe, 1988).

Los investigadores propusieron que para la construcción de este montículo se pudo hacer uso del método de ‘celdillas’, en el cual la materia prima principal generalmente era la cangahua, pero para el caso del sitio Remolino se trabajó con ‘piedras calizas’, que de acuerdo a los autores tuvo una doble ventaja, “fácil de cortar y poco peso para su transportación” (Cordel en Athens, 1972, en *Ibíd*em p. 91).

La información obtenida durante la limpieza y excavación de un perfil expuesto de la hacienda San José, donde se reportó la presencia de mampuestos de tierra cruda, junto con los resultados de la prospección magnética, llevaron a Solórzano Venegas y Woolfson Touma (2018) a diagramar el sistema constructivo de estas estructuras.

3.2 SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS MONTÍCULOS CIRCULARES

En la antigua Hacienda San José, hoy, Universidad Yachay, a pesar de la actividad agrícola intensiva se han logrado preservar un total de 26 montículos agrupados en 4 conjuntos y un montículo aislado (*Vid.* Ilustración. 1.1)

En el conjunto 1 de los montículos, Solórzano-Venegas (2013) limpió un perfil expuesto de un montículo de 35 m. norte – sur y 42 m. este – oeste y 2.5 m. de altura; determinó ligeros cambios en la coloración y textura del suelo, a partir de los que se dibujaban elementos cuadrangulares en la pared de trabajo. Para conocer si se mantenía el patrón a nivel de subsuelo decidió realizar una excavación manual.

⁸ Las comillas no constan en el texto original, corresponden a la autora

Sobre la base de los resultados obtenidos se tomó la decisión de realizar una prospección geofísica en otras dos tolas, pero esta vez en el conjunto 3.

3.2.1 Excavación manual

Se realizaron cinco trincheras de 300 cm. de largo, de manera intencional, su ancho y profundidad no fueron homogéneos, el primero fluctuó entre los 80 cm y el segundo no sobrepasó los 250 cm. Las excavaciones graduales permitieron registrar mampuestos de tierra cruda, inicialmente se pensó que se trataba de micro estratos horizontales de 30 cm de espesor promedio, sin embargo iban tomando forma rectangular (Ilustración No. 3.2).

Los análisis organolépticos, durante el inicio de la limpieza del perfil, permitieron identificar dos tipos de mampuestos, unos de tonalidad marrón y otros grisáceos, fueron escasos lo relacionados con el primer caso, identificándose principalmente en la parte central de la estructura. (Ilustración 3.2)

Ilustración 3.2. Definición inicial de los bloques cenizos, con tonalidades marrón y blanca



Fuente: Solórzano-Venegas (2013)

En la parte superior de la estructura, los bloques tuvieron unas dimensiones de 35 cm. de ancho por 30 cm. de alto, en promedio. Conforme se fue profundizando la excavación, su tamaño se incrementó paulatinamente. En lo que se puede considerar la planta de cimentación llegaron a alcanzar 40 cm. de ancho, por 40 cm de largo, manteniéndose generalmente los 30 cm de alto, incluso mayores en la parte central del cuerpo, puntualmente en la base.

En las trincheras 9 y 10 se llegó a la base de la estructura, la cual se identificó por la presencia de suelo firme –cangahua-. En la primera, ésta alcanzó 220 cm. bajo superficie original del suelo previo a la construcción y en la segunda 115 cm. La planta de la última (Ilustración 3.3.)-Vid. Ilustración. 1.2-

Ilustración 3.3. Trinchera Noreste base de la estructura, bloques dibujados hasta llegar a la cangahua en el extremo de la estructura



Fuente: Solórzano-Venegas (2013)

Entre bloque y bloque se determinó la presencia de un suelo similar al utilizado para su construcción, con predominancia de ceniza. La diferencia de la mezcla o argamasa para pegarlos está dada por su textura y macro impurezas, en tanto se encontraba más suelta, por adhesión de agua y poseía macro elementos intrusivos (rocas naturales y trabajadas, cerámicas principalmente). El retiro de la argamasa permitió confirmar la colocación consecutiva de los bloques (Ilustración 3.4)

Ilustración 3.4. Detalle de área entre bloques, luego del retiro de argamasa.



Fuente: Solórzano-Venegas (2013)

A nivel macroscópico se pudo identificar que para la elaboración de los bloques limosos existió un alto proceso de depuración de la materia prima utilizada, sea por una granulometría fina en su estado natural, -las cenizas son partículas de menos de 2 mm de diámetro (INPI, 2014, pág. 7), de las cuales los de mayor diámetro permanecen cerca del volcán mientras que las más finas pueden dispersarse gracias a los vientos- (IGEPN, 2011), o por la ausencia de otros materiales-, en tanto no se observaron macro impurezas -ausencia de rocas, cerámica u otros objetos visibles-.

La argamasa utilizada y los bloques tienen una composición similar, aunque la mezcla con presencia de macro impurezas, no siempre perceptibles, lo que lleva a confundir incluso al ojo entrenado en lectura estratigráfica, por lo que tradicionalmente se pensaba que se trataba de acumulaciones de suelo sin tratamiento o con puntos localizados donde se colocaban bloques de cangahua o de rocas.

En la parte superior del montículo, casi en el centro, se encontró un pozo de expoliación o huaqueo, el cual fue limpiado. Bajo la superficie original de construcción, 100 cm aproximadamente, fue posible identificar la impronta dejada por la boca de un artefacto cerámico contenedor de tamaño grande (posible pondo), el cual aparentemente fue colocado

boca abajo mucho después de la construcción de la estructura, luego de un proceso de excavación manual en épocas prehispánicas. En el corte de limpieza, 60 cm bajo superficie, también fue posible identificar evidencia de bloques (Ilustración 3.5)

Ilustración 3.5. Área de saqueo en montículo excavado, con evidencia de bloques



Fuente: Solórzano-Venegas (2013)

Sobre la base del análisis de las fotografías y el material inédito de la excavación, la relectura permite observar que en la planta del montículo, los mampuestos tenían dimensiones mayores que en el cuerpo, es más, se presentaban a manera de planchas de 35 cm de alto –mantienen la misma altura que en el resto de cuerpo- pero con una longitud de entre 60 y 50 cm.

Respecto de la variedad de los bloques empleados se exponen algunos aspectos detectados en las excavaciones y otras particularidades que permiten plantear, como hipótesis, el uso combinado de aquellos exentos de molde, - que tendrían las características constructivas de lo que hoy se conoce como pared de mano-, conjuntamente con bloques de cangahua, -cortados de paredes del suelo expuestas en quebradas, desniveles menores e inclusive en los planos horizontales excavados para los montículos- y, posteriormente labrados a las dimensiones que posibilitaron su acarreo y colocación:

- el análisis de tamaño (más pequeño para el adobe de ceniza y más grande para el bloque de cangahua),
- color (gris claro para los adobes de ceniza o puzolana y ocre para los bloques de cangahua) y;
- ocasionalmente, de la forma de los mampuestos de los perfiles excavados (algo

menos regulares serían los adobes de ceniza), así como

- las evidencias encontradas en otros montículos de la región, correspondientes a la cultura Caranqui y
- la cercanía de fuentes de materiales.

La propuesta anterior también tiene asidero en el hecho de que el material obtenido en las excavaciones para conformar la parte subterránea de los montículos, no es suficiente para cubrir, en volumen, los requerimientos de la parte inferior y superior de las estructuras, con los adobes de ceniza o con los de cangahua. No menos importante, es el hecho de que la elaboración de adobes requiere de agua, no así los bloques tallados de cangahua, al menos en el período de preparación.

Sobre lo antes expuesto se propone que para la construcción del montículo se utilizaron 2 tipos de mampuestos ubicados preferentemente:

- En la base, elementos de cangahua cortada, misma que pudo ser obtenida, parcialmente, durante el retiro del suelo para la construcción del montículo
- En el cuerpo –inferior medio y superior- bloques, a manera de adobes, superpuestos.

Los mampuestos de la parte central del montículo fueron analizados en el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional; las características de los materiales llevaron a identificar que se trataba de cenizas provenientes del Volcán Chachimbiro, en composición con otro elemento, no reconocido por los parámetros empleados, pero sin evidencia de micro o macro impurezas. (Solórzano Venegas, 2013).

Como se indicó en el Capítulo 1, Acápite 1.1.3 Suelos de la región, la composición misma de la ceniza o puzolana -utilizada en la elaboración de bloques de tierra cruda- incluye, de forma natural, una cantidad de calcitas o carbonato de calcio (Zebrowski, 1996), lo que favorece sus propiedades de cementación, aglomeración o compactación, similar a lo que sucede en la elaboración del cemento Portland y el cemento puzolánico:

El Cemento Portland es el producto artificial resultante de calcinar hasta un principio de fusión mezclas rigurosamente homogéneas de Caliza y Arcilla, obteniéndose un cuerpo llamado clínquer, constituido por silicatos y aluminatos anhidros, el cual hay que pulverizar junto con el Yeso, en proporción menor al 3%, para retrasar su fraguado (...)

El "Cemento Puzolánico" es una mezcla de cemento Portland y puzolanas naturales o artificiales en proporción del 15 al 40%, según sea la más conveniente. Este tipo de cemento estéril de mayor resistencia a los agentes químicos, se caracteriza por desarrollar menos calor al fraguar, tener menor dilatación y ser más impermeable que el Cemento Portland, disminuyendo la exudación y segregación. Su nombre deriva de la *puzolana*, una fina ceniza volcánica de la región del Lazio y la Campania, cuyo nombre se debe a la localidad de Pozzuoli, cercana a Nápoles, situada en las faldas del Vesubio. Posteriormente se ha generalizado el nombre para los cementos con cenizas volcánicas de otros lugares. (Construmática.com).

El tipo de suelo general de la provincia, la presencia de calcitas o carbonatos de

calcio, habría permitido generar bloques de ceniza, con una técnica similar a la tradicional pared de mano, elaborados mediante un proceso de extracción de materia prima –ceniza, limo o puzolana-, amasado, pisoteado para formar bloques y secarlos, previo a su colocación. El limo o ceniza, además de ser más abundante en los suelos de la región, tiene entre sus propiedades una mayor permeabilidad, lo que demanda de menor cantidad de agua, pero a la vez, el secado es relativamente más rápido que el de las arcillas, utilizado en otras áreas para los adobes. Adicionalmente, no se adhiere a los dedos, lo que facilita el moldeado. (EIC – DCGG- UTPL, s.f.).

3.2.2. Prospección eléctrica

La geofísica es una técnica o conjunto de técnicas que ayuda a los arqueólogos en la comprensión del subsuelo de forma rápida, sin alterar los contextos, mediante el uso de protocolos estrictos busca constantes y anomalías que son captadas por los equipos (Oliveira, Caldeira, Teixidó y Borges, 2016).

Entre las técnicas más populares de prospección geofísica aplicadas a sitios arqueológicos se encuentran la eléctrica, la magnética y la sísmica, pudiendo utilizarse solas o en conjunto, su fin es facilitar la identificación de áreas donde se debería realizar una intervención directa invasiva (excavación), coadyuvando a la conservación de los sitios; su aporte a la arqueología es similar al de los análisis clínicos previos a la intervención de un paciente (Manzanilla, Barba, Chavez, Arzate y Flores, 1989; Oswin, 2009).

A diferencia de los procesos tradicionales, en los que primero se aplica la prospección geofísica y luego la excavación, Solórzano-Venegas (2013) lo utilizó para confirmar los resultados de la limpieza manual de perfiles de los montículos hemisféricos de Urcuquí.

Para evidenciar el comportamiento del subsuelo de las tolas de Urcuquí se utilizó el método de **Resistividad Eléctrica Continúa** o Tomografía Eléctrica, el cual permitió evaluar la resistividad tanto a profundidad como lateralmente.

El uso de métodos eléctricos consiste básicamente en la aplicación de voltaje a través de dos puntos, luego la corriente (amperios) fluye entre éstos, multiplicando los voltios por los amperios se indica la potencia (vatios) que se genera. La división de los voltios por los amperios se indica la resistencia (ohmios) a la corriente, que es graficada de forma bi-o tridimensional (Oswin 2009). Esto permite detectar diferencias en la densidad y composición del suelo, a partir de su resistividad.

Se trabajó en dos perfiles, en los cuales se dispusieron los electrodos con separaciones equidistantes de 10 metros.

El primer perfil o L-1 fue colocado de tal manera que atravesó dos tolas, mientras que el segundo, o L-2, se colocó transversal al primero y sobre uno de los montículos artificiales. El objetivo de la implantación de los perfiles fue poder tener una lectura comparativa de los dos ejes en al menos una estructura e identificar variaciones de resistividad en su parte central además de la zona intermedia (López E. 2013 en: Solórzano 2013)

Una vez procesada la información se obtuvieron pseudo-secciones de resistividad en forma bidimensional (Imágenes de Resistividad o Tomografías Eléctricas), pudiéndose evaluar y determinar de esta manera las condiciones y características geológico-estructurales de las diferentes capas y/o cuerpos de materiales, que conforman el subsuelo de las zonas de estudio (Ilustración 3.6).

Sobre los dos sondajes medidos se puede observar lo siguiente:

- Los valores entre 21.8 ohm-m y 49.9 ohm-m corresponden a materiales que contienen humedad, posiblemente vinculados a cenizas volcánicas (material fino de carácter arcilloso ávido de agua), a diferencia de los sectores en donde se tiene la presencia de valores iguales a 114 ohm-m, que podrían estar relacionados con la presencia de cangahuas (suelos limosos no arcillosos).
- Los valores que muestran una baja resistividad son visibles en ambas estructuras, principalmente en la zona periférica, aumentando los niveles en la parte central (entre 49.9 y 65 ohm-m).
- El suelo periférico a las estructuras se encuentra en el rango de 49.9 y 65 ohm-m, lo que podría estar asociado a arcillas mezcladas con ceniza volcánica o limo.
- En el perfil L1 en la parte superior del montículo se determinó un sector cuya resistividad es bastante alta (599 ohm-m) entre las abscisas 0+030 y 0+040, asociado a la presencia de una roca, no se descarta que se trate de un vacío propio de la estructura arqueológica (López, 2013, en: Solórzano, 2013).

La información aportada por las dos imágenes permitieron proponer que los suelos antropogénicos vinculados al cuerpo de las tolas, se encuentra en el rango de valores comprendidos entre 25.2 y 65 ohm-m. La variación está dada por el incremento o decremento de la humedad de los materiales, es decir, por la cantidad de puzolanas utilizada en la mezcla para elaborar los mampuestos colocados en los diferentes puntos del cuerpo (Solórzano

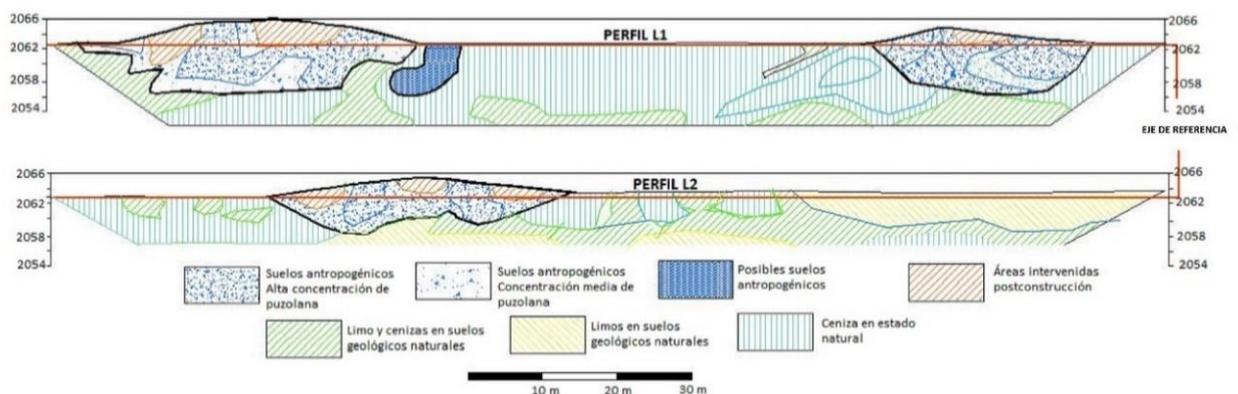
Venegas, Woolfson Touma y Jarrín Silva, 2018, p. 9).

La variación de humedad igualmente refiere a la diferencia de densidades entre los tipos de mampuestos. Un adobe, por su forma de elaboración, resulta más poroso que un bloque de cangahua que ha estado sometido por milenios a un proceso de compactación y por ende, también el adobe, de manera general, está más propenso a absorber el agua del subsuelo o del intemperismo, aunque en este caso, la composición, con un alto contenido de ceniza de textura fina, lo diferenciaría considerablemente de adobes fabricados con suelo negro u otros que tienen entre sus debilidades, como material de construcción, la posibilidad de fácil captación de humedad.

Desde el punto de vista de la determinación de la génesis constructiva de los montículos, los estudios geofísicos de tomografía eléctrica posibilitaron:

- Confirmar la realización de excavaciones en toda el área de los montículos, en el caso del montículo 1 con una forma inversa (a manera de un espejo) a la forma del volumen exterior de las estructuras.
- Verificar la existencia de suelos naturales más porosos hacia la superficie (cenizas o limos) y arenas, cenizas o limos y arcilla, procesados (cangahua) a mayor profundidad.
- Determinar el uso de materiales diferenciados en los montículos (concentraciones altas y medias de puzolana).
- Constatar la existencia de áreas intervenidas en forma posterior a la construcción.

Ilustración 3.6. Comparación de los resultados del perfil 1 y 2



Fuente: Solórzano Venegas, Woolfson Touma y Jarrín Silva (2018, pág. 9)

3.2.3 Sistema constructivo de los montículos artificiales de la antigua Hacienda San José

Sobre la base del análisis de la información recuperada por métodos tradicionales, con el soporte de métodos eléctricos Solórzano-Venegas y Woolfson Touma (2018) diagramaron el sistema constructivo de los montículos artificiales de la Hacienda San José (Ilustración. 3.8.), los que se desarrollan al interior de 3 procesos:

3.2.3.1 Planificación

Debido a que los montículos circulares generalmente se encuentran en conjuntos en lo que hoy en día se conoce como provincia de Imbabura, sus usuarios buscaron zonas planas con el espacio suficiente para poder ubicar los conjuntos o ‘barrios’ descritos por J. Jijón y Caamaño (1997). Para el caso de Urcuquí puntualmente, no se descarta nivelaciones intencionales del terreno, las cuales podrían estar asociadas con la recolección de puzolanas para la elaboración de los bloques, además de procesos de actividad agrícola junto a los montículos, en donde las fuentes de agua, naturales construidas tienen un papel fundamental⁹.

La planificación como tal, una vez definida la ubicación, se la realizó en tres fases básicas:

- 1) Resolución del número y de distribución espacial de los montículos que definirían el conjunto, aunque no se descarta que sumaran nuevos elementos de este tipo con el transcurso del tiempo, dependiendo de las necesidades.
- 2) Determinación de las dimensiones en planta, las cuales tienden a mantener una relativa homogeneidad en los barrios. El tamaño de estas estructuras, potencialmente, estuvo vinculado con el número de usuarios y/o actividades que se tenían previstas realizar en ella¹⁰.
- 3) Definición de la altura que deseaban obtener y por ende, de la profundidad del retiro o excavación de suelo. Los datos aportados por la geofísica, al igual que los datos obtenidos por la prospección manual, permitieron identificar que una variable es dependiente de la otra.

⁹ La geomorfología del cantón San Miguel de Urcuquí ha sido alterada por varios procesos antrópicos, las estructuras, tales como los montículos e infraestructuras, como las acequias, que tienen origen prehispánico, muestran sistemas de organización social que han dejado huella en el paisaje cultural.

¹⁰ Las Tolas de Urcuquí, al igual que el resto de las de la provincia de Imbabura, tuvieron una doble función, ocupacional y funeraria.

- 4) Determinación de fuentes alternas de materia prima para elaborar los mampuestos y la argamasa –suelo y agua, principalmente-. Aparte de reutilización del suelo de implantación del montículo, como se verá más adelante para la elaboración de los mampuestos, también se debió complementar con fuentes alternas. En lo que respecta a argamasa y mampuestos de ceniza, la materia prima podría haberse tomado de terrenos aledaños, nivelándolos. Las capas superficiales se emplearían para argamasa, mientras para los adobes se usarían las capas subyacentes del horizonte C. Para los bloques de cangahua, se habrían empleado los cortes en diferencias de nivel y quiebres del terreno, que se encuentran en radios no mayores a 1 000 m.

3.2.3.2 Preparación del terreno y los mampuestos

Los montículos estudiados demuestran una relación directamente proporcional entre las dimensiones de la forma tronco cónico o semi esférica en la base, con su equivalente en la superficie de uso.

La ejecución de las excavaciones se habría caracterizado por el retiro de un suelo relativamente suave constituido, básicamente, por las cenizas en la parte superior, mientras que en la inferior debió ser más duro, debido a que se trabajó sobre la cangahua, conforme se ratifica en la prospección geofísica (Ilustración 3.6).

La cangahua de la parte inferior, es posible que haya sido reutilizada, labrada o tallada, para la elaboración de los mampuestos, colocados en la parte baja de los montículos, en algunos puntos durante el retiro del suelo, se observó en la geofísica anomalías escalonadas, a manera, potencialmente dejadas ex profeso, a para servir como soporte de los mampuestos.

De manera concomitante al retiro de las primeras capas de suelo y con el uso de este material, se debió iniciar la elaboración de los adobes de ceniza o puzolana, recolectando también material de zonas laterales, potencialmente, además de lo indicado en forma previa, de minas identificadas por los constructores, pero que no se han detectado al momento. Esta parte del trabajo se asimilaría a la ejecución de la llamada pared de mano, puesto que, aunque tendría puntos en común con la elaboración de adobes, no existen evidencias del característico y conocido uso de moldes para este caso.

La recolección de la materia prima era local y su fuente básica de aprovisionamiento fueron los depósitos de ceniza del Volcán Chachimbiro, según el informe correspondiente de

Mothes (2013). Este volcán, de acuerdo a Bernard, B., Robin, C, Beate, B. Hidalgo, S. (2015, 2011) posee estratos que van de pocos centímetros hasta 6 metros y cubren un perímetro de más de 50 km, dentro del área de influencia directa de la investigación. (*Vid.* Ilustración A.A.1 Estratigrafías del Volcán, Bernard et al 2015, en Anexo A)

En el caso del conjunto 1, además de la propia excavación, se encuentra muy cercana la quebrada del río Ambi, ubicada hacia el sur, mientras hacia el noroeste, hay fracturas con diferencias de nivel, en las que se ubicarían perfiles con cangahua, dada la composición del suelo de la región según las varias referencias incluidas ya (Prefectura de Imbabura, 2015) y (Zebrowski, 1996) y que se observa también en los perfiles geofísicos (*Vid.* Ilustración A.A.1). Cabe incluir un dato etnográfico en el sentido de que quienes se ocupan del traslado del agua son las mujeres (Andrade, comunicación personal, 21 de noviembre de 2018)

Si bien los otros conjuntos se encuentran más alejados de la quebrada, la topografía, hacia el norte y noroeste, contiene diferencias de nivel que permitieron la extracción de los bloques de cangahua.

Para las fuentes de agua, nuevamente se hace referencia a la quebrada del río Ambi y se suma la presencia de ojos de agua y antiguas acequias (*Vid.* Ilustración A.A.3) cuyo origen precolombino tendría que estudiarse para confirmarlo o negarlo, sin embargo, su construcción pudo estar asociada a la de las estructuras, para la obtención del recurso hídrico necesario para el proceso y aprovisionamiento para subsistencia.

La consistencia de los adobes se debe a su contenido cálcico. La forma circular de los montículos y el uso de ceniza volcánica, para su construcción, dentro de lo que hoy en día se conoce como biomímesis¹¹, tendrían una relación, además de funcional, vinculada con los volcanes –edificio volcánico o de recreación volcánica-, reconstruyendo geomorfología en espacios puntuales.

Para la preparación de los mampuestos, conforme la evidencia etnográfica, se propone el uso de apaleo y pisoteo en húmedo, para obtener una base plástica, sin descartar el tamizaje, previo al humedecimiento, para conseguir una mejor calidad. Luego del pisoteo se habría dejado reposar o “podrir” la preparación por algunos días. Al parecer, el material vegetal que cubría el suelo habría sido utilizado mayormente para las mezclas o argamasas, tal como se hace en el proceso constructivo de la pared de mano.

¹¹ El objetivo de la biomímesis es reconstruir los sistemas humanos de manera que encajen armoniosamente en los sistemas naturales (Riechmann, 2003, pág. 28)

Debido a que los elementos no han sido sometidos a transformaciones físicas – químicas (fuego), se propone que el tratamiento haya sido similar al contemporáneo, definiéndose con el corte en forma cúbica gracias al cabo, eventual moldeado para compactación y secado al aire libre, previo a su colocación en obra. Para controlar las condiciones ambientales, lo más probable es que se haya realizado esta práctica durante la época menos lluvioso, es decir, el verano.

En forma paralela a la excavación del suelo, o inclusive, una vez definida la ubicación, al continuar con el hilo de la hipótesis de un uso combinado de bloques de cangahua, debieron cortarse los bloques en bruto de las fuentes de cangahua, para labrar los bloques al tamaño requerido y transportarlos hasta el sitio de construcción del montículo.

Para colocar los mampuestos, sean estos bloques de cangahua o adobes de ceniza, se preparó la argamasa en los momentos mismos de colocar los bloques; el agua, la ceniza volcánica, junto con macro-impurezas, inorgánicas y orgánicas, fueron los elementos fundamentales para obtener la consistencia requerida para que cumpla con su función.

Para la elaboración de la argamasa y sobre la base de las observaciones de los contenidos *in situ* en los montículos, de las descripciones etnográficas y observaciones de la autora, cabe plantear el uso de los mismos materiales que para el bloque de puzolana, pero con los suelos más superficiales que contienen restos orgánicos, puesto que los mismos posibilitan mejorar la adhesión al impedir la contracción de los materiales al secarse.

3.3.3 Ubicación de los mampuestos

La restitución del suelo y levantamiento de la estructura también se la realizó por etapas y con criterios selectivos de tipo estructural.

Primero eran colocados los bloques de mayor tamaño en la parte inferior, lo que permitió mayores cargas sobre él, además de que simbólicamente, también correspondería a la base del edificio volcánico y, los de menores dimensiones, en la parte superior. Los bloques con menor cantidad de ceniza fueron ubicados en el centro y la periferia (la menor cantidad de ceniza, indica que se trata de cangahua debido a que ésta contiene, además de arena, (como los suelos puzolánicos), pequeñas cantidades de arcillas, en lugares destinados a realizar modificaciones intencionales. Hay que considerar que la cangahua tiende a fracturarse mas no a pulverizarse como podría suceder con las tefras, lo que habría facilitado dichas modificaciones. Simbólicamente y en forma hipotética, además de su funcionalidad, esta composición estructural podría representar el cráter.

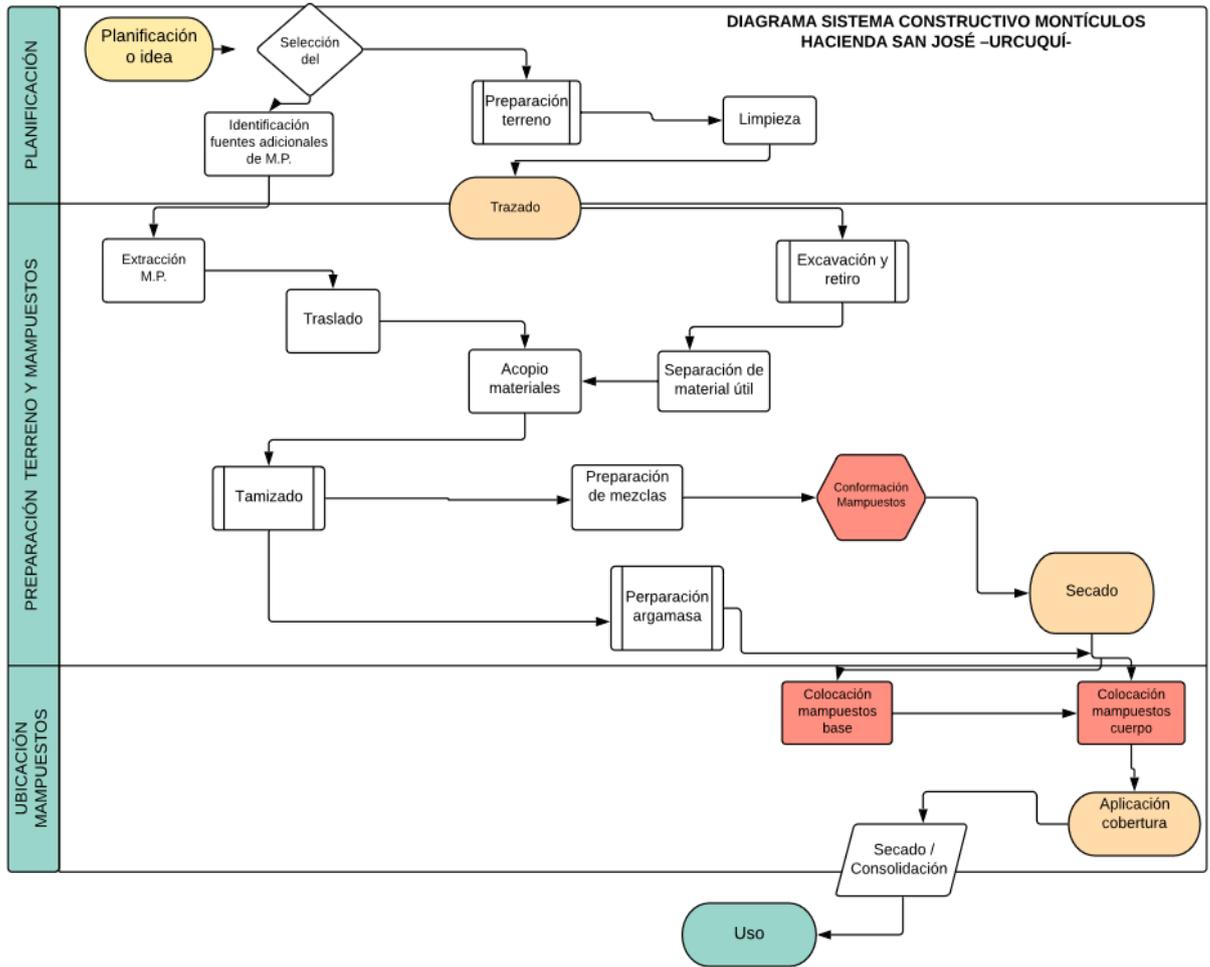
La colocación de mampuestos implicaba también tiempos dedicados al secado de las capas tanto de argamasa como de los bloques en sí, puesto que en el momento de colocación en su sitio, necesariamente debían humedecerse para favorecer su adherencia.

Para el uso de las estructuras, es posible que se haya esperado un tiempo de compactación. De acuerdo a Athens (1976) se pudo colocar un recubrimiento orgánico para su conservación. Sobre la base de los antecedentes, si es que efectivamente fue así y hay varios elementos que apoyan esta propuesta –protección del agua de lluvia y del viento– podría afirmarse que se trataba de la chamba (*Vid.* Capítulo 1). Este último proceso de acabado no se ha incluido en el tratamiento con CPM PERT, aunque el denominado ‘enchambado’, es una operación que en la actualidad se realiza comúnmente para conseguir superficies con hierba en jardines y se podría haber estimado rendimientos.

Al resumir el proceso, se definen las siguientes actividades (Ilustración 3.7.):

- Limpieza del suelo en el área planificada
- Excavación o retiro del material según la forma predeterminada
- Tallado o labrado de bloques, traslado a la obra.
- Obtención de agua, preparación del suelo excavado y conformación de adobes
- Secado de los adobes a la intemperie.
- Corte de bloques de cangahua en los bordes de quebrada y/o en fracturas con desplazamiento vertical del suelo, o en el mismo suelo.
- Elaboración de argamasas a partir de suelos con contenidos vegetales y otros elementos (piedras naturales y artificiales o cerámicas) mezclados con agua.
- Colocación de las mamposterías: de preferencia en subsuelo y periferia bloques de cangahua y, al centro, adobes de ceniza.

Ilustración 3.7. Diagrama del sistema constructivo de los montículos artificiales de Urcuquí



Fuente: Solórzano-Venegas y Woolfson Touma (2018)

4 CAPÍTULO IV: MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM) Y TÉCNICAS DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS (PERT)

4.1 PROGRAMACIÓN DE OBRAS Y EL MÉTODO CPM - PERT. EJEMPLOS DE RENDIMIENTOS EN ACTIVIDADES REALIZADAS EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES PERSISTENTES

El análisis CPM o ruta crítica, es una herramienta utilizada desde mediados del siglo veinte, que inicia con la definición de acciones precedentes, secuenciales y paralelas. Con esta información, se elabora la red de actividades y se determina la duración de cada una de ellas.

Previamente, se han establecido supuestos en cuanto a los recursos que se utilizará como número y especialización de las personas que participan en cada actividad, el tipo de herramientas por tarea, la disponibilidad de materiales y del transporte. Según el período del año en el que se realice el trabajo y, cuando se trata de actividades a la intemperie, se considera el clima que se presente, entre otras variables que podrían aumentar, según la complejidad o tipo de tarea.

Una vez que se establece la duración de las tareas se suman los tiempos de las actividades secuenciales dentro de la red, conforme señala el esquema de Azofeifa Zamora (2002). Este paso conduce a la elaboración de la Ruta Crítica, herramienta contemporánea utilizada para la planificación de actividades aplicadas en diversos campos y proyectos que, como su nombre lo indica, parte de la identificación de las actividades principales o críticas, sobre la base de las cuales se determina la cadena de mayor duración, utilizando precedentes. Dentro de esta cadena, se puede definir las tareas que tengan una holgura de tiempo para su realización (actividades no críticas).

Sea durante la planificación o en la ejecución de los trabajos, es posible entonces armar escenarios al cambiar los recursos, intensificándolos o desconcentrándolos, para aumentar o disminuir los tiempos de realización.

Los pasos para su ejecución, aplicados en la presente investigación son:

- Secuencia de las actividades o rubros para realizar la programación de obras.
- Rubros empleados en los procesos.
- Rendimientos en actividades (rubros), según recursos asignados que, para estos casos son mayormente, obreros.
- Tiempo requerido para obtener un volumen determinado de obra, con el uso de los

recursos previamente determinados.

4.1.1 Secuencia de las actividades para realizar la programación de obras

En el proceso de programación de obras hay una secuencia previa de actividades que, para el caso de la arquitectura tradicional o vernácula, es más simple al que se emplea en proyectos arquitectónicos e ingenieriles modernos, en el que participan diversos profesionales dentro de la rama directa de construcción –arquitectura, ingeniería estructural y de infraestructura–, eléctricos, hidrosanitarios-, entre otros.

La arquitectura vernácula, base para realizar la proyección de la construcción de los montículos circulares, emplea los siguientes pasos:

Determinación del terreno o lugar en el que se efectuará la edificación y verificación de sus características planimétricas (medidas) y topográficas (niveles).

- Ideación de un plan masa, si se trata de un conjunto de edificios y de la implantación de ellos en relación a las áreas exteriores y a las condiciones ambientales, considerando factores tales como el manejo de sombras, del viento, del calor, ventilación, de manera natural y tomando en cuenta el clima, hacen que este tipo de edificaciones, en su mayoría viviendas, reduzcan al máximo el consumo de energía proveniente de fuentes artificiales para proveer al edificio luz o climatización (Yépez Tambaco, 2012).

En este nivel se determinan accesos principales y secundarios, relación con la o las vías circundantes y otros elementos. Lo común es que el diseño puede encontrarse solo en la mente de las personas comprometidas en un proyecto de arquitectura tradicional, o podría ser que excepcionalmente se grafique de manera muy sencilla.

- Decisión respecto de la tipología formal arquitectónica o diseño arquitectónico específico que caracteriza a la arquitectura vernácula.
- Determinación de las medidas de la construcción y sus divisiones internas, ubicación de puertas, ventanas, y otros elementos de organización interna que dependerán de la orientación de la edificación con relación al ingreso

4.1.2 Rubros empleados en los procesos

Para obtener los datos requeridos y aplicar el sistema CPM PERT, , en el ejemplo que antecede al análisis de la construcción de montículos se han identificado un listado de

los rubros o actividades que responden a la consecución de un determinado subproducto – muro de adobes-, dentro de la realización de una tecnología tradicional actual.

Este procedimiento o paso es habitual en arquitectura o ingeniería hoy en día, e imprescindible para poder programar una obra, en la que se consideraron los tres procesos macro: Preparación de terreno y preliminares, preparación de mampuestos y colocación de mampuestos.

. Cada uno de estos rubros tiene una unidad de medida: para el ejemplo, metros cúbicos (m³), metros cuadrados (m²), o cantidades (U)

TABLA No. 4.1. Proyección de rubros o actividades de arquitectura tradicional y su unidad de medida a ser utilizados en los montículos artificiales de la Hacienda San José, a partir de un ejemplo actual –construcción de un muro de adobes.

PROCESO	RUBRO	UNIDAD DE MEDIDA
Preparación del Terreno y Preliminares	Excavación manual	Metros cúbicos (m ³)
	Remoción o traslado de tierra	Metros cúbicos (m ³)
	Cimentación de piedra	Metros cúbicos (m ³)
Preparación de mampuestos	Paja picada para inclusión en preparado de barro	Metros cúbicos (m ³)
	Humectación y pisoteado de barro	Metros cúbicos (m ³)
	Conformación de adobes de 50x15x25 cm	Unidad (U)
	Secado de adobes de 50x15x25 cm	Unidad (U)
Colocación de mampuestos	Construcción de muro de adobes	Metros cuadrados (m ²) ó Metros cúbicos (m ³)

Fuente: Elaboración autora

A continuación, se describe cada rubro según las descripciones en las que se utilizan criterios etnográficos tomados de las comunicaciones personales mantenidas con P. De Sutter y Roberto Andrade, en el año 2018, además de publicaciones (De Sutter 1985, 1986), videos inéditos (De Sutter, 1994) y experiencia personal de la autora, para posibilitar una mejor comprensión de lo que implica cada uno de ellos:

a. Limpieza manual del terreno: Consiste básicamente en el retiro de vegetación y piedras del lugar seleccionado, con el fin de favorecer el posterior trazo de aquello que se requiere edificar, en este caso un muro. El tiempo destinado a esta tarea depende del área del terreno y del número de personas participantes. Una persona puede, en promedio, producir 20 m² al día.

b. Trazado y replanteo manual: En la actualidad esta tarea se efectúa con el uso de cinta métrica, tablas, clavos y piola. Esta última sirve para delimitar, dibujar o trazar el o los elementos por construir. Para conseguir ángulos rectos, se utiliza un triángulo rectángulo con

lados de 3 y 4 metros y la hipotenusa de 5. El tiempo empleado depende de la experiencia de quién se encuentre a cargo, se utiliza un promedio similar al anterior de 20 m² al día por persona.

c. Excavación manual: Una vez ejecutado el trazo, se inicia la excavación con un remarcado de las líneas sugeridas por las piolas. Las herramientas que hoy se emplean, básicamente son pico y pala. En un día, una persona puede producir 1.33 metros cúbicos diarios.

d. Remoción y traslado de tierra: De conformidad con la distancia a la que se vaya a transportar el material excavado, se empleará un medio mecanizado o una simple carretilla. En este caso, al tratarse de reutilizar el material obtenido de la excavación, para la conformación de adobes, se emplea una carretilla. La cantidad promedio que resulta del trabajo de 1 persona, es de 0.66 m³ al día.

e. Cimentación de piedra: Esta actividad contempla la obtención de la piedra de una mina, en la que el material ha sido tallado a las dimensiones requeridas y desde la cual es transportada en volquetas. En la excavación efectuada se coloca una base de argamasa que se prepara para el efecto y luego la piedra, ordenadamente. En los intersticios y sobre las piedras se ubica también argamasa y se repite el procedimiento hasta alcanzar la altura requerida. En este caso se proponen tres filas de piedra. Para este fin, en un día, 1 persona puede construir 1 metro cúbico.

f. Obtención y traslado de paja picada para inclusión en preparado de barro: Esta tarea puede iniciar al mismo tiempo que la Limpieza manual del terreno. Es más, si el material vegetal, esencialmente hierba, está suficientemente seco y tiene la consistencia requerida, puede ser utilizado para la preparación del barro. Si se trata, como es deseable, de paja de páramo, se cuenta el traslado al sitio, la recolección y el transporte a obra. La cantidad que se obtiene en un día de trabajo de 1 persona es de 1 metro cúbico.

g. Humectación y pisoteado de barro: En ocasiones es necesario pasar la tierra por un tamiz o zaranda, para obtener un material limpio de piedras o vegetales no deseados dentro de la obtención del material. Actualmente, la contaminación con plásticos exige que también éstos sean eliminados. Se extiende la tierra y se humecta superficialmente con manguera o con baldes de agua. Los obreros apisonan, sea con los pies descalzos y más recientemente, con botas de caucho. De esta manera se consigue disolver los terrones y que la tierra se humecte en forma homogénea. Durante el proceso de apisonamiento, se aumenta la cantidad de agua. Sobre la torta del barro previamente humectado y pisoteado, se extiende la paja,

cortada en pedazos de 5 a 10 cm. y se vuelve a pisotear. Este procedimiento se lo realiza por algunos días, hasta obtener la consistencia plástica deseada y luego se deja reposar o podrir según el término popular utilizado. La cantidad promedio que produce 1 persona, en un día, es de 0.66 m³ al día.

h. Conformación de adobes de 50x25x15 cm: Mientras se humecta y prepara el barro, se elaboran moldes de madera a las dimensiones requeridas y se les coloca sobre una superficie plana, recubierta con paja, bajo cubierta. Debidamente preparado el barro, con una consistencia plástica, se vierte, mediante baldes sobre los moldes que cuentan con un sellado de aceite quemado que sirve para que el barro no se adhiera a las paredes de mismo. Una vez lleno el molde, se alisa, se aspergea algo de paja y se lo retira, dejando solo el adobe. El molde se reutiliza en un siguiente adobe. Se trabaja paralelamente con varios moldes para poder avanzar más rápidamente en la conformación de los adobes. De esta manera, 1 persona produce un promedio de 13.3 unidades (adobes) diarios de las dimensiones indicadas.

i. Secado de adobes de 50x25x15 cm: Este rubro puede realizarse a la intemperie en temporada seca, siempre y cuando hayan transcurrido al menos 3 días de la conformación de los adobes. Cada 7 días se voltean, colocándolos de cara y de canto, con la finalidad de que todos los lados tengan un secado regular. El proceso completo toma 28 días, independientemente de cuantas personas puedan participar.

j. Construcción de muro de adobes 50x25x15 cm: La colocación de los adobes se realiza en tres filas por día, para impedir que la humedad de la argamasa, efectuada también con barro, paja y pequeñas piedras o restos cerámicos, reste consistencia a los materiales. Tres días después de concluir las últimas filas se puede realizar un acabado o revoque, lo que no se ha colocado en el ejemplo. Un obrero consigue un promedio de 1 metro cúbico o 43 unidades (adobes) por día.

4.1.3 Rendimientos en actividades actuales (rubros)

Con el fin de poder determinar los rendimientos en las diversas actividades o rubros de obra para construcción de un sistema o técnica tradicional que lleva, en esta investigación, a aplicar una analogía para identificar los tiempos requeridos, se han descrito algunos aspectos que tienen que ver con el empleo de una determinada especialidad y número de trabajadores y, con mucho menor incidencia para el caso, el tipo de herramientas, en función de la complejidad de las tareas a ejecutar.

Los rendimientos que se han tomado, en determinados casos de las actividades descritas -como excavación manual o limpieza del terreno que no habrían diferido sustancialmente entre cómo se realizaron en el pasado y cómo se las realiza hoy y en las que predomina la mano de obra, antes que el empleo de herramientas o donde los materiales son inexistentes-, están estandarizados a través de estudios de las Cámaras de la Construcción que operan en el país y que brindan servicios de presupuestos a sus afiliados.

Para el desarrollo de la investigación, se ha empleado también información relativa a los rendimientos diarios, en términos de la unidad de trabajo, por ejemplo, metros cuadrados, metros cúbicos, en los que se incluye el número, especialidad y porcentaje de participación en la tarea de los obreros, el tipo y la cantidad de materiales y las herramientas utilizadas para obtener trabajos dentro de las tecnologías tradicionales.

Estos datos han sido tomados de los datos proporcionados por especialistas en programación de obras, puntualmente de la Ing. Silvia Lovato Salao (2008) e Ing. Pablo Castro Donoso (2003) en estudios que fueron liderados por la autora quien también ha tenido la oportunidad de participar directamente en obras en las que se elaboraron adobes, entre 1984 y 2010. A esta información se suman las descripciones efectuadas por De Sutter (1985) para el adobe y la pared de mano.

El orden de la información que se provee en la Tabla 4.2, comprende:

1. Tareas, actividades o rubros destinados a construir un muro de adobe;
2. Unidades de medida de los rubros, actividades o tareas, -regularmente dentro del sistema métrico decimal-;
3. El rendimiento diario para cada rubro, tarea o actividad, según lo indicado en el párrafo anterior, a partir de la participación de 3 obreros que se considera una cuadrilla básica en la mayoría de este tipo de actividades. Cuando el número de operarios es diferente, se indica, y;
4. En la última columna, una pequeña descripción de los instrumentos y las herramientas modernas, generalmente metálicas, de las que se hace uso en estos casos en la actualidad.

TABLA No. 4.2.: Descripción de actividades y rendimientos en el ejemplo de la elaboración actual de un muro de adobes con tecnología tradicional

RUBRO	UN.	RENDIMIENTO DIARIO con cuadrilla de 3 personas, (en unidades por día)	OBSERVACIONES/ DESCRIPCIÓN/ EXPLICACIÓN DEL ORIGEN DEL RENDIMIENTO (trabajo actual con instrumentos metálicos)
Limpieza manual del terreno	m ²	60 m ² /día	El rendimiento considera el uso de instrumentos metálicos como machete, pala, rastrillo
Trazado y replanteo manual	m ²	60 m ² /día	Los instrumentos actuales son cinta métrica, escuadra y otros
Excavación manual	m ³	4 m ³ /día	
Remoción y traslado de tierra	m ³	2 m ³ /día	Se considera en este rubro el material que se debe llevar a la obra (desde más de 50 m de distancia), excluyéndose el excavado <i>in situ</i> , para la elaboración de mampuestos
Cimentación de piedra	m ³	3 m ³ /día	La piedra a utilizar puede ser de cantera o de río
Obtención y traslado de paja picada para inclusión en preparado de barro	m ³	3 m ³ /día	
Humectación y pisoteado de barro	m ³	2 m ³ /día	La actividad se realiza entre 3 y 8 días consecutivos.
Conformación de adobes de 50x25x15 cm	U (d)	40 U/día	El uso de moldes de madera es una característica actual de esta tarea
Secado de adobes de 50x25x15 cm (el tiempo requerido no depende del número de trabajadores)	U (d.)	1 U/día	Volteo de las unidades cada 7 días para secado por todos los costados (28 días)
Construcción de muro de adobes 50x25x15 cm	m ³	3 m ³ /día	Aproximadamente son 130 unidades/día en este caso, por la necesidad de subir solo 3 filas diarias

Fuentes: Castro (2003), Lovato (2008), De Sutter (1986, 1985) y Woolfson (1984-2010).

Elaboración: Autora

4.1.4 Tiempo requerido para obtener un volumen determinado de obra

En la tabla 4.3 a se describe el cálculo de tiempos requeridos para ejecutar un muro de adobes de 100 m. de largo por 2.50 m, de alto y 0.5 m. de ancho con una cimentación de 0.50 m de profundidad por 0.25 m de ancho., se encuentran tres de las columnas empleadas en la tabla anterior, incorporando y resaltando las columnas destinadas a:

- 1 Tareas, actividades o rubros,
- 2 Unidades de medida por cada rubro, y;
- 3 Rendimiento diario, a partir de la participación de 3 obreros

En esta ocasión se incorporan columnas destinadas a:

- 4 La cantidad de unidades de medida de cada rubro que se divide para el
- 5 Número de unidades determinado como rendimiento diario, lo que resulta en
- 6 El número de días requeridos para el desarrollo de cada actividad o rubro.
- 7 Las dos últimas columnas consisten en:

- 8 Rendimiento estimado, a partir de cuadrillas que van desde los mismos 3 obreros empleados en las dos columnas anteriores a cuadrillas de 6 y 8 personas, con el fin de disminuir los
- 9 Días requeridos por actividad o rubro, según las cuadrillas establecidas de 3, 6 u 8 personas.

Cabe indicar que estas dos últimas columnas se han trabajado mediante la generación de diversas posibilidades con el diagrama de Gantt y Ruta Crítica, hasta encontrar la que se juzgó como la mejor opción. Esto se explica a detalle en los siguientes acápites.

TABLA No. 4.3.a: Duración de la construcción de un (ejemplo) muro de adobes de 100 m de largo por 2.50 de alto y por 0.50 m. de ancho. Cimentación de 0.50 m de profundidad por 0.25 m. de ancho. Cuadrilla de 3 personas

RUBRO	U.	CANT.	RENDMT DIA en unidades de trabajo por rubro, con cuadrilla de 3 personas	DURACIÓN EN DÍAS REQRD. POR ACTVD. 3 personas
1. Limpieza manual del terreno	m ²	50 m ²	60 m ² /día	0.83 días x 3 personas
2. Trazado y replanteo "manual", métodos sensoriales	m ²	25	60 m ² /día	0.42 días x 3 personas
3. Excavación manual	m ³	12.5	4 m ³ /día	3.13 días x 3 personas
4. Remoción y traslado de tierra	m ³	50	2 m ³ /día	25 días x 3 personas
5. Cimentación de piedra	m ³	12.5	3 m ³ /día	4.17 días x 3 personas
6. Obtención y traslado de paja de páramo para inclusión en preparado de barro	m ³	75.06	3 m ³ /día	25.02 días x 3 personas
7. Humectación y pisoteado de barro	m ³	68.75	2 m ³ /día	34.38 días x 3 personas
8. Conformación de adobes de 50x25x15 cm	U (d.)	2721	40 U/día	68.03 días x 3 personas
9. Secado de adobes de 50x25x15 cm (el tiempo requerido no depende del número de trabajadores)	U (d.)	2721	0.75 U/día	28 días x 3 personas
10. Construcción de muro de adobes 50x25x15 cm (el tiempo está limitado por la necesidad de permitir el secado de las no depende del número de trabajadores)	m ³	32.81	3 m ³ /día	10.94 días x 3 personas
Duración final, escenario 1, cuadrilla de 3 personas, actividades secuenciales				224 días x 3 personas

Fuentes: Castro (2003), Lovato (2008), De Sutter (1985) y Woolfson (1984-2010) Elaboración: Autora

	SIMBOLOGÍA
Rubro	Rubro crítico

4.1.5 CPM PERT aplicado al ejemplo hipotético de construcción de un muro de adobes para optimizar la duración de la ejecución

Para construir un muro de adobes de 100 m de largo por 2.50 de alto y por 0.50 m. de ancho con una cimentación de 0.50 m de profundidad por 0.25 m. de ancho se obtienen

los tiempos estimados de elaboración y analizadas las actividades en la primera opción, se determinó aquellas que utilizaban un mayor número de tiempo (lo que coincide además con su condición de rubros críticos porque preceden a otros). Con el fin de optimizar estos rubros, o de reducir sus tiempos de ejecución, estos fueron modificados mediante la introducción de cuadrillas con un mayor número de personas, lo que significa que el rendimiento fue también mejorado u optimizado (mayor número de unidades de trabajo por día). En este punto, el tiempo se redujo de 224 a 122.24 días.

Lo anterior se podría expresar de la siguiente manera: A mayor número de trabajadores, mayor el rendimiento, es decir, mejor producción de unidades de trabajo por día y por ende, un menor tiempo de producción.

TABLA No. 4.3.b: Duración de la construcción de un (ejemplo) muro de adobes de 100 m de largo por 2.50 de alto y por 0.50 m. de ancho. Cimentación de 0.50 m de profundidad por 0.25 m. de ancho.

RUBRO	UN.	CANT.	NÚM. DE PERSONAS, PROYECTADO	RENDMTO DIARIO con cuadrillas de 3, 6, 8 y 14 personas	DÍAS REQUER. POR ACTVD.
1 Limpieza manual del terreno	m2	50	3	60 m2/día	0.83
2 Trazado y replanteo "manual", métodos sensoriales	m2	25	3	60 m2/día	0.42
3 Excavación manual	m3	12.5	3	4 m3/día	3.13
4 Remoción y traslado de tierra	m3	50	6	4 m3/día	12.50
5 Cimentación de piedra	m3	12.5	3	3 m3/día	4.17
6 Obtención y traslado de paja de páramo para inclusión en preparado de barro	m3	75.06	6	6 m3/día	12.51
7 Humectación y pisoteado de barro	m3	68.75	8	5.34 m3/día	12.87
8 Conformación de adobes de 50x25x15 cm	U	2721	15	198 U/día	14.00
9 Secado de adobes de 50x25x15 cm (el tiempo requerido no depende del número de trabajadores)	U	2721		0.04 U/día	28
10 Construcción de muro de adobes de 50x25x15 cm	m3	32.81	3	3 m3/día	32.81
Duración final, escenario 2, cuadrillas de 3, 6 u 8 personas, actividades secuenciales 6, 8, 15 = cuadrillas incrementadas					121

Fuentes: Castro (2003), Lovato (2008), De Sutter (1985) y Woolfson (1984-2010) Elaboración: Autora

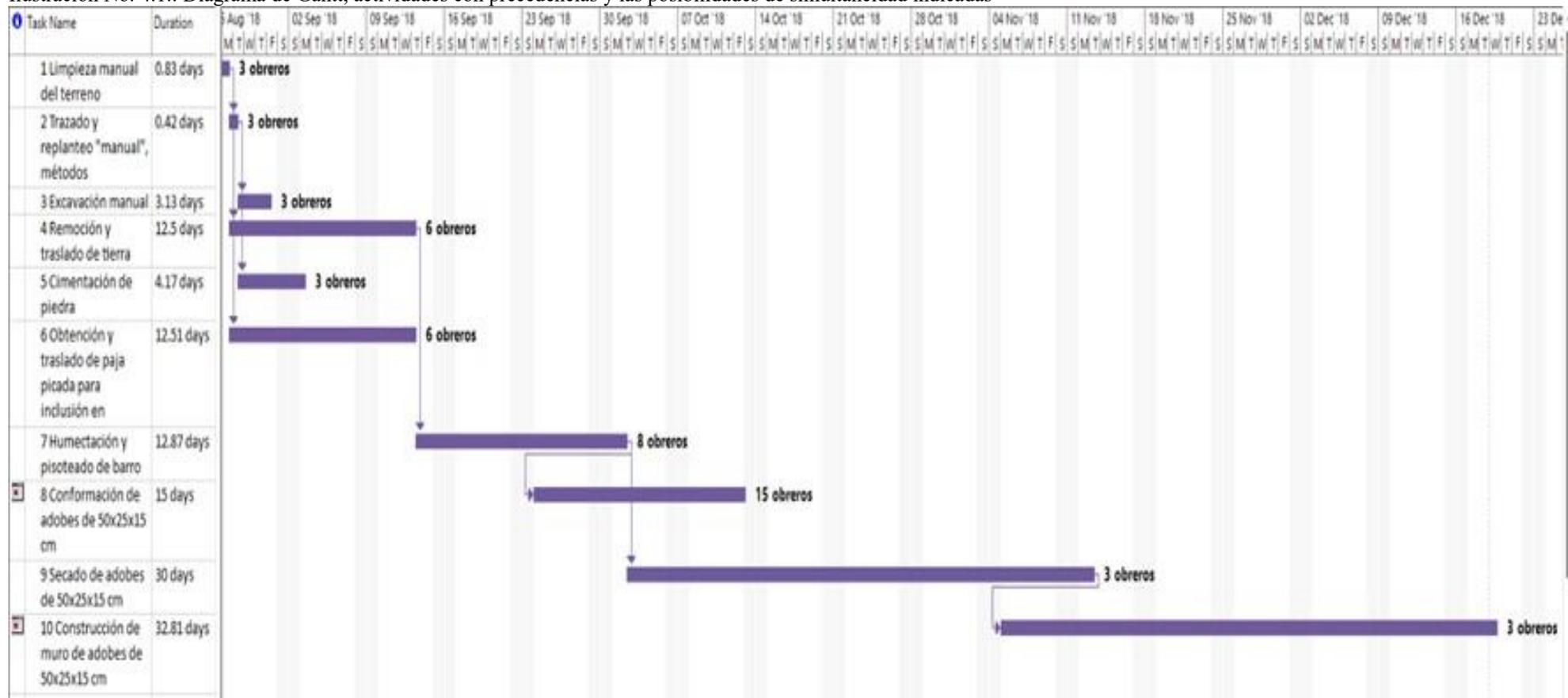
Una última modificación se produce al elaborar el esquema en Gantt y CPM – PERT, ya que se verifica que, además del incremento de trabajadores en determinadas actividades, al realizar las mismas en función de secuencias, precedencias y simultaneidades,

una mayor reducción del tiempo era posible gracias a la simultaneidad (aunque no fuese durante todo el período de duración de las actividades) de algunas de las actividades como se observa a continuación en la Ilustración 4.1. El tiempo final que se obtiene es de 115 días, con el empleo simultáneo de varias cuadrillas que suman 23 personas.

La suma del número de días empleados, si se hubiera empleado la misma y única cuadrilla de 3 personas para todos los rubros y si es que todas las actividades fueran lineales o secuenciales, es de 223.78 ó 224 días, aproximadamente. En cambio, al modificar las cuadrillas se obtiene una reducción del tiempo a 121 días secuenciales aproximados, contando con el trabajo de entre 3 y 15 personas que van sucediéndose conforme el tipo de actividad que se ejecuta, según se constata en la Tabla No. 4.3.b, puede observarse en la Ilustración No. 4.1 (cuyo detalle se explica en la página siguiente a la misma) y se describe a continuación:

- 3 personas: Limpieza manual del terreno
- 3 personas: Trazado y replanteo manual
- 3 personas: Excavación manual
- 6 personas: Remoción y traslado de tierra
- 3 personas: Cimentación de piedra
- 6 personas: Obtención y traslado de paja de páramo
- 12 personas: Humectación y pisoteado de barro
- 15 personas: Conformación de adobes de 50*25*15 cm
- Secado de adobes de 50*25*15 cm
- 3 personas: Construcción de muro de adobes de 50*25*15 cm

Ilustración No. 4.1.: Diagrama de Gantt, actividades con precedencias y las posibilidades de simultaneidad indicadas



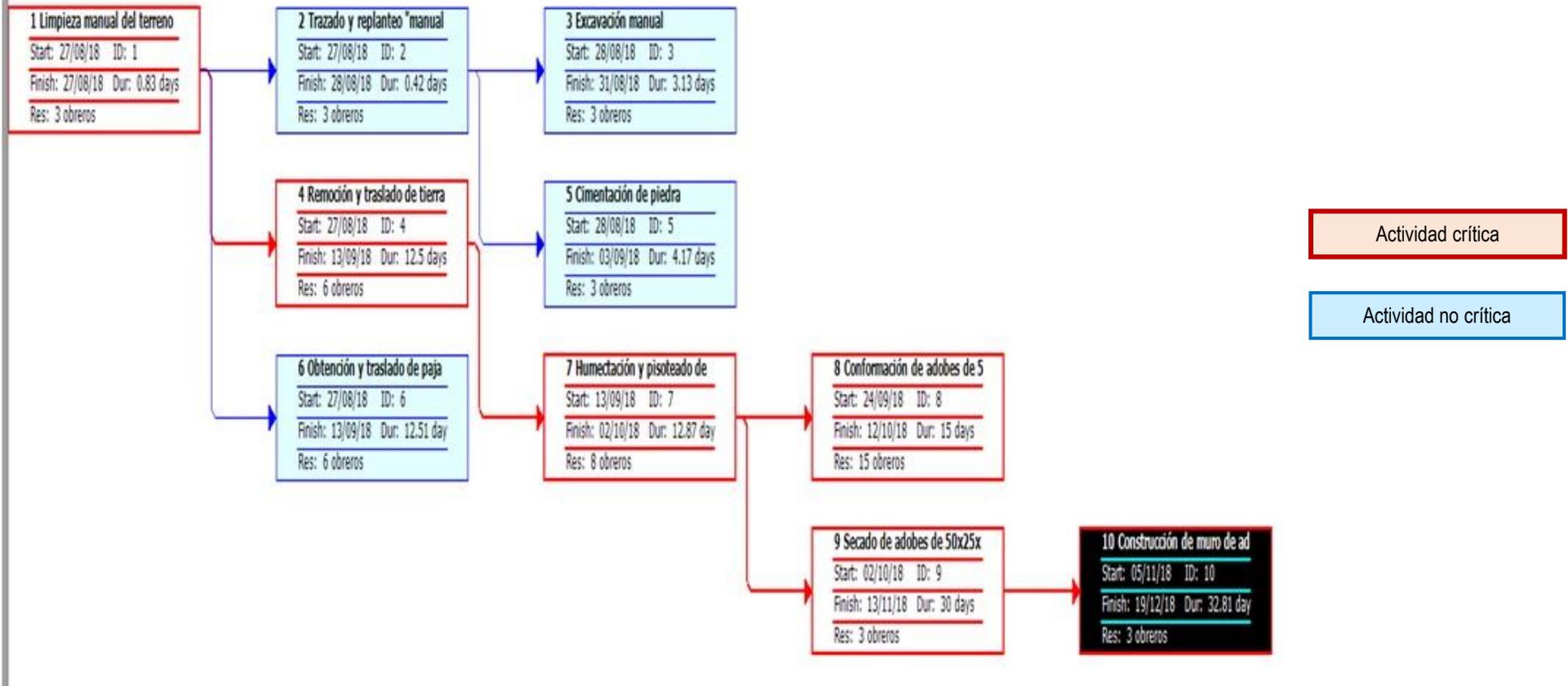
Fuente: Elaboración propia obtenida mediante versión gratuita de Project Plan 365.

Estas son las acciones, relativas a secuencias y simultaneidades, realizadas para optimizar la duración del trabajo en el hipotético ejemplo actual de la construcción de un muro de adobes, graficado en la Ilustración 4.1., anterior:

- a) La actividad 5, Cimentación, se ejecuta paralelamente a la actividad 3, Excavación. Aunque en el diagrama de Gantt no se observa, dada la escala gráfica, en la práctica puede haber un día de diferencia entre el inicio de la primera y el de la segunda. Pero tal vez es más importante aún que, en el mismo período de tiempo, la actividad 4, Remoción y traslado de tierra (en donde la demanda de tierra para obtener los adobes para la hipotética pared, es 4 veces mayor al producto de la excavación de cimentación) al igual que la actividad 6, Recolección y traslado de paja picada, se inician a la par que la actividad 2, con lo que se adelantan 11.68 días. Con este fin, obligatoriamente se han incrementado 15 obreros adicionales a los 3 que mantienen la secuencia de actividades 1, 2 y 3.
- b) La actividad 7. Humectación y pisoteado del barro, con una diferencia de 7 días requeridos para el proceso de ‘pudrición’, puede compartir tiempo con la actividad 8. Confección de adobes.
- c) La actividad 8., Elaboración de adobes, se realiza paralelamente a la actividad 9., Secado de adobes, por el total del período de duración de aquella, es decir por 15 días, ya que una vez elaborado el adobe se lo pone inmediatamente a secar. El período mínimo de su realización, que demanda todavía de 13 días más, no depende del número de trabajadores u otro recurso, sino del tiempo necesario para que el sol y el viento realicen su tarea.
- d) Finalmente, se da simultaneidad entre la actividad 10, Construcción del muro, a partir del día 28 del inicio de 9. Secado de adobes.

La sumatoria final de Ruta Crítica es de 114.63 o 115 días aproximados, utilizando dentro del proceso cuadrillas que fluctúan entre 3 y 15 personas. El número máximo de personas trabajando es de 23 entre la cuarta y quinta semana de obras. Debe tomarse en cuenta que el programa Project Plan 365, como la mayoría de este tipo de herramientas, considera únicamente los días laborables de lunes a viernes, por lo que se debió hacer una pequeña corrección en la duración de secado de adobe que, por su naturaleza, está dada en días calendario. Otras alternativas de optimización que podrían contemplar la consecución previa de la tierra y de la paja de páramo empleada usualmente en la técnica que todavía se usa elaboración de adobes, antes del inicio de todas las otras actividades.

Ilustración No. 4.2.: Diagrama de red y ruta crítica (en rojo) de actividades: secuencias, precedencias y simultaneidades en el ejemplo de elaboración actual de una pared de adobes.



Fuente: Elaboración autora, obtenida en versión gratuita de Project Plan 365.

4.2 APLICACIÓN INVERSA DE CPM – PERT PARA EL ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS ANTIGUAS: CÁLCULO DE TIEMPO Y NÚMERO DE PERSONAS EMPLEADAS

La aplicación inversa de CPM-PERT pretende partir de la obra ejecutada (tipo constructivo o rubros y volúmenes existentes) y deconstruirla para determinar los rubros realizados, los posibles equipos de trabajo y los tiempos empleados, merced a las analogías obtenidas de la etnoarqueología. Esta parte del trabajo, al no contar con todos los elementos analógicos, se considera una nueva hipótesis o, como puede suceder en muchos otros trabajos en la arqueología, aproximaciones a los hechos reales sucedidos en el pasado.

4.2.1 Secuencia y rendimientos con la identificación de tiempos empleados para elaboración de Bloques de cangahua y Pared de mano

Con el fin de tener los elementos completos para la deconstrucción de los montículos, de manera adicional al ejemplo anterior de construcción actual de un muro de adobes, se ha elaborado la secuencia y rendimientos unitarios de las actividades típicas de otras dos técnicas tradicionales, dentro de los procesos de 2 Preparación y 3 Colocación de mampuestos. No se ha incluido el primer proceso de 1 Preparación del Terreno y Preliminares debido a que se repiten los rubros descritos en el ejemplo de la construcción del muro de adobe.

Para este caso, tanto la descripción de actividades específicas relacionadas con la edificación de los montículos de la hacienda San José de Urcuquí, -Pared de mano y Bloques de cangahua-, como los cálculos relativos a su ejecución se tomaron de los datos etnográficos según el detalle indicado en el acápite 2.2.2.

Las dos técnicas indicadas, bloque de cangahua y pared de mano, conforme la propuesta formulada en el Capítulo III, están relacionadas con la construcción de los montículos, esto es, la realización de mampostería de bloques de cangahua y de bloques o adobes de ceniza, según la información etnográfica., a continuación su detalle:

Bloques de cangahua:

- a. Extracción manual de bloques de cangahua en bruto: Se ubica fisuras o uniones (de carbonato de calcio) entre matrices en el yacimiento y en ellas se inserta cuñas de madera que se humedecen para provocar su expansión. Como resultado de esta presión, las grietas se ensanchan y profundizan por lo que el bloque en bruto (de 1

- a 3 toneladas) se desprende con la ayuda de cuñas más largas.
- b. Labrado o talla de bloques de cangahua 30x25x20 cm: El bloque en bruto se corta en bloques de menores dimensiones, con el fin de facilitar su traslado y posterior colocación en obra, en donde es posible que requiera algún recorte o labrado adicional, según el sitio donde se vaya a ubicar.
 - c. Construcción de muro de bloques de cangahua: La actividad es similar a la de la construcción de un muro de adobes, pero debido a una mayor densidad de la cangahua, y a la vez, la posibilidad de absorber y expulsar más rápidamente la humedad, es posible que la construcción de planos o filas de 3 en vertical, diarios, pueda subir a un número mayor.

Pared de mano:

- a. Preparación de la tanda de barro para la pared de mano: Después de excavada la tierra en una superficie de alrededor de 3 x 3 m y una profundidad aproximada de 40 cm., se humecta con el uso de baldes y se procede a darle la vuelta con la pala. Se amontona y pisotea hasta rebajar el montón previamente efectuado. Con el uso de la pala se revuelve o voltea el material, que en este punto es denominado 'turo', se le humecta y pisotea nuevamente. Finalmente se deja reposar por uno o dos días, lo cual se denomina 'pudrición' del barro o turo.
- b. Corte y colocación de bloques en tanda (9 aprox.) de 30x20x30 cm: Del material que ha reposado, los bloques se consiguen cortándolos con mango o cabo. El ayudante lleva el bloque al maestro quien lo acomoda en el sitio, golpeándolo con los puños y moldeándolo con las manos. Para colocar las tandas superiores no se humedecen las caras horizontales de las capas subyacentes, sino las caras verticales. Hasta aquí la información etnográfica.

La variación que se propone para la construcción de los montículos consiste en que los bloques, cortados con el mango o cabo, que resultan en adobes casi cúbicos (De Sutter, 1986) o paralelepípedos, en lugar de colocarse para conformar el muro, se habrían ubicado cerca al futuro montículo, para su secado, de la misma manera que se efectúa para la confección de adobes, aunque por un período de tiempo sensiblemente más corto, máximo de un par de días, gracias a las propiedades del limo que absorbe agua y también seca mucho más rápidamente que la arcilla. Una vez que se contaba con el número suficiente de bloques, probablemente para construir una plancha o un plano de los que conformarían el montículo, este se ejecutaba y luego se tornaba al proceso de preparación de la tanda, hasta concluir con

todos los niveles y filas requeridos.

En las Tablas 4.4 y 4.5 elaboradas bajo el mismo criterio de las tablas 4.3.a y 4.3.b, se repiten los elementos conceptuales empleados en la Tabla 4.2, es decir, que la información se ordena de la siguiente manera:

- a. Encolumnado de las tareas, actividades o rubros destinados a construir, -en el primer caso un muro de bloques de cangahua y en el segundo una pared de mano-;
- b. En la segunda columna, sus correspondientes unidades de medida en el sistema métrico decimal;
- c. En la tercera, el rendimiento diario, para lo cual se toman las referencias proporcionadas por Andrade, de las intervenciones realizadas entre 1983 y 1985 en la Provincia de Chimborazo y De Sutter, en la década de los ochentas en la Provincia de Imbabura, durante los trabajos realizados por estos obreros emplearon de 3 obreros en el primer caso y de 2 en el segundo, y,
- d. En la última columna, una descripción de los instrumentos y las herramientas, de las que se hace uso en estos casos hoy en día, incluyendo, para la pared de mano, la herramienta de posible origen precolombino, denominado mango o cabo (*Vid.* Ilustración 1.11). Algunos de estos aspectos fueron ya descritos en el indicado apartado 1.1.2.1.3 del presente trabajo.

4.2.2 Secuencia y rendimientos hipotéticos, por actividad, para los montículos de Urcuquí

El planteamiento de secuencia de actividades se relaciona con la propuesta de los tres procesos diagramados en el sistema de construcción de los montículos circulares de Urcuquí: Preparación del terreno y Preliminares, Preparación y Colocación de mampuestos.

En cuanto a los rendimientos, para algunas de las actividades, se han tomado, sin variaciones, los valores por unidad de las técnicas tradicionales obtenidas de dos fuentes principales: el trabajo de R. Andrade, para la obtención de bloques de cangahua y del de De Sutter, relacionado con la de pared de mano; sistemas constructivos que aún se emplean en la zona andina del Ecuador. El apego a los rendimientos contemporáneos utilizando criterios etnográficos se efectúa, en particular, cuando tales actividades se ejecutan exentas de la injerencia del uso de herramientas metálicas pesadas como barras, picos y de tareas que no se pudieron haber realizado en el pasado como el transporte en carretillas por el desconocimiento de la rueda en las sociedades anteriores.

Tabla No. 4.4.: Descripción de actividades y rendimientos en la elaboración de un muro de bloques de cangahua con tecnología tradicional.

RUBRO	UN.	REND. DIA con cuadrilla de 3 personas (En unidades por día)	OBSERVACIONES/ DESCRIPCIÓN/ EXPLICACIÓN DEL ORIGEN DEL RENDIMIENTO
Extracción manual de bloques de cangahua en bruto	m ³	3 m ³ /día	El rendimiento es asumido, tomando como referencia el rubro actual de excavación manual y la descripción de Andrade
Labrado o talla de bloques de cangahua 30x25x20 cm	U	42 U/día	Para el rendimiento se cuenta con la referencia etnográfica de obtención de unos 55 bloques a partir de un bloque matriz de aproximadamente 3 m ³ , en un sector de Chimborazo ¹² en el que la cangahua tendría una consistencia similar a la de Imbabura. Se asume el rendimiento considerando el trabajo de labrado o talla de al menos 5 de las 6 caras de un paralelepípedo.
Traslado de bloques de cangahua promedio 30x25x20	m ³	3 m ³	El acarreo en tiempos precolombinos probablemente solo se hacía con personas, se baja el rendimiento a un 50% del rubro actual de acarreo, para un traslado entre 50 y 250 m de distancia, puesto que no se conocía la rueda o la carretilla. No se descarta, pero se omite el uso de semovientes, por falta de datos
Construcción de mampostería de bloques de cangahua	m ² m ³	2.4 m ² /día ó 1.54 m ³ /día	El rendimiento se calcula a partir de la colocación de no más de tres filas superpuestas por día (un total de 86 bloques por día), en función de permitir el secado de la argamasa, similar al trabajo en adobes

Fuente: Comunicación personal con Roberto Andrade, noviembre 2018, sobre un trabajo realizado en Sanancahuán 1983-1985
Elaboración autora

Tabla No. 4.5.: Descripción de actividades y rendimientos en la elaboración de un muro con tecnología tradicional de pared de mano¹³.

RUBRO	UN.	REND. DIA con cuadrilla de 2 personas (En unidades por día)	OBSERVACIONES/ DESCRIPCIÓN/ EXPLICACIÓN DEL ORIGEN DEL RENDIMIENTO
Preparación de la tanda de barro	m ³	4 m ³ /día	En este rendimiento, según los datos provistos por De Sutter se considera el trabajo actual, con pico y pala de acero, además del cabo o mango (profundidad de 40 cm.). Se añade el tiempo necesario de 'pudrición' o reposo del material.
Corte y colocación de bloques en tanda (9 aprox.) de 30x30x20 cm	m ³ ó U	2.12 m ³ /día ó 48 U/día	El rendimiento planteado es la interpretación textual de la descripción y video de De Sutter, 1995, pág. 19. "En un día, un maestro hace 5.88m de longitud por 60 cmts. de altura" (y 60 cm. de ancho)

Fuentes: De Sutter (1985, 1994)
Elaboración: autora

¹² Arq. Roberto Andrade (2018). Comunicación personal sobre un trabajo realizado en 1983-1985 en Sanancahuán

¹³ Arq. Patrick De Sutter (2018, 1994, 1985) Comunicación personal, exhibición de video inédito y publicación de INPC, respectivamente

En otros casos, en ausencia de referencias etnográficas, los rendimientos se han debido asumir, a partir de la ponderación de rendimientos de tareas actuales documentadas por el trabajo de Castro, (2003), Lovato (2008) y Woolfson (2008, 1992, 1985), sobre la base de considerar que si bien las herramientas metálicas pueden multiplicar las fuerzas físicas de corte o de compresión de los materiales, lo dicho puede ser reemplazado por el conocimiento de las características del suelo o inclusive del uso de herramientas de piedra o de maderas de mayor dureza que las que se usan en la actualidad.

Para mejor comprensión, en la última columna, Observaciones/ Descripción/ Explicación del origen del rendimiento, sobre cada rubro o actividad se aclaran los factores de mayor incidencia en el desarrollo de las tareas y su rendimiento, siempre a partir de los datos etnográficos, sea el uso de herramientas, el proceso en sí o la consecución de los materiales, así como también la forma o porcentajes en que se han ponderado los rendimientos de actividades actuales. En suma, en cada tarea, se explica la manera en la que se obtuvo sus rendimientos.

En la secuencia incluida en la Tabla 4.6., se mantiene, como un mínimo a considerar, la cuadrilla de trabajadores utilizada en todas las actividades que hasta aquí se han analizado, incluyendo las del ejemplo de construcción de un muro de adobe, la cuadrilla está constituida por una eventual cabeza de equipo y dos ayudantes -3 obreros-, excepto, como ya se ha explicado, en la preparación de la tanda de tierra para la Pared de mano en la que, conforme las descripciones de De Sutter en las diferentes obras citadas en esta investigación, participan únicamente 2 obreros: un maestro y un ayudante.

TABLA No. 4.6: Actividades comprometidas en la realización de los montículos de Urcuquí y sus rendimientos hipotéticos estimados por día, según referencias etnográficas y ponderaciones de rubros actuales

PROCESO	RUBRO	UN.	REND. DÍA cuadrilla de 2 o 3 personas (En unidades por día)	OBSERVACIONES/ En algunos de los rubros no se consiguen referencias etnográficas	DESCRIPCIÓN
PREPARACIÓN DEL TERRENO Y PRELIMINARES	1 Limpieza manual del terreno	m ²	48 m ² /día 3 obreros	El rendimiento considera solo el empleo de mano de obra, por lo que se asume un 80% del rendimiento actual. Tal vez se utilizó hachas de piedra para el corte de arbustos o árboles.	
	2 Trazado y replanteo manual ¹⁴	m ²	45 m ² /día 3 obreros	Se podría asumir que el trazado se efectuó guiándose únicamente por el ojo. En un caso más elaborado, tomaron referencias terrestres o estelares. En suma, se desconoce el procedimiento, por lo que se admite, arbitrariamente, un 75% del rendimiento actual	
PREPARACIÓN DE MAMPUESTOS	3 Extracción manual de bloques de cangahua en bruto (Excavación de suelo y/o corte en perfiles próximos)	m ³	1.5 m ³ /día 3 obreros	El rendimiento se realiza partir del dato etnográfico, pero se omite el uso de barras metálicas, por lo que baja un 10%	
	4 Labrado o talla de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	U (d.)	42 U/día 3 obreros	Se asume el rendimiento etnográfico, considerando el labrado de al menos 5 de las 6 caras de un paralelepípedo, mientras que la restante es el resultado del corte del bloque madre. El instrumento que se propone para la talla o labrado es hacha de piedra	
	5 Traslado de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	m ³	1 m ³ /día 3 obreros	Se considera un rendimiento similar al de remoción y traslado de tierra. El acarreo asumido contempla la participación solo de personas, por lo que baja el rendimiento a un 50% del actual, para un traslado entre 50 y 250 m de distancia. Se omite el uso de semovientes, por falta de datos.	
	6 Excavación manual	m ³	2.4 m ³ /día 3 obreros	Se asume el uso de un instrumento similar al denominado mango o cabo de madera para un rendimiento al 60% del actual, debido a la dureza de la cangahua y a la posible ausencia de herramientas metálicas, aunque no se descarta el uso de instrumentos de piedra.	
	7 Remoción y traslado de tierra	m ³	1 m ³ /día 3 obreros	Se considera en este rubro la ceniza o puzolana para la elaboración de mampuestos que se debió llevar a la obra para completar las cantidades necesarias, excluyéndose el excavado <i>in situ</i> .	
	8 Preparación de la tanda de barro limoso - ceniza (humectación, volteo, pisoteado y pudrición)	m ³	4 m ³ /día 2 obreros	Participan Maestro y ayudante y el rendimiento propuesto es el mismo que se ha obtenido de las descripciones y video para la pared de mano actual	

¹⁴ Este rubro sería el más complicado, pues se trata de conseguir las figuras de planta y profundidad deseadas, sin los instrumentos actuales.

PROCESO	RUBRO	UN.	REND. DÍA cuadrilla de 2 o 3 personas (En unidades por día)	OBSERVACIONES/ En algunos de los rubros no se consiguen referencias etnográficas	DESCRIPCIÓN
PREPARACIÓN DE MAMPUESTOS	9 Conformación de adobes limo - ceniza promedio de 30x20x30 cm	U (d.)	48 U/día 2 obreros	El tamaño de estos bloques es menor al del adobe ejecutado con molde, a la vez, su conformación sería por corte mediante el cabo de madera, por lo que se estima un rendimiento 20% superior al del ejemplo de realización del muro de adobes.	
	10 Secado de adobes limo - ceniza promedio 30x30x20 cm	U (d.)	2 obreros	Se propone que el recurso humano participó en el volteo de las unidades cada 0.5 días para el secado por todos los costados (2 días total por cada adobe)	
COLOCACIÓN DE MAMPUESTOS	11 Construcción de mampostería de bloques de cangahua	m ³	1.54 m ³ /día 3 obreros	Se asume un rendimiento ligeramente más alto que el del adobe actual. Por su forma de colocación en planchas o losas, alternativamente, la unidad de medida empleada se encuentra en metros cuadrados.	
	12 Colocación de adobes de ceniza-limo de 30x30x20 cm	m ³	2.5 m ³ /día 2 obreros	Similar al caso anterior, por la plasticidad del material, se podrían haber construido con un mayor número de planchas o filas por día, por lo que se asume un rendimiento igual al anterior aunque con menos obreros.	

Fuentes: Andrade (2018), Castro (2003), De Sutter (1985, 1994), Lovato (2008), Woolfson (1984-2010)

Elaboración: Autora.

4.2.3 Cálculo de los volúmenes de obra, tiempos y personal, máximos y mínimos, empleados para obtener el montículo 3 del conjunto 1 de Urcuquí

Contando con los datos esquematizados en la Tabla 4.6 antes indicada, se procesó la información del montículo 3 de Urcuquí, en términos de sus dimensiones, bajo y sobre el suelo, para calcular los volúmenes o cantidades correspondientes a cada tarea.

El primer paso fue calcular el área de trabajo utilizando la información aportada por los datos del Montículo 3 en el conjunto de estructuras No. 1 de la Hacienda San José (Solórzano, 2013). Se combinó con el dato de la profundidad del montículo, bajo nivel del suelo, a partir de la información proporcionada por la geofísica aplicada en este lugar. Para el efecto se utilizaron fórmulas empleadas en cálculos matemáticos para estructuras, sobre la base de la información bibliográfica, comunicación personal y criterio experto de quien suscribe el presente documento. Se aplicaron dos escenarios: en la primera tabla, con los rendimientos correspondientes a cuadrillas de 3 y 2 personas (*Vid.* Tabla No. A.1. Escenario 1, en Apéndice A). Obtenidos los resultados se realizó el cálculo de la duración o tiempo en días, por actividad así como la sumatoria lineal de las mismas, lo que resultó en una duración de 37 y medio años.

Con la finalidad de maximizar los rendimientos y la temporalidad óptima de cada una de las actividades, en un segundo escenario se propuso nuevas cuadrillas de obra, con un número significativamente mayor de personas, habida cuenta que la mano de obra es algo que no debió faltar en el pasado. En la Tabla No. 4.7 se puede observar los resultados de trabajar con cuadrillas, mayormente de entre 150 y 200 obreros participantes, números que corresponden a las cuadrillas empleadas después de tratar con varias otras cantidades de personas, para poder realizar los cálculos de la duración hipotética de cada actividad, bajo los supuestos explicados en 4.2.4., es decir, al identificar un número estimado de días coherente, como la mejor opción por ser, entre otros, el período de vigencia de algún cacique o líder o el período de verano o seca en el que mejor se conservarían los materiales. Los resultados, en cada caso, se analizan luego de las ya mencionadas tablas.

La Actividad 1, Trazado o replanteo manual, en relación a las actividades restantes, tuvo solo un modesto incremento en el número de personas, por considerarse que el personal que habría participado en ella, era especializado, con conocimientos de geometría o que de una manera u otra logró conseguir las formas y sus dimensiones. El procesamiento de los datos, al igual que en las tablas anteriores, se efectuó mediante hoja electrónica.

Tabla No. 4.7: (Escenario 2) Optimización de las actividades para la realización de los montículos de Urcuquí con incremento en las cuadrillas de trabajo para elevar los rendimientos estimados por día y bajar la duración de cada actividad.

RUBRO	UN.	ÁREA DE TRABAJO Montículo 3 Conjunto 1	NÚMERO DE PERSONAS/ ACTIVIDAD PROYECTADA	REND. DIA con cuadrillas de 10 a 200 personas	DURACIÓN en días / actividad Cuadrillas 10-200
1 Trazado y replanteo manual	m ²	1270	10 Personas	150 m ² /día	8 días
2 Limpieza manual del terreno	m ²	2309	150	2400 m ² /día	1 d.
3 Extracción manual de bloques de cangahua en bruto (Excavación de suelo y/o corte en perfiles próximos)	m ³	1693	150	75 m ³ /día	23 d
4 Labrado o talla de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	U	27646	150	2100 U/día	13 d.
5 Traslado de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	m ³	1693	200	67 m ³ /día	25 d.
6 Excavación manual	m ³	2117	200	160 m ³ /día	13 d
7 Remoción y traslado de tierra	m ³	2117	200	67 m ³ /día	32 d
8 Preparación de la tanda de barro limo - ceniza "turo" (humectación, volteo, pisoteado y pudrición)	m ³	1732	60	400 m ³ /día	14 d.
9 Conformación de adobes limo - ceniza promedio de 30x30x30 cm	U	70556	200	4800 U/día	15 d.
10 Secado de adobes limo - ceniza promedio 30x30x30 cm	U	70556	200 obreros voltean los adobes para obtener un secado homogéneo	3600 U/día	14 d. (duración de secado)
11 Construcción de mampostería de bloques de cangahua	m ³	2072	150	77 m ³ /día	27 d.
12 Colocación de adobes de ceniza-limo de 30x30x30 cm	m ³	2426	150	12.9 m ³ /día	13 d.
DURACIÓN DE TODOS LOS RUBROS EJECUTADOS SECUENCIALMENTE con cuadrillas de entre 6 y 36 personas					180 d.

Elaboración: Autora

El número total de días que se habrían empleado, en el caso de que únicamente una cuadrilla de 3 o 2 personas (Escenario 1) se hubiera ocupado de realizar todos los rubros (Tabla A.1 en Apéndice A) es decir, si es que todas las actividades fueran lineales o secuenciales, (con una representación gráfica estrictamente escalonada en diagrama CPM- PERT) es de 13 686 días, lo que equivale a 37.5 años, para la construcción de un montículo de 3 810 m³, como es el caso del montículo 3 del sector 1 de Urcuquí con el que se está trabajando.

Mientras tanto, con las variaciones en el número de obreros, de entre 10 y 150 personas, conforme se indica para actividad en la Tabla 4.7, con cuadrillas de 10, 60, 150 y 200 personas (Ilustración 4.3.a Escenario 2) y, de la misma manera que en el caso anterior, si las actividades hubiesen sido lineales o secuenciales, de precedencia tras precedencia, como se observa en la Ilustración 4.3.a., la sumatoria sería de 180 días, 6 meses, con un número mínimo de 10 y máximo de 150 personas trabajando de manera secuencial.

4.2.4 CPM PERT aplicado al montículo 3 del conjunto 1 de Urcuquí en tiempo óptimo de duración de la ejecución

Previo a elaborar el diagrama Gantt – CPM - PERT, se partió de algunas consideraciones:

- El período máximo de construcción de una estructura de este tipo, no debería ser mayor al de la vigencia del personaje, -tal vez un cacique-, que hubiera decidido emprender la realización de un montículo o un conjunto de ellos. Es decir, existe la posibilidad de que efectivamente, asumido el cacicazgo o tomada la decisión de construir, el período de ejecución se extendiese al antes indicado lapso de cuatro años. Este sería un caso relacionado al de las construcciones del antiguo Egipto en que los faraones encargaban la construcción de grandes monumentos para demostrar su poderío y perpetuar sus nombres.

Si, como lo señala Pazmiño (2018), los montículos servían para demostrar el poder de un cacique, lo más probable es que se determinara un tiempo menor de construcción para poder ejecutar varios de estos monumentos o conjuntos de ellos, en el período ‘operativo’ del cacique. Es por esta razón que, el tiempo obtenido en el escenario 1, -37 y medio años-, se descartó de plano.

Al mismo tiempo, existe un factor climático que tornaría compleja la elaboración de adobes o labrar cangahuas y no ponerlos en obra, por la sencilla razón de que mientras más tiempo estuviesen expuestos al intemperismo, vale decir fuera del período seco, en

periodos de lluvia, más complicada habría sido su conservación y colocación al final del período transcurrido. En esta situación, se desestimó el resultado del escenario 2, que totalizaba 180 días.

En contraparte, se estableció que las actividades que requerían un mayor número de tiempo y que eran vitales o críticas dentro del proceso constructivo, debían ser optimizadas para conseguir un máximo de 2 o 3 meses del período más gravitante en la preparación de los materiales¹⁵, con este fin fueron modificadas mediante la introducción de cuadrillas que tenían un mayor número de personas, como se explica unos párrafos atrás.

- Se han trabajado tres variaciones posibles en la duración total de los trabajos al realizar el esquema en Gantt y CPM – PERT (Escenarios 3 y 4), mediante la simultaneidad parcial o total de determinadas tareas, lo que significa que también se añaden participantes en estas actividades, en la búsqueda de la reducción de tiempos empleados, de manera que, idealmente, los trabajos se pudiesen realizar en el período seco, también denominado verano en Ecuador. Para lograrlo, el número de personas varía entre 10, 60, 150 y 200, según la tarea.

- Para el escenario 3, Ilustración 4.3.b, se ejecuta de forma paralela, simultánea e independiente el proceso de obtención y puesta en obra de los bloques de cangahua. En los momentos de realización de las actividades con mayor demanda de participantes se suman 400 personas, mientras el número mínimo es de 10.

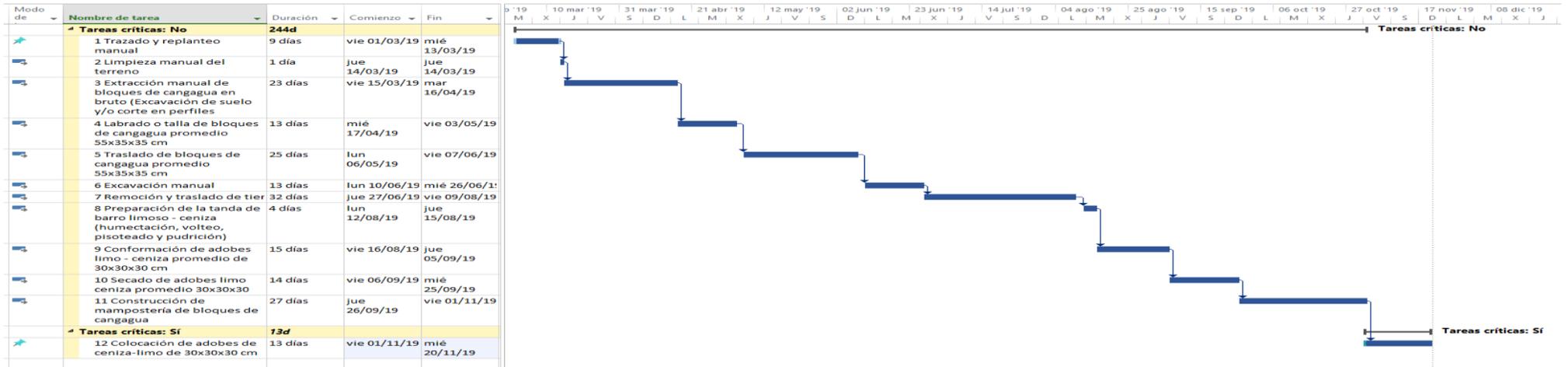
- Finalmente, se realizan varias actividades simultáneas y paralelas, de forma total o parcial, -con un número mínimo de 60 y máximo de 200 personas según se observa en las Ilustraciones 4.3.c y 4.5 y se describe a continuación de las ilustraciones.

Si las actividades se hubieran efectuado secuencialmente, como en la Ilustración 4.3.a, el número total de personas hubiese sido 1810, número válido solo como equivalencia al total de personas en las actividades, ya que las mismas personas que terminaron una actividad, podían trabajar en otras no simultáneas, como se demuestra en las Ilustraciones 4.3.b y 4.3.c.

Sobre la base de lo antes expuesto, el escenario 4 que se analiza a detalle debido a que se consideró el más coherente en número de personas y tiempos de ejecución.

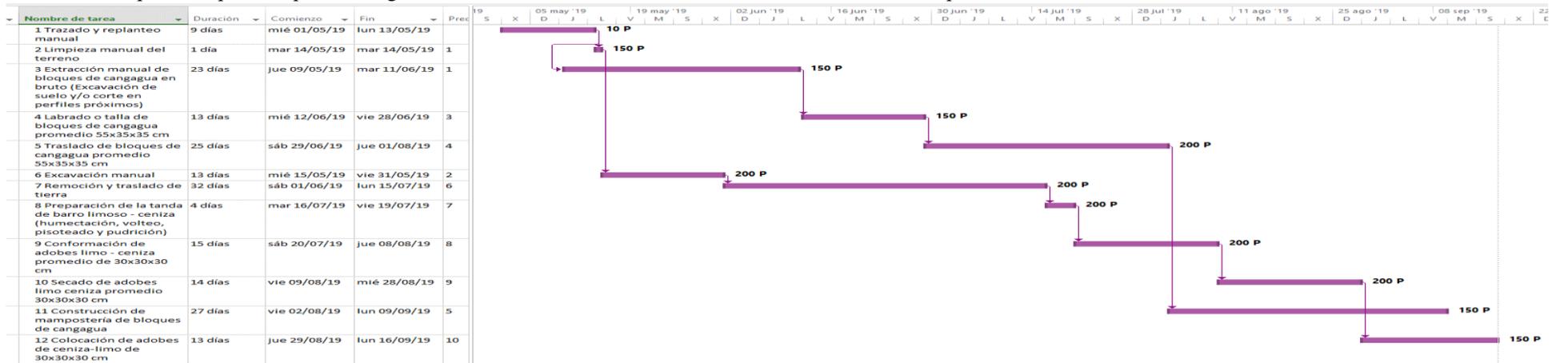
¹⁵ La zona del Bosque Seco Montano Bajo (bsMB) en Imbabura “corresponde a las zonas de llanura en Ibarra, Atuntaqui, Cotacachi, Otavalo, Pimampiro y Urcuquí entre las cotas 2.000 y 3.000 msnm, con 3 meses ecológicamente secos que corresponden al mes de Junio, Julio y Agosto” (Prefectura de Imbabura, 2015, pág. 211)

Ilustración No. 4.3.a (Escenario 2): Diagrama de Gantt, actividades secuenciales con incremento del número de personas. Obtenido en MS Project
 Número de días: 264. Laborables: 180. Número mínimo de trabajadores: 10; máximo, 200



Elaboración: Autora.

Ilustración No. 4.3.b (Escenario 3): Diagrama de Gantt, actividades simultáneas con incremento del número de personas. Obtenido en MS Project
 Actividades paralelas para bloques de cangagua. Número de días: 120. Laborables: 86. Número mínimo de personas: 46; máximo, 400

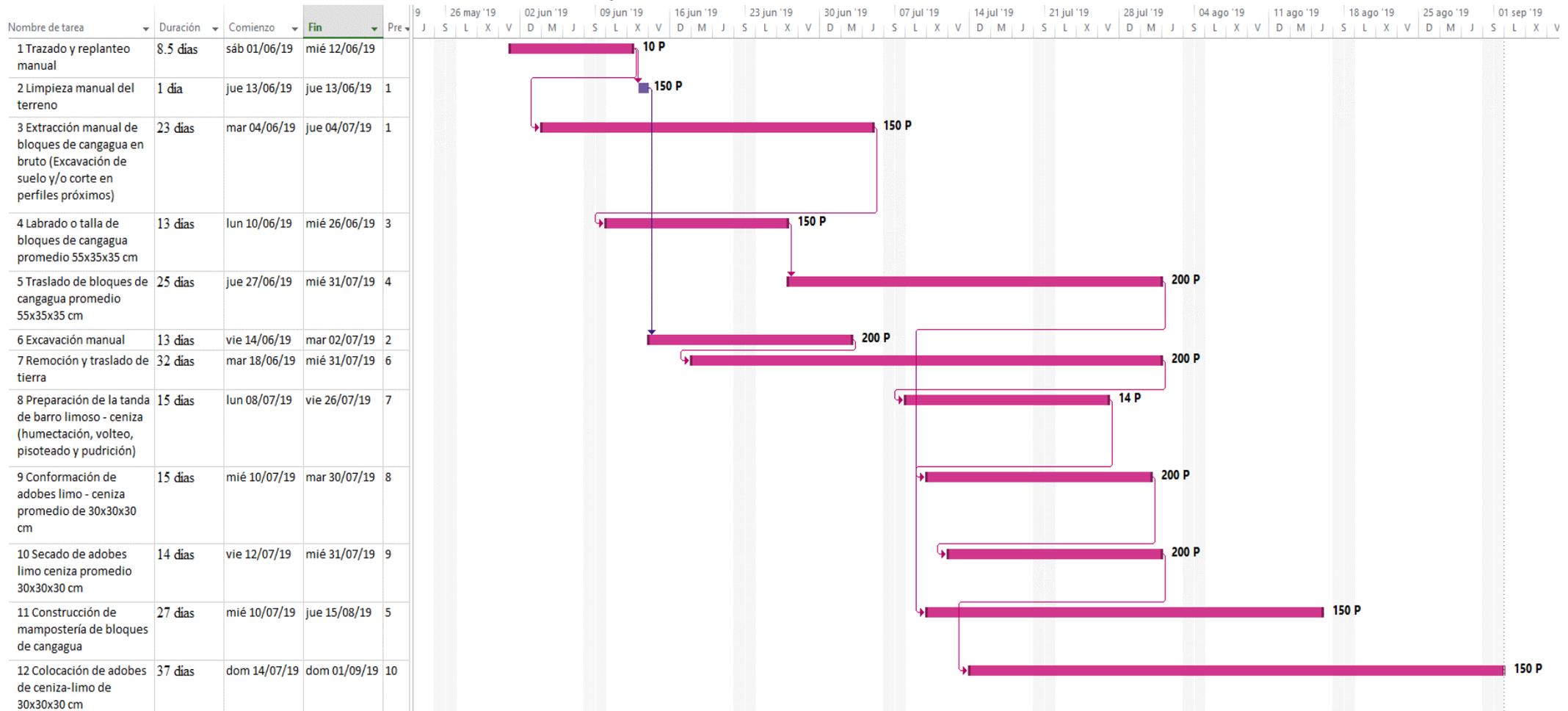


Elaboración: Autora

Ilustración No. 4.3.c (Escenario 4): Diagrama de Gantt, CPM-PERT, múltiples actividades simultáneas con incremento del número de personas.

Obtenido en MS Project

Número de días: 92 Laborables: 67. Número mínimo de trabajadores: 10; máximo, 800



Elaboración: Autora

4.2.4.1 Explicación del escenario 4 (Ilustración 4.3.c):

- a) La actividad 1, Trazado y replanteo manual (10 personas –p.–) arranca unos días antes que el resto de actividades, ya que otras como la actividad 2, Limpieza manual del terreno (150 p.) y 6 Excavación manual (200 p.) dependen de la definición inicial de las formas y dimensiones del montículo que posibilita la actividad 1. Hay que considerar que se requiere excavar áreas diferentes de la que se ubicará el montículo para obtener material volcánico suficiente para la confección de bloques. Esta actividad se ejecutará en varios frentes. Esto significa que el proceso constructivo comienza con 10 personas de alta especialidad.
- b) Pocos días después del Trazado (actividad 1), se añade la actividad 3, Extracción manual de bloques de cangahua en bloque, (150 p.) ya que es una actividad que puede realizarse en sitios (fuentes) distintos a los de la obra en sí en donde, al finalizar el Trazado se realiza la Limpieza manual (actividad 2). En las tres tareas laboran 310 personas.
- c) Obtenidos algunos bloques en bruto, al mediar la segunda semana de trabajo, comienza la actividad 4, Labrado o talla de bloques de cangagua (150 p.), que coincide con la actividad 6, Excavación (200 p.) y de forma casi inmediata, con la actividad 7, Remoción y traslado de tierra (200 p.), puesto que ya existe material excavado que puede ser removido y trasladado. En este punto del proceso están trabajando simultáneamente 700 personas.
- d) En la tercera semana se encuentra todavía en ejecución las actividades 3, 6 y 7 y da inicio la actividad 8 Preparación de la tanda de barro limoso (200 p.), por lo que en la primera semana del segundo mes de trabajo están trabajando 750 personas al mismo tiempo.
- e) A partir de la segunda semana del segundo mes de trabajo y casi hasta concluir el mes, se encuentra laborando simultáneamente el número más numeroso de personas, puesto que todavía se realizan las actividades 5, 7 y 8 y se ejecutan las actividades 9 Conformación de adobes (200 p.), 10 Secado de adobes (200 p.), 11 Construcción de mampostería de bloques de cangahua (150 p.) y 12 Colocación de adobes de ceniza (150 p.). En este caso se debe aclarar que en las actividades 9, 10 y 12, es posible que las mismas personas, al menos parcialmente, ejecuten de forma simultánea las tareas, tal como se verifica en la elaboración de la pared de mano en la que, quienes preparan el barro, también cortan los bloques y conforman los

muros. Es por eso que se ha considerado solo un número parcial de las 200 personas comprometidas en el trabajo con la pared de mano al aplicar el esquema de Gantt.

- f) Este número se reduce a 300 al iniciar el último mes de trabajos ya que en la segunda semana termina 11 Construcción de bloques de cangahua, hasta concluir con 150 personas en 12 Colocación de adobes, por las siguientes dos semanas. Ver Ilustración 4.5 al respecto.

En la Ilustración No. 4.4 se observa que el inicio del proceso es clave para todo su desarrollo. Sin embargo, a criterio de la autora, y aunque el diagrama no lo refleja, hay determinadas actividades, como la preparación del suelo para obtener los bloques de adobes de ceniza, la conformación y el secado de adobes, son incidentes en la ruta crítica y claves dentro del proceso.

Ilustración No. 4.4 (Escenario 4): Diagrama de red y ruta crítica de actividades: secuencias, precedencias y simultaneidades, aplicada a la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí.

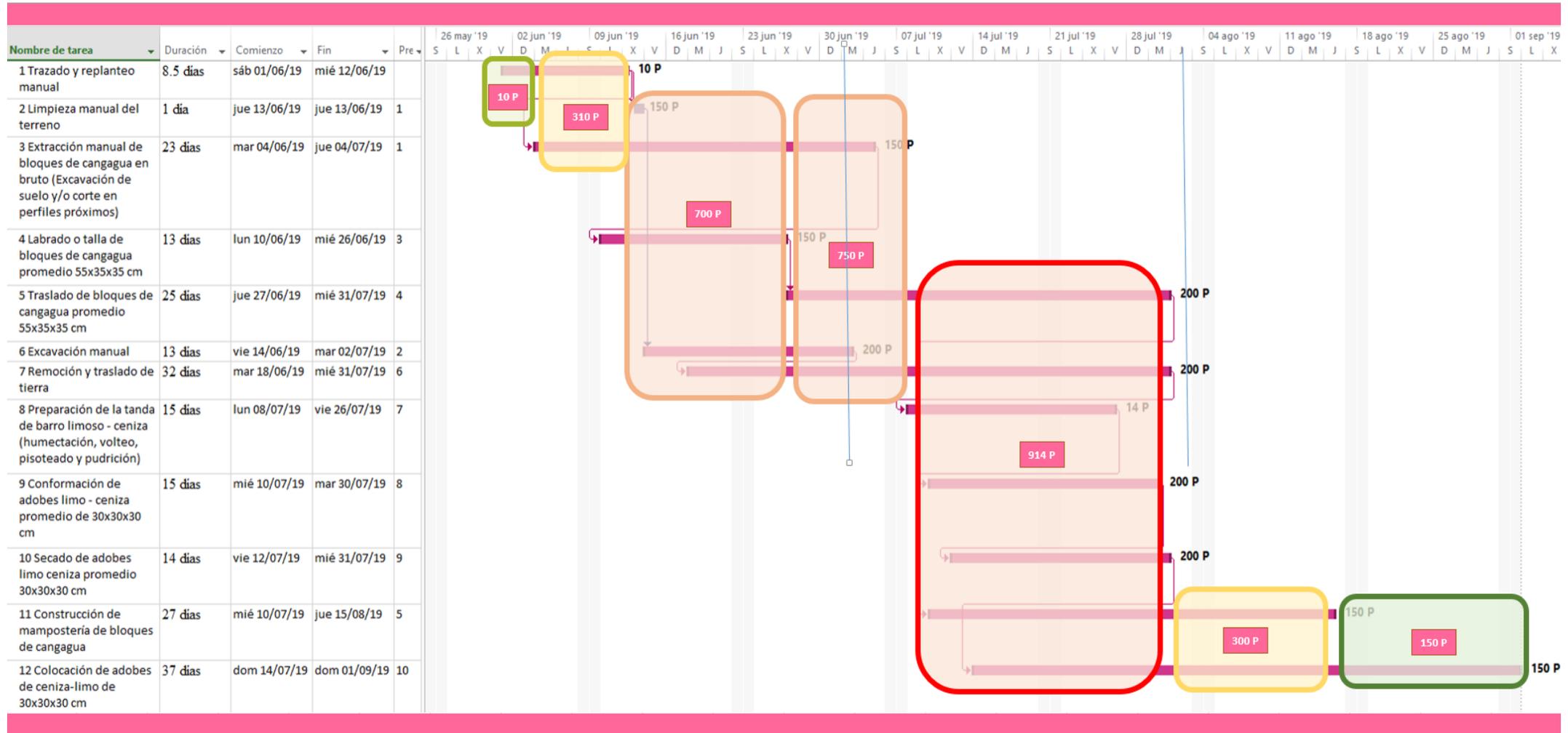


Elaboración: autora, obtenida en MS Project y Excel

De todas maneras, el tiempo obtenido se ajusta a la duración propuesta de los trabajos, alrededor de dos meses, que coinciden con julio y agosto, período de verano en el sector. Es decir, que los tiempos conseguidos son bastante aproximados a lo que la naturaleza ofrece en cuanto a clima para poder preparar los materiales y construir sin interrupciones o sin daños ocasionados por las lluvias.

En el Escenario 4, el tiempo final que se alcanza es de 92 días calendario o 13 semanas que, traducido a días laborables actuales (5 por semana) es de 66 días netos, lo cual es congruente con los cálculos de rendimiento utilizados, puesto que ellos están expresados en unidades por día laboral. El número máximo de personas trabajando en forma simultánea se estimó en 914 en el momento de mayor intensidad del trabajo. (Ilustración 4.5), mientras tanto, el mínimo, al concluir los trabajos, fue de 150, aunque el rubro de inicio, en el que se emplearon las personas con conocimientos especiales, contó únicamente con 10 personas, cifra que está fuera del rango.

Ilustración No. 4.5: Diagrama de empleo de recursos humanos. En rojo los momentos de mayor número de participantes, en naranja y amarillo, números medios y en verde, el menor número de personas trabajando en la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí.



Elaboración autora. A partir de MS Project y Excel

Al trasladar el trabajo ejecutado a las horas empleadas, a partir del número de personas por actividad y los rendimientos diarios, bajo los actuales parámetros de 8 horas diarias por persona, se obtiene un total de 257 995 horas de trabajo en el período de 92 días calendario o 66 días netos laborados, conforme se verifica en la siguiente tabla:

Tabla No. 4.8: (Escenario 4) Cálculo del número de horas totales empleadas por actividad, con cuadrillas optimizadas y empleo de simultaneidades para la construcción de los montículos de Urcuquí

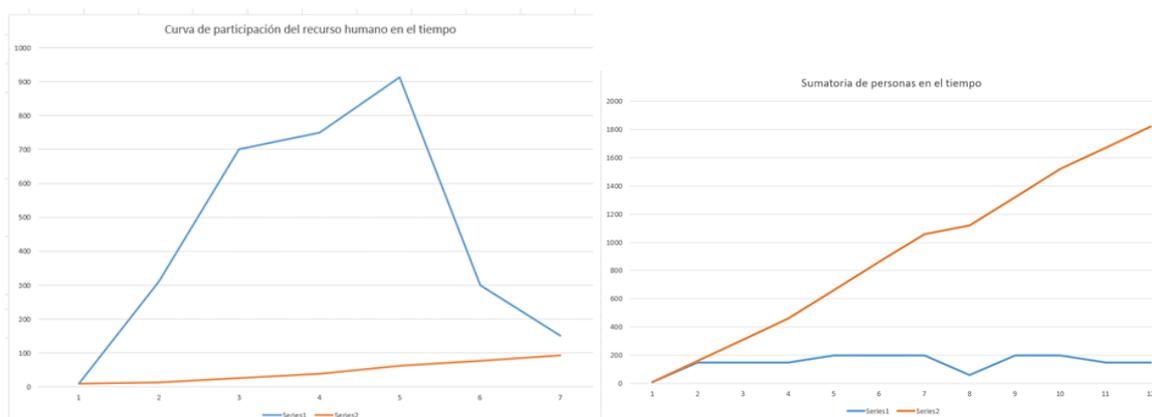
RUBRO	NÚMERO DE PERSONAS/ CUADRILLA ACTIVIDAD OPTIMIZADA	DURACIÓN EN DÍAS/ ACTVD. Cuadrillas de 10 a 200 personas	HORAS
1 Trazado y replanteo manual	10	8.5	677
2 Limpieza manual del terreno	150	1	1 155
3 Extracción manual de bloques de cangagua en bruto (Excavación de suelo y/o corte en perfiles próximos)	150	23	27 093
4 Labrado o talla de bloques de cangagua promedio 55x35x35 cm	150	13	15 798
5 Traslado de bloques de cangagua promedio 55x35x35 cm	200	25	40 640
6 Excavación manual	200	13	21 167
7 Remoción y traslado de tierra	200	32	50 800
8 Preparación de la tanda de barro limoso - ceniza (humectación, volteo, pisoteado y pudrición)	60	14	6 927
9 Conformación de adobes limo y ceniza promedio de 30x30x30 cm	200	15	23 519
10 Secado de adobes limo y ceniza promedio 30x30x30 cm	200	14	22 400
11 Construcción de mampostería de bloques de cangagua	150	27	32 294
12 Colocación de adobes de ceniza-limo de 30x30x30 cm	150	13	15 525
	1820	199	257 995

Elaboración propia

Si se proyectan los cálculos al conjunto 1 de Urcuquí, en la situación de que los 5 montículos se hubiesen construido simultáneamente, se contaría con 4 570 personas trabajando de forma simultánea (=5 montículos trabajados cada uno por un estimado de 914 p.) en el momento de mayor intensidad, de aproximadamente 15 días calendario, sobre los 92 días totales que finalmente se consiguen al ajustar el Diagrama CPM-PERT.

Ilustración No. 4.6 (Escenario 4): Curvas de empleo de recursos humanos trabajando en la construcción del montículo 3 de conjunto 1 de Urcuquí

A) Participación del recurso humano en el tiempo B) Sumatoria de personas o de horas/hombre en el tiempo



Elaboración: Autora. A partir de Excel

Si los números conseguidos se proyectan a los 4 conjuntos que contienen 27 montículos –m.- o tolas en la ex hacienda San José de Urcuquí, se determina que podría haber un mínimo de 4 050 (=150p*27m), en que 150 es el mínimo obtenido para el montículo 3 del conjunto 1) hasta un máximo de 24 678 (914p*27m), en donde 914 es el máximo para el montículo 3 del conjunto 1) personas trabajando simultáneamente, en los momentos de mayor intensidad de los trabajos. El tiempo empleado en la construcción de los 27 montículos en términos de horas de trabajo sería de 6 965 860 horas/hombre.

Para verificar la posibilidad de este número de personas, se puede emplear otro tipo de indicadores, como el número de metros cuadrados de suelo agrícola necesarios para alimentar a una persona, sin embargo este es motivo de otra investigación, por lo que solo se deja planteado en este documento.

Los indicadores actuales estimados por diferentes entidades que se dedican a promocionar huertos urbanos y apreciaciones de lo que se requiere para alimentar a la humanidad como la FAO (www.fao.org) consideran aproximadamente 10 m² por persona, es decir, 45 700 metros cuadrados en el caso de 4 570 personas (Conjunto 1), lo cual no es difícil de conseguir en la zona de Urcuquí. Aun duplicando el número de metros cuadrados, asumiendo que la productividad actual puede ser mayor, serían 91 400, es decir, 9.4 hectáreas que, comparadas con la más de 160 hectáreas dentro del perímetro que contiene a los 4 conjuntos de montículos y un montículo aislado en lo que fue la hacienda San José, corresponde a un porcentaje menor al 6%.

Al aplicar estos parámetros al trabajo simultáneo en los 27 montículos, el número máximo en área sería de 246 780 m² o 24.7 hectáreas, -duplicadas: 48.4 hectáreas-, significan

el 15% en el primer caso y 30% en el segundo, sobre las 160 hectáreas antes indicadas. Aunque la situación de que los 27 montículos se hubiesen construido simultáneamente es improbable, estos números demuestran que habría sido posible.

4.3 RESULTADOS

Los resultados de la aplicación de la metodología, en síntesis son los siguientes:

La propuesta ha surgido en función del número de personas proyectadas a partir de las descripciones y video de P. De Sutter, de las descripciones de R. Andrade, mencionadas detalladamente en el apartado previo y de la experiencia personal de quien suscribe la presente tesis, recabada en diversas poblaciones del país. De esta manera, se determina que, dentro de un período de tres meses, un mínimo de 150 hasta un máximo de 914 personas – p- que trabajaron simultáneamente en los momentos de menor y mayor intensidad respectivamente, habrían hecho posible la consecución del montículo –m- 3 del conjunto 1 de Urcuquí. El tiempo empleado es de alrededor de 257 995 horas/hombre en este montículo.

Mientras tanto, entre un mínimo de 750 personas ($=150 p \cdot 5m$) y un máximo de 4 570 ($=914p \cdot 5m$) personas trabajando durante el mismo período de tres meses, habrían permitido la construcción de todo el conjunto 1 que comprende 5 tolas, si es que ellas fuesen del mismo tamaño, aunque existen montículos de dimensiones menores. A su vez, en términos de horas, se cuentan 1 289 974 horas/hombre. Otra posibilidad es que se hubiesen construido en 5 veranos consecutivos, 1 montículo a la vez.

La metodología aplicada demuestra que es posible obtener una aproximación a los tiempos y al número de personas que participaron en la construcción. Pero no solamente se trata de números, se trata, además de verificar que el conocimiento ancestral respecto de una geometría espacial, de la bondad de los materiales, de las alternativas en los sistemas constructivos, así como la especialización de los grupos humanos y la capacidad de los líderes para organizar a la comunidad lograron estos monumentos que han persistido a lo largo de centurias y se mantuvieron vivos en la identidad de los pueblos de la región.

5 CAPITULO V: INTERPRETACIONES Y CONCLUSIONES

5.1 SÍNTESIS Y VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La revisión de los estudios efectuados en la región Caranqui por varios especialistas, ha permitido obtener un contexto general de esta sociedad prehispánica, sobre todo en relación a las características materiales de su monumentalidad o de sus tolas, en varios de los sitios epónimos de esta sociedad prehispánica, en la provincia de Imbabura.

Igualmente, la verificación de los estudios y recientes propuestas sobre los cacicazgos del norte de lo que hoy es Ecuador, han posibilitado contar con una visión panorámica y aún particularidades sobre la complejidad social caranqui, como la posible existencia de un sistema de barrios o aldeas, con el uso combinado de vivienda, producción y funerario. Aunque no hay claras referencias a las actividades administrativas, el hecho del manejo de recurso humano para la construcción, en la escala que se alcanza a definir en el trabajo, podría también incluir la gestión y seguramente, el intercambio.

Para lograr el imprescindible y fiable detalle del sistema constructivo, de tal manera que pudiese ser sometido a la técnica del CPM PERT, los hallazgos de la excavación arqueológica y los resultados de la aplicación de la técnica geofísica de tomografía eléctrica, bajo la responsabilidad de María Solórzano, analizados a profundidad y cotejados con los datos aportados por la etnografía de las técnicas de la pared de mano y del bloque de cangahua, así como las publicaciones relativas a la geología de la región y composición del suelo, resultaron claves precisas e ineludibles.

Sobre la base del uso combinado y apropiado de las herramientas de excavación arqueológica tradicional y de tecnología de última generación, mediante los métodos geofísicos, se ha logrado determinar que la construcción de los montículos forma parte de un proceso organizado, bastante arduo y diverso, vinculado a la transformación del paisaje natural.

La información aportada por las técnicas constructivas de la Provincia de Imbabura, como la pared de mano, bloque de cangahua, pared de chamba, utilizadas desde el periodo prehispánico y que tienden a desaparecer por la incorporación de materiales modernos, ha complementado de manera eficaz la comprensión de los procesos empleados en los montículos. La persistencia de estas técnicas remite a un variado y rico sistema de conocimientos que hacen parte de la herencia cultural inmaterial de la región y que conforman la trilogía que caracteriza un paisaje cultural, conjuntamente con el entorno

modificado por las sociedades y las sociedades moldeadas, a su vez, por el entorno.

La información científica sobre la composición y propiedades de los suelos volcánicos utilizados ratifica lo apropiado y congruente de los saberes de las sociedades que construyeron los montículos y que permanecen hasta nuestros días. La presencia de carbonatos de calcio en las puzolanas del Chachimbiro explica las propiedades cementantes del material empleado para los adobes y convalida los saberes ancestrales, haciéndolos trascender en el tiempo. Estos conocimientos han persistido por tradición oral y la transmisión de oficios.

En la parte propositiva, con el respaldo de los datos etnográficos sobre actividades de arquitectura tradicional y los tiempos empleados actualmente por los trabajadores en la realización de cada una de las tareas minuciosamente descritas con anterioridad, se logró armar varios escenarios respecto de los tiempos de ejecución de los trabajos. Para lograrlo, fue imperativo detallar diversos planteamientos sobre el uso de los recursos humanos que pudieron haber participado en la fabricación de los montículos; contando con ello, las cuadrillas de trabajo fueron perfeccionadas para seleccionar el mejor escenario con los tiempos y temporada óptimos de realización.

Sobre la base de la información arqueológica, geofísica, etnográfica, que fue tamizada a través de los conocimientos actuales sobre técnicas antiguas para programación de obras, se determinaron los posibles recursos utilizados en cada uno de los procesos del sistema constructivo de los montículos circulares de la ex Hacienda San José lo que permitió el cálculo de los tiempos empleados. Los procesos ejecutados y los cálculos llevados a cabo, analizados bajo el esquema de la herramienta CPM PERT, permiten observar que, para la ejecución, se realizaron varias actividades de forma concomitante.

Los cálculos optimizados llevan a proponer que el tiempo estimado para la construcción de un solo montículo fue de 66 días netos¹⁶ equivalentes a 92 días calendario¹⁷ o, durante el cual intervinieron un máximo de alrededor de 914 personas, mientras que en el cálculo más conservador en cuanto al número, participaron un máximo de 200 personas en las tareas, con un tiempo de 264 días calendario y 180 días netos aproximados.

Lo expresado fue posible gracias a que el abastecimiento de materiales, tales como las cangahuas y los limos se encontraban en el área mismo de trabajo, primero por retiro de suelo y segundo por fuentes que estaban alrededor tales como diferencias de nivel, cortes o

¹⁶ Días de trabajo efectivo

¹⁷ Uso por Default del programa MS Project que contempla semana de 5 días laborables y 2 de descanso

la quebrada del río Ambi, mientras que el agua pudo ser traída mediante acequias o subida desde el mismo río.

Si se trabajaba estacionalmente, por ejemplo, durante 5 diferentes veranos, para conseguir el conjunto de 5 montículos es posible que en cada ocasión hayan participado un máximo estimado de 914 personas, según los cálculos realizados.

Debido a que no se puede precisar si todos los montículos fueron construidos al mismo tiempo o por fases, a pesar de que habrían partido de una planificación, en la propuesta de que hubo una intencionalidad de trabajar todos a la vez, sumando los tiempos óptimos, para el conjunto No 1, - con 5 montículos-, para poderlos construir al mismo tiempo, dentro de un lapso de 3 meses, debieron intervenir un estimado de 4 570 personas trabajando de forma simultánea (=5 montículos trabajados cada uno por un estimado de 914 personas) en el momento de mayor intensidad, de aproximadamente 15 días calendario, sobre los 92 días totales conseguidos al ajustar el Diagrama CPM-PERT.

Aunque no se descarta esta forma de trabajo, se propone también la reutilización de los espacios producidos, en periodos subsecuentes.

El conjunto de conocimientos alcanzados a través del proyecto de titulación destaca los niveles de planificación y diseño, del manejo y preparación de materiales y de las técnicas de construcción que condujeron a la edificación de los montículos. A la vez, este sistema de saberes ha sido transmitido de generación en generación y muchos de ellos todavía son reconocidos como medios idóneos de manejo de los recursos y consecución de obras de arquitectura que a la vez que prestaron facilidades a sus ocupantes, han sido perdurables en el tiempo.

En la actualidad, los montículos artificiales de la antigua Hacienda San José forman parte del paisaje cultural del cantón San Miguel de Urcuquí y de la provincia de Imbabura.

En medio de un suave declive, los montículos expuestos en primer lugar al conocimiento público por Jacinto Jijón y Caamaño, destacan nítidamente en el entorno, del cual han tomado las formas y las bondades constructivas de sus suelos volcánicos. Con el empleo de sabias técnicas de construcción, los antiguos pobladores han garantizado la permanencia de estas estructuras que, aunque modestas frente a la monumentalidad de otros edificios caranquis como los de Cochasquí o más todavía, de Zuleta, muestran una gran complejidad constructiva, que remite a una sociedad de igual complejidad, jerarquía y compactación.

Debido a que se trata de grupos humanos altamente complejos, debió existir una

especialización del trabajo, especialmente en lo que se requiere a actividades que requerían un mayor conocimiento, habilidad o delicadeza, como el trazado y dimensionamiento de las formas, el labrado de la cangahua o la conformación de los adobes, con el empleo del cabo. Un detalle muy importante es el nivel de organización, pues el manejo simultáneo de más de 900 personas, al menos por un período de dos semanas durante la ejecución de las obras así lo demandó.

Para la elaboración de los mampuestos, las personas debieron conocer el medio ambiente, las fuentes de materia prima y el manejo en sí de los materiales, la mayor o menor cantidad de agua necesaria y otros detalles que desembocaron en la optimización de la construcción de las estructuras.

El por qué se construyeron los montículos, transformando el paisaje puede tener varias explicaciones, de las cuales se exponen algunas hipótesis:

- Desde un punto de vista de la biomimesis y bioinspiración, considerando la zona volcánica en la que se encuentran, es posible que simbólicamente se haya intentado emular las geoformas de los volcanes mediante la morfología de los montículos y los tipos de mamposterías empleadas en la construcción. Estas fábricas, en las que la materia prima son puzolanas y otros productos volcánicos, mantendrían vigente, a través de la tradición oral y constructiva, la fuerza que tienen los colosos volcánicos, al devolverle a su representación, el producto de sus erupciones.

- En las planicies de ocupación, la emergencia de los grupos de tolas, además de los aspectos simbólicos y cosmológicos, pudo actuar para potenciar la visualización y a la vez, visibilización del paisaje, similar al papel que posteriormente conseguirían los pucarás incaicos, muchos de éstos, sitios reutilizados de anteriores ocupaciones, que en los dos períodos ejercieron también como ejes de tránsito al conectar las cimas con los valles, sucesivamente.

En relación a los constructores, la especialización y división del trabajo y empleo de uno u otro sexo, si bien no se tienen datos arqueológicos o etnográficos locales que lo ratifiquen y no se ha tratado el tema a lo largo del texto, la participación de mujeres, conforme se testimonia en Sanancahuán, Chimborazo, en la zona en la que Roberto Andrade documentó la producción de bloques de cangahua, pudo consistir en la consecución y acopio de agua, además de la elaboración de alimentos.

Finalmente, de lo más importante que se obtiene del presente trabajo es la vigencia, validez y transmisión heredada de los conocimientos ancestrales respecto de la arquitectura

y la ingeniería. En el estudio se constata que la identidad de la cultura Caranqui ha permanecido en el uso de saberes sobre geometría, características plásticas y cementantes de los materiales, opciones diversas de las técnicas y sistemas constructivos, capacidades organizativas de las sociedades constructoras de los monumentos, especialidad en el trabajo, distintivos y particularidades que han posibilitado la consecución de estos monumentos que han persistido a lo largo de los siglos y de arquitecturas con espacios generosos y el uso de tecnologías apropiadas.

5.2 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO

El uso de herramientas geofísicas, al igual que las etnográficas permiten, desde aristas que se están volviendo cada vez más convencionales en las intervenciones arqueológicas, reconstruir formas de interacción de los seres humanos con los recursos eco sistémicos en momentos determinados, sin tener que acudir a métodos cien por ciento invasivos o por lo menos delimitando su rango de acción.

Entre los pendientes que se abren se encuentra la determinación de las características físicas y químicas de los mampuestos, lo que permitirá verificar algunos de los supuestos o hipótesis que fueron aplicados a lo largo del trabajo. Entre estos supuestos está por ejemplo, el uso a partes iguales de los bloques de cangahua y de los bloques de ceniza. Desde un punto de vista de la proyección del uso actual de estos materiales, es necesario identificar las proporciones de puzolana o limo y de los carbonatos y otros al interior de estos elementos.

La confrontación de estos datos con los de las características de otros montículos de la región y la aplicación del sistema CPM PERT sobre ellos puede resultar útil para encontrar las semejanzas y diferencias y caracterizar de mejor manera la sociedad Caranqui.

Si bien las técnicas arquitectónicas vernáculas están en riesgo de perderse, por la incorporación de nuevos estándares ideológicos, que se suman a las nuevas herramientas y formas y sistemas constructivos, las construcciones que aún persisten y responden a un *continuum* arqueológico e histórico, permiten dar la pauta, conocer la eficiencia del uso de materiales utilizadas en ellas y los métodos empleados y que fueron producto de un análisis, conocimiento e intercambio con el ambiente, de una sabiduría que se transmitió de generación en generación.

Dentro del empleo de la ruta crítica, tal vez la mayor dificultad se relaciona con el recurso humano. Habría que contar con mayor información relativa a la posible

conformación de las cuadrillas de trabajo para obtener rendimientos más aproximados. Sin embargo, se considera que la ancestral costumbre de la minga pudo haber facilitado la participación del número de personas estimadas en el estudio, bajo otros supuestos más, como por ejemplo, las edades y sexo de la población participante.

La recuperación de la información sobre estos procesos constructivos, su revalorización, además de fortalecer la recuperación de conocimientos ancestrales, puede dar la pauta para generar nuevas estrategias de diseño y uso de materiales de construcción en la época contemporánea.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, R. (noviembre de 2018). *Técnica constructiva en bloque de cangahua* Comunicación personal sobre las obras realizadas en la comunidad de Sanancahuán, provincia de Chimborazo. Ecuador. Quito.

Athens, J. S. (1976). *Informe preliminar sobre investigaciones arqueológicas realizadas en la Sierra Norte del Ecuador*. Otavalo: Sarance.

Azofeifa Zamora, C. (2002). *Administración de proyectos con Excel usando PERT/CPM*. Uniciencia, 19, pág. 13-22.

Bernard, B., Robin, C, Beate, B. Hidalgo, S. (2015). *Tefrocronología del volcán Chachimbiro: implicación en la ocupación humana en el cantón Urcuquí*. Centre National de la Recherche Scientifique, Magmas et Volcans, Instituto Geofísico, Institut de Recherche pour le développement, Université Blaise Pascal. 15 de noviembre de 2018.

Obtenido en https://www.researchgate.net/profile/Benjamin_Bernard/publication/286457225_Bernard_et_al_2015_Tefrocronologia_del_volcan_Chachimbiro/links/566aff7008aea0892c4bc039/Bernard-et-al-2015-Tefrocronologia-del-volcan-Chachimbiro.pdf

Bernard, B., Robin, C, Beate, B. Hidalgo, S. (2011). *Nuevo modelo evolutivo y actividad reciente del volcán Chachimbiro*. Universidad San Francisco de Quito, Cumbayá, Ecuador. Laboratoire Magmas et Volcans Clermont Université, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD-R, Clermont-Ferrand, France. Departamento de Geología, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 15 de noviembre de 2018. Obtenido en http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-08/010054873.pdf

Bray, T., y Echeverría A., J. (2014). Al final del Imperio: El sitio arqueológico Inca-Caranqui en la Sierra Septentrional del Ecuador [versión electrónica]. *Antropología Cuadernos de Investigación* 13, 127-150.

Calvo Trias, M., García Rossello, J., Santacreu, D., y Javaloyas Molina, D. (2017). Introducción: Agentes, instituciones y prácticas en la etnoarqueología española [versión electrónica]. *Complutum* , 28(2), 251-256.

Castro D., P. (2003) *Análisis de Precios Unitarios (APU)* En Woolfson, O. (Dir.) Proyecto de recuperación de imagen urbana de 14 edificaciones en la calle Numa Pompilio Llona, Barrio Las Peñas, Guayaquil, Ecuador.

Comité Intergubernamental de protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural. (2008). *Directrices Prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial. París: Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO*. 5 de julio de 2018. Obtenido de <http://whc.unesco.org/archive/opguide08-es.pdf>

Construmática Metaportal de arquitectura, Ingeniería y Construcción. *Cemento Portland*. 1 de diciembre de 2018. Obtenido en https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento_Puzol%C3%A1nico y

[https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento Portland](https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento_Portland)

Criado-Boado, F. (1999). *Del terreno al espacio: planteamientos y perspectivas para la arqueología del paisaje*. Santiago de Compostela, Galicia, España: Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje, Universidade de Santiago de Compostela .

David, B; Thomas, J. Editors (1992) Introduction. *Handbook of Landscape Archaeology. World Archaeological Congress*. George Nicholas (Simon Fraser University) y Julie Hollowell (Indiana University), Research Handbooks in Archaeology, Series Editors. Left Coast Press. Walnut Creek, Ca.

De Sutter, P. (mayo de 2018) *La técnica constructiva de la pared de mano*. Comunicación personal. Quito.

De Sutter, P. (1986) *La utilización del adobe en la construcción*. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Quito - Ecuador

De Sutter, P. (1985) *Técnicas tradicionales en tierra en la construcción de viviendas en el área Andina del Ecuador*. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Quito - Ecuador

De Sutter, P. (1994) *Vídeo técnica constructiva sobre la pared de mano*. En comunicación personal mantenida con el arquitecto Patrick De Sutter, 2018. Quito.

Dincauze, D.F. (2000) *Environmental archaeology, principles and practice*. Cambridge University Press. Transferred to digital printing 2008. Obtenido 28 de agosto de 2018 de <https://epdf.tips/environmental-archaeology-principles-and-practice.html>

Echeverría, J, Berenguer, J. y Uribe, M.V. 1995. *Prospecciones en el Valle de Chota – Mira* (Carchi – Imbabura) Compiladores Uribe M. y Echeverría J. Área Septentrional Andina Norte. Arqueología y Etnohistoria. Quito: Instituto Otavaleño de Antropología & Ediciones Abya-Ayala (ISBN: 9978-72-078-2). pp, 44 -148.

EIC - DCCGG - UTPL Escuela de Ingeniería Civil - Dpto. de Construcciones Civiles, Geología y Geotecnia - Universidad Técnica Particular de Loja (recuperada 15 noviembre de 2018). *Diferencias entre limos y arcillas*. Obtenida en <https://www.docsity.com/es/diferencias-entre-limos-y-arcillas/2242090/>

Espinosa Soriano, W. (1988). *Los Cayambes y Carangues: siglos XV - XVI. El testimonio de la Etnohistoria*. Otavalo: Instituto Otavaleño de Antropología.

Fernández González, M., Cadenas Álvarez, C. y Purcell, P. (2018). Urbanismo utópico, realidades distópicas: una etnografía (im)posible en Yachay, “ciudad del conocimiento”. Etnográfica [versión electrónica]. *Revista do Centro em Rede de Investigaçãõ em Antropologia*, 22 (2), 335-360.

Gasto Coderech, J. M., Gálvez Navarrete, M. C., y Morlaes Arnaiz, P. (2010). Construcción y articulación del paisaje rural: Perception, natural disturbance and the reconstruction of landscapes [versión electrónica]. *AUS (Valdivia)* 7, 6-11. doi:DOI:10.4206/aus.2010.n7-02

Gondard P. y López F. (1983). Inventario Arqueológico Preliminar de los Andes

Gondard P. y López F. (1983). **Inventario Arqueológico Preliminar de los Andes Septentrionales del Ecuador**. Quito, Ecuador: MAG-ORSTOM, PRONAREG.

Gondard, P. (1986). Cambios históricos en el aprovechamiento del medio natural ecuatoriano. Papel de la demanda social [versión electrónica]. *Cultura*, 24, 567-577.

González, D., Bonora Eve, J., Marlon, D., y Noyola, D. (s.a.). **Ruta Crítica CPM PERT. Maestría en Ciencias** de la. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/04/Camino_Critico_CPM-PERT.pdf

González Rubial, A. (2003). **La experiencia del otro: una introducción a la etnografía**. Ediciones AKAL, Madrid

Gould, R. & Watson, P. (1982). A dialogue on the meaning and use of analogy in ethnoarchaeological reasoning. *Journal of Anthropological Archaeology* 1 (14), 355-351.

Harris, M. (1985). **El Materialismo Cultural**. Madrid: Alianza Editoria.

Hernando Gonzalo, A. (1992). Enfoques teóricos en arqueología [versión electrónica].. *Spal*, 11-35.

Houk, B. A., y Zaro, G. (2011). Evidence for Ritual Engineering in the Late/Terminal Classic Site Plan of La Milpa, Belize. *Latin American Antiquity*, 22(2), 178-198.

ICOMOS. (1999). **Introducción a la Carta del Patrimonio Vernáculo Construido. 12ª. Asamblea General ICOMOS**.

IGEPN. (2011). **El viento puede transportar la ceniza volcánica 9000 Km o más**. Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/427-el-viento-puede-transportar-la-ceniza-volc%C3%A1nica-9000-km-o-m%C3%A1s>

Ingenieria industrial online. (s.f.). **PERT - Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos**. Recuperado el 16 de junio de 2018, de sa: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>

INPI. (2014). **Cenizas volcánicas**. En Boletines Temáticos del Departamento de Información Tecnológica del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial Argentina. Recuperado el 23 de noviembre de 2018, de <http://www.ibepi.org/wp-content/uploads/2014/12/Cenizas1.pdf>

INOCAR. (2012). **Capítulo II. Información general de la republica del Ecuador**. Recuperado el 18 de julio de 2018, de https://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_I.pdf

Jijón y Caamaño, J. (1997). **Antropología Prehispánica del Ecuador**. Quito: Museo Jacinto Jijón y Caamaño, Embajada de España, Agencia Española de Cooperación internacional.

Editorial Santillana, Quito, Ecuador.

Koskela, L., Howell, G., Pikas, E., y Dave, B. (2014). *If CPM is so bad, why have we been using it so long*. The 22th International Group for Lean Construction conference, 27-37.

Lippi, R. D. (2004). Las tolas (montículos artificiales) ecuatorianas como íconos sagrados: una perspectiva panamericana. En Mercedes Guinea (Ed.), ***Simbolismo y ritual en los Andes septentrionales*** (pp. 111-125.). Ediciones Abya-Yala / : Editorial Complutense.

Lovato, S. (2008) Análisis de Precios Unitarios (APU) En Woolfson, O. (Dir. Consultoría) ***Proyecto Restauración y adaptación a nuevo uso de la antigua escuela de Niñas Eloy Alfaro de Montecristi.***, Guayaquil.

Manrique, G., y Rosero, P. (Agosto de 2011). *Riesgos por erosión en la provincia de Imbabura. Proyecto de investigación, 1-76*. Obtenido de <https://www.puce.edu.ec/documentos/Investigacion/2011/PUCE-Investigacion-2011-GEO-Erosion-Imbabura.pdf>

Manzanilla, L., Barba, L., Chavez, R., Azarte, J., y Flores, L. (1898). El inframundo de Teotihuacan [versión electrónica]. *Geofísica y Arqueología. Ciencia y desarrollo*, XV (85), 21-35.

Molano Barrero, J. (1994). Arqueología del paisaje [versión electrónica].. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 5(2), 1-10.

Moore, J. (1996). ***Architecture & Power in the Ancient Andes. The archeology of public buildings (Serie New Studies in Archeology)***. Cambridge University Press. ISBN 0 521 55363.

Moreira Pino, M. (2012). ***Prospección arqueológica en el sector de la implementación del proyecto Yachay (660 hectáreas) – Ciudad del Conocimiento Ecuador, Provincia de Imbabura, Cantón Urcuquí.*** Quito: (Informe) Presentado al Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Finaiciado por ECUempire .

Moreno Yáñez, S. (1998). *Formaciones Políticas Tribales y Señoríos Étnicos*. En Enrique Ayala Mora, ed. Nueva Historia del Ecuador, Época Aborigen II, Vol. 2. Quito. Corporación Editora Nacional, Grijalbo. 1998.

Oliveira, R. J., Caldeira, B., Teixidó, M. T. e Borges, J. F. (2016). Aplicação de métodos geofísicos em Arqueologia [versión electrónica]. *Workshop em Ciências da Terra*, 8-10.

Ordóñez, M. P. (2013). ***Informe final sobre trabajos de monitoreo y rescate realizados, que incluye mapas, planos, anexos fotográficos y bases de datos creadas con la información recopilada*** (Informe). Presentado al Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador.

Orejas, A. (1995). Arqueología del paisaje: de la reflexión a la planificación [versión electrónica]. *Archivo español de arqueología*, 68, 215-224.

Ortegón, E., Pacheco, J. F. y Prieto, A. (2005). ***Metodología del marco lógico para la***

planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Publicación de las Naciones Unidas.

Oswin, J. A. (2009). A field guide to geophysics in archaeology. *Springer*.

Pazmino, E. (2018). *Explorando las transformaciones políticas y económicas de la Sierra Norte del Ecuador durante el período tardío*. Simposio 19. Deconstruyendo los cacicazgos del norte: Nuevas reflexiones sobre sociedades de la prehistoria tardía de la sierra norte del Ecuador. En TAAS - Teoría Arqueológica de América del Sur, Desconocido. Ibarra, Imbabura, Ecuador -Conferencia

Plieninger, T. & Bieling, C. (2012). *Connecting cultural landscapes to resilience*. En T. Plieninger y C. Bieling, Resilience and the cultural landscape. Understanding and managing change in human -shaped environments (págs. 3-26). Cambridge: Cambridge University Press.

Politis, G. (Diciembre de 2002). **Acerca de la Etnoarqueología en América del Sur.** *Horizontes Antropológicos*, 8 (18). doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-71832002000200003>

Porras, P. (1987). *Investigaciones arqueológicas a las faldas del Sangay*. Provincia Morona - Santiago. Quito: Centro de Investigaciones Arqueológicas PUCE.

Pratt, W. S. (6 de Junio de 2018). *De las cenizas: Materiales volcánicos para la construcción en Ecuador precolombino*. Simposio 19. Deconstruyendo los cacicazgos del norte: Nuevas reflexiones sobre sociedades de la prehistoria tardía de la sierra norte del Ecuador. En TAAS - Teoría Arqueológica de América del Sur, Desconocido. Ibarra, Imbabura, Ecuador -Conferencia-.

PREFECTURA DE IMBABURA (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Imbabura 2015 - 2035*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000180001_PDOT_%20IMBABURA%202015-2035_SIGAD_15-08-2015_22-50-42.pdf

Smailes, R. (2011). Building Chan Chan: A project Management Perspective. *Latin American Antiquity*, 22(1), 37-63.

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española [Dictionary of the Spanish Language] (23 nd ed.)*. Madrid, Spain: Author.

Ramos, M. (2012). *La arqueología experimental (AE): para una mejor interpretación de los datos en arqueología histórica*.

Ramos Zapata, C. (2017). *Caracterización y valoración de la técnica constructiva tradicional en tierra en la arquitectura vernácula doméstica en el departamento de Boyacá. Estudio de casos en zona rural de los municipios de Tinjacá, Ramiriquí y Tibasosa. (Tesis Magister)*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Riechmann, J. (2003). Un concepto esclarecedor, potente y persuasivo para pensar la sustentabilidad Biomímesis [versión electrónica]. *El ecologista* 36, 28-31.

Rivera Cevallos, A. (Septiembre de 2013). *Ciudad del conocimiento y la planificación territorial que generará sobre la parroquia Urcuquí perteneciente al Cantón San Miguel de Urcuquí, Provincia de Imbabura*. (Tesis Pre Grado) Disertación previa a la obtención del título de ingeniería geográfica y desarrollo sustentable con mención en ordenamiento territorial. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Rubio de Miguel, I. (1988). La Etnoarqueología una disciplina nueva en la docencia universitaria y en las investigaciones españolas. *cUPAUM*, 9-33.

Salmerón, P., Rodrigo, J. M. y Duran, I. (2009). *Paisajes culturales. Problemática de la delimitación del paisaje cultural*. Propuesta inédita del Taller Paisaje Cultural, Rutas e itinerarios culturales. Ministerio de Coordinación de Patrimonio - Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico IAPH. Quito

Santos, M. (1980). *Por una geografía nova. Da crítica da geografia a uma geografia crítica. São Paulo*: Editora de Humanismo, Ciência e Tecnologia.

Solórzano Venegas, M. S. (2008). **Estudio estadístico de la necrópolis La Florida (Quito-Ecuador): cuantificación y análisis multivariante de las sepulturas y el material cerámico**. Granada: Universidad de Granada.

Solórzano Venegas, M. S. (2018). *Etnografía y arqueología: una mirada desde la alfarería al patrimonio cultural inmaterial*. En Ministerio. de Cultura y Patrimonio, Guía Académica del Museo Nacional (págs. 95-103). Quito: Imprenta Mariscal.

Solórzano Venegas, M.S. (2013). **Prospección Arqueológica**. (Informe). Presentado al Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

Solórzano-Venegas, M.S. y Woolfson Touma O.P. (2018) Proceso constructivo de los montículos circulares de Urcuquí. *Ponencia 83 Meeting American Society of Archeology. Abril 2018*.

Solórzano Venegas, M. S., Woolfson Touma, O. P. y Jarrin Silva, L. (2018). **Análisis de las estructuras monumentales de Urcuquí mediante la aplicación de tomografía eléctrica de subsuelo**. *Tsafiqui* 10, 1-13.

Ugalde Mora, M. F., Landázuri Narváez, C. (2016). **Sociedades heterárquicas en el Ecuador preincaico: estudio diacrónico de la organización política caranqui**. *Revista Española de Antropología Americana*, 46, (pp.197-218).

Vaquer, J. M. y Gordillo, I. (2013). **Introducción: Recorriendo los paisajes**. En I. G. (Editores), *La espacialidad en Arqueología: enfoques, métodos y aplicación* (Vol. 13), (pp. 9-22). Quito: Abya-Yala.

Vaquer, J.M. y Gordillo, I. (2013). **La espacialidad en arqueología: enfoques, métodos y aplicación**. Quito: Abya Yala.

Viñuales, M. G. (2007). **Tecnología y construcción con tierra**. *Revista Apuntes*, (Vol. 20), 2. (pp. 220-231)

Viñuales, M. G. (compiladora), Martins Neves, C., Flores M. O., Ríos, L. Silvio (2003). **Arquitecturas de tierra en Iberoamérica**. HABITERRA, Red XIV.A PROTERRA Proyecto XIV.6 Subprograma XIV Viviendas de Interés Social. HABYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. Versión digitalizada, Salvador, BA, Brasil

Viñuales, M. G. (2001). **Arquitectura vernácula en Iberoamérica. Historia y Persistencias**. Conferencia Inaugural, Universidad Pablo de Olavide. España (pp. 15-24)

Woods., M. W. (2011). **Ancient Construction Technology: From Pyramids to Fortresses**. Twenty-First Century Books.

Woolfson O. (2009) *Coordinación del Decreto de Emergencia del Patrimonio Cultural. Elaboración de especificaciones e inspecciones técnicas de alrededor de 50 proyectos de Intervención de Emergencia en todo el país*. Ministerio de Coordinación de Patrimonio. Quito.

Woolfson O. (2008) *Proyecto Restauración y adaptación a nuevo uso de la antigua escuela de Niñas Eloy Alfaro de Montecristi*. Jefe de equipo técnico. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Guayaquil.

Woolfson O. (1992) *Restauración iglesia antigua de Tumbaco*. Especificaciones técnicas y Coordinación del proyecto. Municipio de Quito - Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural. Quito.

Woolfson O. (1985) *Supervisión de proyectos de restauración en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo*. Museos del Banco Central del Ecuador.

Yépez Tambaco, D.A. (2012): **Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador: Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable**. Tesis de maestría Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de diseño y técnicas de control medio ambiental. UPC. Universidad de las Américas. Quito

Zebrowski, C. (1996): *Los suelos con cangahua en el Ecuador*. **En Memorias del II Simposio Internacional sobre Suelos volcánicos endurecidos** (Quito, diciembre 1996) pp 128-137. 15 de noviembre de 2018. Obtenido en: horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes.../010012918.pdf.

APÉNDICE A –

Tabla A.1: Actividades comprometidas en la realización de los montículos de Urcuquí, con rendimientos estimados por día con cuadrillas de 3 personas, según referencias étnicas y ponderaciones de rubros actuales y la duración final por actividad.

RUBRO	UN.	FÓRM. CÁLCULO CANTIDADES DE TRABAJO	CANTIDADES DE TRABAJO Montículo 4 Conjunto 1	REND. DIA Cuadrilla 3 personas, excepto en rubros 8*, 9*, 10* y 12* (2 personas)	DURACIÓN en días/ actividad. Cuadrillas de 2 y 3 personas
1 Trazado y replanteo manual	m ²	$r1*r2*\pi*1.1^a$	$17.5*21*2.35*3.141628*1.1=1270.00$	45 m ² /d.	28.2 d.
2 Limpieza manual del terreno	m ²	$r1*r2*\pi*1.1^a*2$	$17.5*21*2.35*3.141628*1.1*2^{18}=2309$	48 m ² /d	48 d.
3 Extracción manual de bloques de cangahua en bruto (Excavación de suelo y/o corte en perfiles próximos)	m ³	$r1*r2*h*\pi*4/3/2^b$	$17.5*21*2.35*3.141628*4/3/2=1693$	1.5 m ³ /d	1129 d.
4 Labrado o talla de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	U	$v/l/a/h+10\%^c$	$210/0.55/0.35/0.35*1.1=27646$	42 U/d	658 d.
5 Traslado de bloques de cangahua promedio 55x35x35 cm	m ³	$r1*r2*h*\pi*4/3/2^b$	$17.5*21*2.35*3.141628*4/3/2=1693$	1 m ³ /d	1693 d
6 Excavación manual	m ³	$r1*r2*h*\pi*4/3/2^b+5\%$	$17.5*21*2.35*3.141628*4/3/2*1.05=2117$	2.4 m ³ /d	8824 m ³ /d.
7 Remoción y traslado de tierra	m ³	$r1*r2*h*\pi*4/3/2^b+5\%$	$17.5*21*2.35*3.141628*4/3/2*1.05=2117$	1 m ³ /d	2117 d.
8* Preparación de la tanda de barro limoso – ceniza “turo” (humectación, volteo, pisoteado y pudrición)	m ³	$r1*r2*h*\pi*4/3/2^b+5\%$	$17.5*21*2.35*3.141628*4/3/2*1.05=1732$	4 m ³ /d	433 d.
9* Conformación de adobes limo o ceniza promedio de 30x30x30 cm	U	$(v/l/a/h)^d$	$(1809/0.3/0.3/0.3)*0.9=70556$	48 U/d	1470 d.
10* Secado de adobes limo o ceniza promedio 30x30x30 cm	U	$(v/l/a/h)^d$	$(1809/0.3/0.3/0.3)*0.9=70556$	24 U/d	2940 d.
11 Construcción de mampostería de bloques de cangahua	m ³	$(U*1+*a+*h)^e$	$26847*0.5515*0.3515*0.3515*0.9=2072$	1.54 m ³ /d	1346 d.
12* Colocación de adobes de ceniza-limo de 30x30x30 cm	m ³	$(U*1+*a+*h)^e$	$66997*0.315*0.315*0.315=2426$	2.5 m ³ /d	970 d.
DURACIÓN FINAL DE TODOS LOS RUBROS EJECUTADOS SECUENCIALMENTE, con cuadrillas de 2 y 3 personas					13 686 días

Fuentes: Andrade (1983-85), Castro (2003), De Sutter (1985, 1994, 2018), Lovato (2008), Woolfson (1984-2010)

Elaboración: Autora

¹⁸ Este número contempla el doble del área del montículo para obtener la cantidad necesaria de limo -ceniza para los bloques.

Tabla A.2: TABLA DE FÓRMULAS

Estas fórmulas parten de considerar segmentos superior e inferior de una esfera ($r^3 \cdot \pi \cdot 4 / 3 / 2$) desarrollada a partir de una planta en forma elíptica.

Fórmula	Donde	Observación o aclaración
a $r1 \cdot r2 \cdot \pi \cdot 1.1 \cdot 3$	r1 = radio mayor = 21 m r2 = radio menor = 17.5 $\pi = 3.141628$.	Se prevé un área mayor a la que ocupa el montículo, tanto por el espacio de trabajo requerido, como por otras áreas de las que se extrajo ceniza o puzolana para completar lo requerido
b $r1 \cdot r2 \cdot h \cdot \pi \cdot 4 / 3 / 2$	r1 = radio mayor = 21 m r2 = radio menor = 17.5 r3 = h altura o p profundidad máxima = 2.50 m ó 2.20 m $\pi = 3.141628$.	Fórmula original de la esfera: $r^3 \cdot \pi \cdot 4 / 3$. Se divide para dos por tratarse de la excavación del segmento inferior o de la parte superior del montículo. En este caso se usan los dos radios de planta y la altura o la profundidad del montículo, establecidos por Solórzano (2013)
c $(v/l/a/h)+10\%$	v = volumen l = largo a = ancho h = altura del bloque.	El 10% corresponde a un número de bloques que por diferentes circunstancias podrían estropearse durante su labrado o talla, traslado o inclusive, en su colocación
d $(v/l/a/h)-10\%$	v = volumen de material excavado para conformar el montículo, l = largo, a = ancho y h = altura del adobe	El 10% corresponde a la argamasa que se empleará en la colocación.
e $(U \cdot l + a + h) - 10\%$	l+ = largo + 1.5 cm de argamasa, a+ = ancho + 1.5 cm de argamasa, h = altura del bloque de cangahua	El 10% restado corresponde a los desperdicios y material que se fragmenta en obra.

Elaboración: Autora

ANEXO A: DETALLES DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LAS TEFRAS DEL CHACHIMBIRO

Bernard, B., Robin, C, Beate, B. Hidalgo, S. (2015): *Tefrocronología del volcán Chachimbiro: implicación en la ocupación humana en el cantón Urcuquí.*

Ilustración A.A.1 Estratigrafías

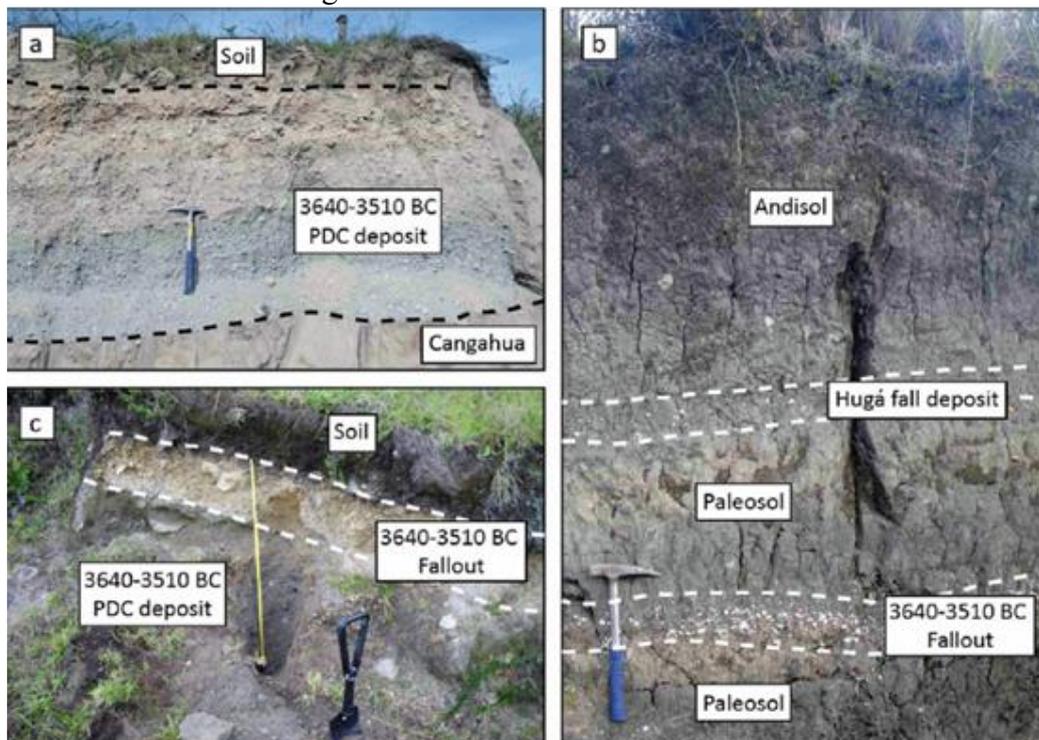


Ilustración A.A.2 Evidencias de ocupación humana: acequia en la zona de Cruz Tola



Ilustración A.A.3 Detalle de estratigrafías (Ampliación de la fotografía A.A.1)

