

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y
del Ambiente
Escuela Profesional de Arquitectura



ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO CONVENCIONAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y EL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL COVINTEC PARA EVIDENCIAR LAS VENTAJAS COMPETITIVAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL APLICADO EN PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL PROGRESIVA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA, 2021.

Tesis presentada por los Bachilleres:

Chahua Llerena, Cristian Angel

Del Solar Ramos, Nataly

Para optar el Título Profesional de:

Arquitecto

Asesora:

Arq. Carrillo Pinto, Alejandra

Arequipa- Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ARQUITECTURA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 25 de Noviembre del 2023

Dictamen: 004952-C-EPA-2023

Visto el borrador del expediente 004952, presentado por:

2014402111 - CHAHUA LLERENA CRISTIAN ANGEL

2013241622 - DEL SOLAR RAMOS NATALY

Titulado:

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO CONVENCIONAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y EL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL COVINTEC PARA EVIDENCIAR LAS VENTAJAS COMPETITIVAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL APLICADO EN PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL PROGRESIVA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA, 2021.

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29427833 - MENDOZA ANTEZANA JORGE ENRIQUE
DICTAMINADOR**



**29529951 - CHUQUIMIA PAYALICH EDWARD
DICTAMINADOR**



**29202806 - MARQUEZ ARRISUEÑO VICTOR EDUARDO
DICTAMINADOR**



ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA CONSTRUCTIVO CONVENCIONAL DE ALBAÑILERÍA CONFINADA Y EL SISTEMA CONSTRUCTIVO NO CONVENCIONAL COVINTEC PARA EVIDENCIAR LAS VENTAJAS COMPETITIVAS DEL SISTEMA CONSTR

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uleam.edu.ec	1%
Fuente de Internet		
2	upc.aws.openrepository.com	1%
Fuente de Internet		
3	cedi.ucr.ac.cr	1%
Fuente de Internet		
4	vaspanel.cl	1%
Fuente de Internet		
5	sf2217758f40e4116.jimcontent.com	1%
Fuente de Internet		

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

“A Dios por permitirme culminar esta etapa en mi vida.
A mis padres y hermana por el inconmensurable apoyo
que me brindaron, sin ellos no estaría aquí ahora, a mis
abuelos, los que desde el cielo me cuidan y a mi mamá
Conchita por su apoyo en mis veladas de estudio”

Cristian Chahua

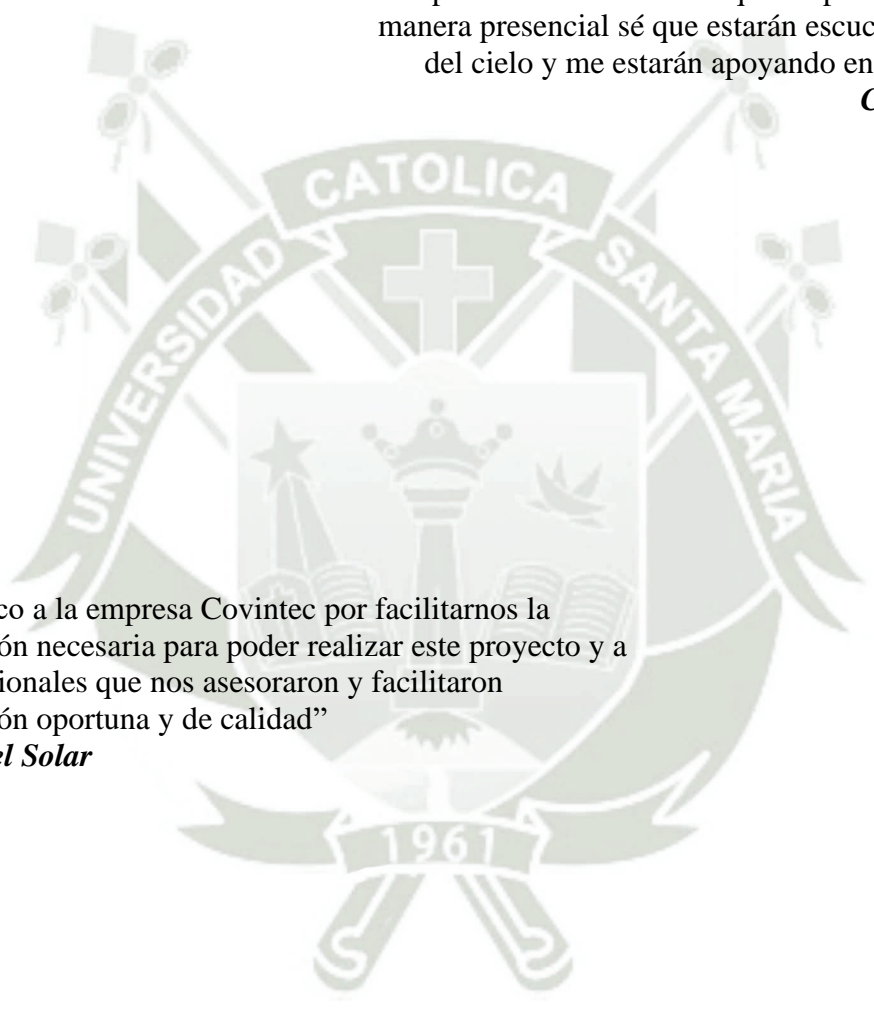
“Dedico este trabajo a mi mamá y abuela las personas que
forjaron mi carácter y temperamento dispuesto a sortear
toda adversidad, agradezco a mi familia más cercana por
estar presentes en cada etapa de mi vida y al destino por
haber podido compartir mi infancia con un ángel llamado
Camila, desde donde estén mi hermana, mi mamá Aidee,
Beto y Charlie aunque ya no estén conmigo estarán siempre
en mi corazón, por ellos y para ellos todos mis logros
alcanzados deseando retribuir todo el apoyo y el amor que
me brindan en cada paso que doy”

Nataly Del Solar

AGRADECIMIENTOS

“Agradezco primeramente a mi familia por todo el apoyo brindado durante la carrera y durante el proceso de investigación, agradezco también a Dios por permitirme estar aquí en este momento frente a todas las adversidades presentadas quiero enviarle un saludo especial a mis familiares que no podrán estar aquí de manera presencial sé que estarán escuchando en lo alto del cielo y me estarán apoyando en todo momento”

Cristian Chahua



“Agradezco a la empresa Covintec por facilitarnos la información necesaria para poder realizar este proyecto y a los profesionales que nos asesoraron y facilitaron información oportuna y de calidad”

Nataly Del Solar

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de comparar las características cualitativas y cuantitativas del sistema constructivo Covintec y el sistema constructivo de albañilería confinada para evidenciar las ventajas competitivas de los sistemas en la aplicación de viviendas de interés social progresiva. Se efectuó una investigación de tipo Correlacional-Transversal, de nivel relacional, con diseño no experimental, desarrollada bajo el enfoque cualitativo y cuantitativo, utilizando el método hipotético-deductivo. La información se recabó utilizando la técnica de observación documental, usando como instrumento cuadros sintetizadores de información, en base a una muestra no probabilística de un módulo de vivienda diseñada según las características básicas de una vivienda social acorde a las bases del concurso CONSTRUYE PARA CRECER del programa Mivivienda. Como resultado de los análisis de los siguientes ítems: análisis arquitectónico, comportamiento estructural, análisis de confort ambiental, presupuesto y programación de obra y análisis de impacto ambiental.

Se logró determinar las ventajas competitivas que el sistema constructivo no convencional ofrece, sobre esa base se concluyó que arquitectónicamente el sistema Covintec posee una mayor libertad y facilidad para la propuesta de volúmenes y formas complejas, asimismo el tiempo de ejecución de sistema Covintec es un 39.49% más rápido para su ejecución, la diferencia de peso entre ambos sistemas el Covintec es un 32.86% más liviano que el sistema de albañilería confinada y por último el sistema Covintec tiene un 19.52% menos costo a comparación del sistema convencional.

Por otro lado las emisiones de CO₂eq del sistema Covintec son menores hasta un 15.49% menores que las del sistema de AC, para confort térmico se concluyó que ambos sistemas están por debajo de los máximos indicados en la normativa, sin embargo, el sistema Covintec posee valores mucho más bajos que el sistema de AC lo que indica que la materialidad del sistema Covintec posee mejores cualidades para un correcto confort térmico mientras que para el confort acústico se concluyó ambos sistemas constructivos sometidos a frecuencias medias tienen un aislamiento aceptable, mientras que, si ambos sistemas se ven sometidos a frecuencias bajas, la albañilería confinada se comporta mejor compitiendo contra el sistema Covintec.

Palabras claves:

Albañilería confinada, sistemas constructivos, vivienda social.

ABSTRACT

This research was developed with the objective of comparing the qualitative and quantitative characteristics of the Covintec construction system and the confined masonry construction system in order to demonstrate the competitive advantages of the systems in the application of progressive social housing. Correlational-transversal research was carried out, at a relational level, with a non-experimental design, developed under a qualitative and quantitative approach, using the hypothetical-deductive method. The information was collected using the documentary observation technique, using information synthesizing tables as an instrument, based on a non-probabilistic sample of a housing module designed according to the basic characteristics of a social housing according to the bases of the contest CONSTRUYE PARA CRECER of the Mivivienda program. As a result of the analysis of the following items: architectural analysis, structural behavior, environmental comfort analysis, budget and work programming and environmental impact analysis. It was possible to determine the competitive advantages that the non-conventional construction system offers, on that basis it was concluded that architecturally the Covintec system has greater freedom and ease for the proposal of volumes and complex shapes, also the execution time of the Covintec system is 39.49% faster for its execution, the difference in weight between both systems the Covintec is 39.49% faster for its execution, the difference in weight between the two systems is 39.49% less than the Covintec system.

Key words:

Confined masonry, construction systems, social housing

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1. Planteamiento del problema.....	3
1.1. Diagnóstico situacional.....	3
1.2. Formulación del problema.....	5
1.3. Hipótesis	6
1.4. Variables	6
1.5. Objetivo general y específicos.....	6
1.5.1. Objetivo general:.....	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
1.6. Limitaciones	7
1.7. Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	10
2. Capítulo II: Fundamento teórico.....	11
2.1. Marco legal	11
2.1.1. Reglamento operativo para acceder al bono familiar habitacional, para la modalidad de aplicación de construcción en sitio propio. RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 120-2020-VIVIENDA	11
2.1.2. Decreto supremo N° 010-2018-vivienda, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Especial de Habilitación Urbana y Edificación.....	14
2.1.3. Reglamento para la aprobación de utilización de sistemas constructivos no convencionales	15
2.1.4. Resolución ministerial No.045-2010-vivienda (EMMEDUE)	16

2.1.5. Resolución ministerial No.074-2011-vivienda y Resolución ministerial No.027-2013-vivienda (EVG-3D)	17
2.1.6. Norma técnica G.010 (Consideraciones básicas).....	18
2.1.7. Norma técnica A.010 (Condiciones generales de diseño)	19
2.1.8. Norma técnica E.060 (Concreto Armado)	19
2.1.9. Norma técnica E.070 (Albañilería)	20
2.1.10. Norma técnica EM.110 (Confort térmico y lumínico).....	20
2.1.11. Documento básico HT Protección frente al ruido.....	20
2.1.12. Decreto supremo N° 013-2014-MINAM	20
2.2. Marco teórico.....	21
2.2.1. SISTEMA CONSTRUCTIVO	21
2.2.1.1. Sistema constructivo tradicional	21
2.2.2. CONFORT AMBIENTAL	23
2.2.3. CONFORT TÉRMICO	24
2.2.4. CONFORT ACÚSTICO	25
2.2.5. CICLO DE CARBONO.....	25
2.2.6. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	26
2.2.7. HUELLA DE CARBONO (HC)	26
2.2.8. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)	27
2.2.9. HUELLA DE CARBONO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	28
2.2.10. COSTOS Y PRESUPUESTOS.....	28
2.2.11. VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL	28
2.3. Marco Histórico	30
2.4. Marco referencial - antecedentes.....	31
2.4.1. Antecedentes Internacionales.....	31

2.4.2. Proyectos Internacionales realizados en base a sistema constructivo	
Covintec	35
2.4.3. Proyectos Locales realizados en base a sistemas constructivos similares a	
Covintec	40
2.5. Estado del arte	44
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	51
3. Capítulo III: Metodología	52
3.1. Tipo de investigación.....	52
3.1.1. No Experimental	52
3.1.2. Correlacional-Transversal.....	52
3.1.3. Método de investigación	52
3.1.4. Nivel de investigación	53
3.2. Determinación de la población, muestra y muestreo.....	53
3.2.1. Muestra No probabilística o dirigida	53
3.3. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos.....	54
3.3.1. Técnica de Investigación documental.....	54
3.3.2. Instrumento	54
CAPÍTULO IV DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	55
4. Capítulo IV: Descripción de sistemas constructivos	56
4.1. ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	56
4.1.1. Componentes Estructurales del sistema.....	56
4.1.2. Especificaciones Técnicas de los materiales.....	66
4.1.3. Equipos y/o herramientas.....	73
4.1.4. Proceso constructivo	77
4.1.5. Consideraciones de almacenamiento en obra:	84
4.2. SISTEMA COVINTEC.....	85
4.2.1. Componentes Estructurales del sistema.....	85

4.2.2. Especificaciones Técnicas de los materiales.....	90
4.2.3. Equipos y/o herramientas.....	97
4.2.4. Proceso constructivo	101
4.2.5. Consideraciones de almacenamiento en obra:	116
4.3. FACTIBILIDAD DE MATERIALES ALBAÑILERÍA CONFINADA – SISTEMA COVINTEC.....	117
4.3.1. Paneles Covintec.....	118
4.3.2. Cemento	119
4.3.3. Agregados	123
4.3.4. Fibra de Polipropileno:	124
4.3.5. Agua.....	125
4.3.6. Refuerzo de acero:	125
4.3.7. Unidades de albañilería.....	127
4.3.8. Madera	128
4.4. MANO DE OBRA.....	130
4.5. Albañilería confinada	131
4.6. Sistema Covintec	132
4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO.....	133
CAPÍTULO V DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	139
5. Capítulo V: Descripción de la propuesta	140
5.1. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA	140
5.1.1. Módulo básico.....	146
5.1.2. Módulo con crecimiento progresivo	149
5.2. SISTEMA CONSTRUCTIVO	159
5.2.1. Albañilería confinada.....	159
5.2.2. Sistema Covintec	159

5.3. INSTALACIONES SANITARIAS Y ELÉCTRICAS.....	159
5.3.1. Sistema de agua fría.....	159
5.3.2. Sistema de agua caliente.....	160
5.3.3. Sistema de Desagüe.....	160
5.3.4. Instalaciones eléctricas.....	160
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO.....	161
6. Capítulo VI: Análisis Arquitectónico.....	162
6.1. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN.....	162
6.1.1. Sistema de albañilería confinada.....	162
6.1.2. Sistema Covintec.....	163
6.1.3. Condicionamiento estructural.....	164
6.2. VANOS.....	166
6.2.1. Vanos en albañilería confinada.....	166
6.2.2. Vanos en Covintec.....	168
6.3. PORCENTAJE DE MUROS.....	168
6.3.1. Sistema de albañilería confinada.....	168
6.3.2. Sistema Covintec.....	169
6.3.3. Continuidad de muros.....	169
6.4. FLEXIBILIDAD.....	171
6.4.1. Remodelación.....	171
6.5. ACABADOS.....	173
6.5.1. Acabados en albañilería confinada.....	173
6.5.2. Acabados en Covintec.....	173
6.6. IMAGEN.....	175
6.6.1. Composición de fachadas.....	175

6.7. FACILIDAD PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS	177
6.7.1. Sistema de Albañilería confinada	177
6.7.2. Sistema Covintec	178
CAPÍTULO VII COMPORTAMIENTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL	179
7. Capítulo VII: Comportamiento estructural	180
7.1. DISEÑO ESTRUCTURAL	180
7.1.1. GENERALIDADES	180
7.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL SISTEMA COVINTEC	181
7.1.3. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	191
7.2. ENSAYOS REALIZADOS AL SISTEMA COVINTEC	202
7.2.1. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	202
7.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO A PROBETAS DE MORTERO	203
7.2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO A PANELES PREFABRICADOS COVINTEC	205
7.3. ENSAYOS REALIZADOS PARA ALBAÑILERÍA CONFINADA	221
7.4. ENSAYOS DE LABORATORIO A UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	224
7.4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL	224
7.5. ENSAYO A COMPRESIÓN DE UNA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA	228
7.6. ENSAYOS DE LABORATORIO A PROBETAS DE MORTERO	229
7.6.1. ENSAYO A COMPRESIÓN	229
7.7. ENSAYOS DE LABORATORIO A PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	231
7.7.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA	231
7.7.2. ENSAYO DE CORTE DIAGONAL DE MURETES CON LADRILLOS DE ARCILLA	233
CAPÍTULO VIII ANÁLISIS CONFORT AMBIENTAL	235

8. Capítulo VIII: Análisis de confort ambiental.....	236
8.1. AISLAMIENTO TÉRMICO.....	236
8.1.1. SISTEMA COVINTEC.....	238
8.1.2. SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	241
8.2. AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	245
8.2.1. REVISIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO Y EL LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO DE CHILE.....	246
8.2.2. PREDICCIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO MEDIANTE INSUL V9	249
CAPÍTULO IX PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	254
9. Capítulo IX: Presupuesto y programación de obra.....	255
9.1. SISTEMA COVINTEC.....	255
9.1.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	255
9.1.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN.....	259
9.2. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	261
9.2.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	261
9.2.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN.....	266
9.3. TABIQUERIA DE ALBAÑILERIA Y COVINTEC APLICADO A SISTEMA APORTICADO.....	267
9.3.1. PRESUPUESTO TABIQUERIA COVINTEC.....	268
9.3.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCION.....	269
9.3.3. PRESUPUESTO TABIQUERIA DE ALBAÑILERIA.....	271
9.3.4. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN.....	272
CAPÍTULO X ANÁLISIS IMPACTO AMBIENTAL.....	274
10. Capítulo X: Análisis de impacto ambiental.....	275
10.1. FACTOR DE EMISIÓN POR MATERIAL Y EQUIPOS.....	275

10.2. CÁLCULOS DE HUELLA DE CARBONO POR MATERIALES, EQUIPOS Y PARTIDAS	277
10.2.1. SISTEMA COVINTEC	277
10.2.2. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	282
10.3. APLICACIÓN EDGE.....	287
10.4. RESIDUOS Y REAPROVECHAMIENTO DE MATERIALES	290
10.4.1. Análisis del reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición	290
10.4.2. Análisis de las opciones de reutilización y reciclabilidad de los residuos por sistema constructivo.	297
CAPÍTULO XI ANÁLISIS COMPARATIVO.....	305
11. Capítulo XI: Análisis Comparativo.....	306
11.1. Resultados	306
11.1.1. Resultados análisis comparativo de factores de espacialidad Arquitectónica.....	306
11.1.2. Resultados del análisis comparativo de diseño estructural y comportamiento sísmico	307
11.1.3. Resultados del análisis comparativo del confort térmico y acústico.....	311
11.1.4. Resultados del análisis comparativo económico y de tiempos de ejecución. 314	
11.1.5. Resultados del análisis comparativo del impacto ambiental producido por la ejecución de una edificación de Covintec y albañilería confinada.	330
CONCLUSIONES.....	339
RECOMENDACIONES	342
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	343
ANEXOS.....	355
ANEXO 1 CARPETA DE ANEXOS	356

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de condiciones técnicas mínimas para la construcción de vivienda social.	11
Tabla 2 Valor del BFH y ahorro mínimo	13
Tabla 3 Área mínima y frente mínimo de lotes en habilitaciones urbanas para proyectos de VIS.	14
Tabla 4 SCNC vigentes en el Perú	16
Tabla 5 Empresas Distribuidoras de Sistemas en base a EPS, malla electrosoldada y concreto proyectado en el Perú.....	32
Tabla 6 Características de la vivienda promedio deseada por la demanda efectiva actual de la ciudad de Arequipa	45
Tabla 7 Rentabilidad del Proyecto Los Cipreses con aplicación de sistemas constructivos no convencionales	46
Tabla 8 Costos de obra de vivienda unifamiliar en Huánuco	47
Tabla 9 Comparación de ensayos aplicados a albañilería confinada y paneles de poliestireno Emmedue en la ciudad de Lima.....	48
Tabla 10 Líneas de investigación referenciales.....	50
Tabla 11 Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración.	58
Tabla 12 Número de puntos de exploración.....	58
Tabla 13 Proporción de los componentes del mortero	68
Tabla 14 Resumen usos del concreto en albañilería confinada.....	68
Tabla 15 Clasificación teórica de albañilería según sus resistencias características.....	69
Tabla 16 Presentación de espuma de poliestireno para techos.....	72
Tabla 17 Herramientas de construcción albañilería confinada	76
Tabla 18 Fases proceso constructivo de albañilería confinada	77
Tabla 19 Tipos de paneles Covintec	87
Tabla 20 Especificaciones Panel estructural 1100-76.....	93
Tabla 21 Especificaciones Panel Máster 800-76.....	93

Tabla 22 Especificaciones Panel Light 600-46	93
Tabla 23 Especificaciones Panel losa covintec	94
Tabla 24 Herramientas de construcción albañilería confinada	100
Tabla 25 Fases proceso constructivo del Sistema Covintec.....	101
Tabla 26 Grosor de revoque por paneles.....	115
Tabla 27 Comparación materiales de Albañilería confinada y Sistema estructural Covintec.	117
Tabla 28 Tipos de cemento	119
Tabla 29 Especificaciones Cementos Yura.....	120
Tabla 30 Especificaciones Cementos Frontera	121
Tabla 31 Especificaciones Cementos Mishky.....	122
Tabla 32 Especificaciones Cementos Wari.....	122
Tabla 33 Tipos de Agregados.....	123
Tabla 34 Listado de Canteras de mayor incidencia en la ciudad de Arequipa.....	124
Tabla 35 Marcas de fibras a nivel nacional.....	125
Tabla 36 Presentaciones de varillas de acero según diámetro	126
Tabla 37 Propiedades mecánicas del fierro corrugado ASTM A615-Grado 60	127
Tabla 38 Relacion de maderas para la producción de encofrados.	129
Tabla 39 Tipos de triplay comercializados en el Perú.	130
Tabla 40 Cuadrillas tipo para levantamiento de muro de albañilería.....	131
Tabla 41 Cuadrillas tipo para levantamiento de muro Covintec	132
Tabla 42 Componentes estructurales.....	133
Tabla 43 Especificaciones de materiales.....	134
Tabla 44 Análisis comparativo de equipos y herramientas.....	135
Tabla 45 Análisis comparativo de proceso constructivo.....	136
Tabla 46 Factibilidad de materiales	137

Tabla 47 Zonificación residencial densidad media	140
Tabla 48 Área mínima y frente mínimo de lotes en habilitaciones urbanas para proyectos de VIS.	141
Tabla 49 Sectores de Socabaya con suelos de menor capacidad portante	143
Tabla 50 Cuadro de condiciones técnicas mínimas para la construcción de vivienda social.	146
Tabla 51 Normas peruanas que condicionan la estructuración de albañilería confinada..	162
Tabla 52 Normas peruanas que condicionan la estructuración de Sistema Covintec	163
Tabla 53 Porcentaje de muros del sistema de albañilería confinada para módulo base....	168
Tabla 54 Porcentaje de muros del sistema de albañilería confinada para módulo evolutivo	169
Tabla 55 Porcentaje de muros del sistema Covintec para módulo base.....	169
Tabla 56 Porcentaje de muros del sistema Covintec para módulo evolutivo.....	169
Tabla 57 Resumen de estudio de suelos	181
Tabla 58 Especificaciones de Panel Covintec.....	181
Tabla 59 Especificaciones de malla de Acero Corrugado de 4mm.....	182
Tabla 60 Especificaciones de Concreto	182
Tabla 61 Especificaciones de acero de refuerzo	182
Tabla 62 Parámetros sísmicos dirección X&Y	187
Tabla 63 Modos de vibración.....	188
Tabla 64 Limites para la distorsión de entrepiso según la norma E.030.....	189
Tabla 65 Cortante basal mínima Sistema Covintec	190
Tabla 66 Cargas utilizadas en el diseño estructural	191
Tabla 67 Especificaciones de Concreto	191
Tabla 68 Especificaciones de acero de refuerzo	192
Tabla 69 Parámetros sísmicos dirección X&Y	197
Tabla 70 Modos de vibración.....	198
Tabla 71 Limites para la distorsión de entrepiso según la norma E.030.....	200

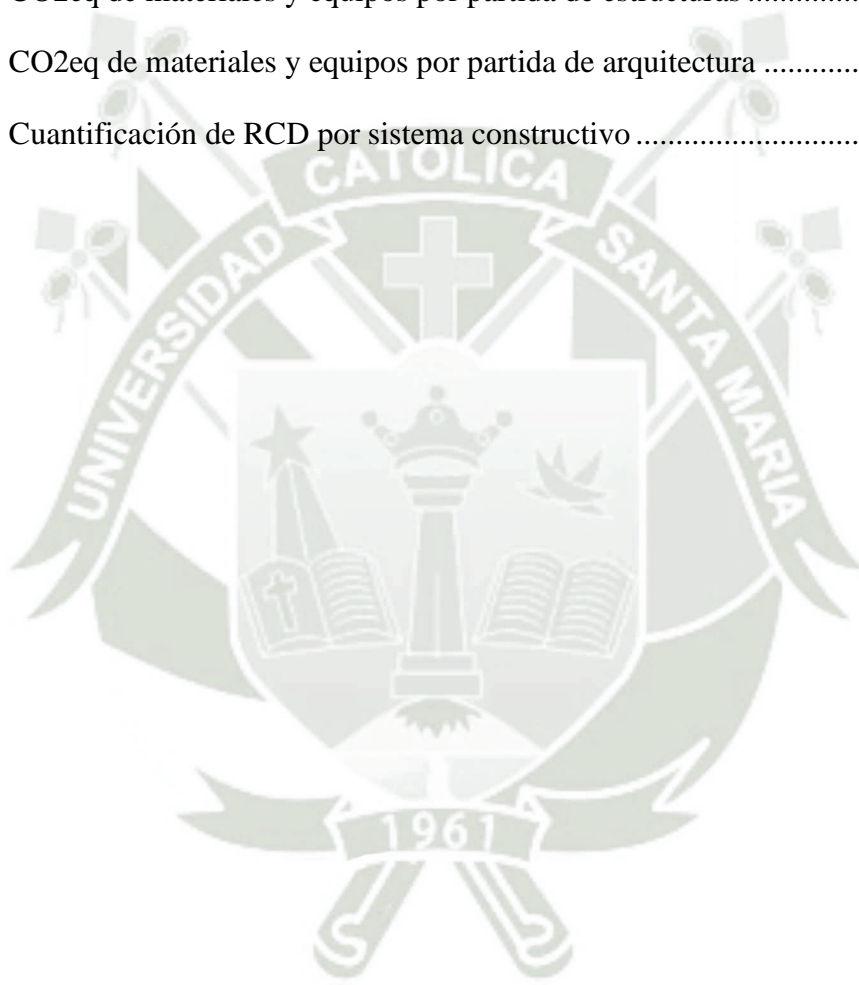
Tabla 72 Ensayos en mezclas con cemento Melón corriente	204
Tabla 73 Ensayos en mezclas con cemento Polpaico corriente	204
Tabla 74 Tipos de mortero según norma E070. Albañilería	205
Tabla 75 Ensayo de compresión axial sobre muros sin estucar	206
Tabla 76 Características mecánicas del mortero de cemento del revestimiento panel estructural.....	207
Tabla 77 Características mecánicas del mortero de cemento del revestimiento panel máster	207
Tabla 78 Resultados del ensayo de compresión excéntrica al panel estructural	208
Tabla 79 Resultados del ensayo de compresión excéntrica al panel máster	208
Tabla 80 Clasificación teórica de panel según su resistencia a compresión	209
Tabla 81 Características del mortero de cemento de revestimiento panel estructural	212
Tabla 82 Características del mortero de revestimiento panel máster	212
Tabla 83 Características hormigón sobrecimiento	212
Tabla 84 Características hormigón viga de fundación panel estructural	213
Tabla 85 Características hormigón viga de fundación panel máster.....	213
Tabla 86 Resultados del ensayo de carga horizontal al panel estructural	213
Tabla 87 Resultados del ensayo de carga horizontal al panel máster	214
Tabla 88 Clasificación teórica de panel según su resistencia a carga horizontal	214
Tabla 89 Resultados del ensayo de flexión fuera del plano al panel estructural.....	217
Tabla 90 Resultados del ensayo de flexión fuera del plano al panel máster	217
Tabla 91 Clasificación teórica de panel según su resistencia a flexión.....	218
Tabla 92 Características del mortero de cemento de revestimiento de cielo	221
Tabla 93 Características del hormigón de revestimiento de piso.....	221
Tabla 94 Resultados del ensayo de flexión fuera de plano al panel de losa	222
Tabla 95 Medidas de Unidad de albañilería King Kong.....	224
Tabla 96 Variación Dimensional Ladrillera El Diamante.....	225

Tabla 97 Alabeo-Ladrillera El diamante	226
Tabla 98 Densidad Ladrillera El diamante.....	227
Tabla 99 Absorción Ladrillera El diamante	227
Tabla 100 Ensayo de resistencia a compresión de una unidad-Ladrillera El diamante	228
Tabla 101 Tipos de mortero según norma.....	230
Tabla 102 Ensayo de resistencia de probetas de mortero.....	230
Tabla 103 Ensayo de resistencia a compresión axial f'm Ladrillera Diamante.....	232
Tabla 104 Clasificación teórica de albañilería según sus resistencias características.....	233
Tabla 105 Ensayo de resistencia al corte V'm Ladrillera Diamante	233
Tabla 106 Valores límites máximos de transmitancia térmica según norma peruana	237
Tabla 107 Cálculo de resistencia térmica de Muros Covintec	239
Tabla 108 Cálculo de resistencia térmica de piso/techo Covintec	240
Tabla 109 Comparación de valores de transmitancias térmicas máximas	241
Tabla 110 Cálculo de resistencia térmica de Muros de albañilería confinada.....	242
Tabla 111 Cálculo de resistencia térmica de piso/techo Covintec	243
Tabla 112 Comparación de valores de transmitancias térmicas máximas	244
Tabla 113 Aislación acústica con filtro panel estructural	246
Tabla 114 índice de reducción acústica.....	247
Tabla 115 Valores de referencia de aislamiento acústico norma chilena NCh 852.....	247
Tabla 116 Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico del MVUC – Albañilería confinada.....	248
Tabla 117 Datos del muro panel Covintec	251
Tabla 118 índice de reducción acústica panel Covintec	251
Tabla 119 Reducción acústica por octavas panel Covintec	251
Tabla 120 Datos del muro de albañilería	252
Tabla 121 índice de reducción acústica de Albañilería.....	252

Tabla 122 Reducción acústica por octavas de Albañilería.....	252
Tabla 123 Resumen de presupuesto total de Sistema Covintec	255
Tabla 124 Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo	256
Tabla 125 Partidas presupuestadas Sistema Covintec.....	256
Tabla 126 Cuadro resumen de cada partida según su duración	260
Tabla 127 Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada	261
Tabla 128 Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo	261
Tabla 129 Partidas presupuestadas Albañilería Confinada	262
Tabla 130 Cuadro resumen de cada partida según su duración	267
Tabla 131 Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada	268
Tabla 132 Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo	269
Tabla 133 Cuadro resumen de cada partida según su duración	270
Tabla 134 Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada	271
Tabla 135 Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo	271
Tabla 136 Cuadro resumen de cada partida según su duración	272
Tabla 137 Factores de emisión por material	275
Tabla 138 Referencias de bases de datos	276
Tabla 139 Conversión a toneladas	277
Tabla 140 Datos complementarios de especificaciones de materiales para la conversión a toneladas	278
Tabla 141 Calculo de emisiones de CO2 equivalente de Sistema Covintec	279
Tabla 142 Emisiones de CO2 de la partida de estructuras de sistema Covintec.....	280
Tabla 143 Emisiones de CO2 de la partida de arquitectura de sistema Covintec.....	281
Tabla 144 Conversión a toneladas	282
Tabla 145 Datos complementarios de especificaciones de materiales para la conversión a toneladas	283
Tabla 146 Calculo de emisiones de CO2 equivalente de Albañilería confinada	284

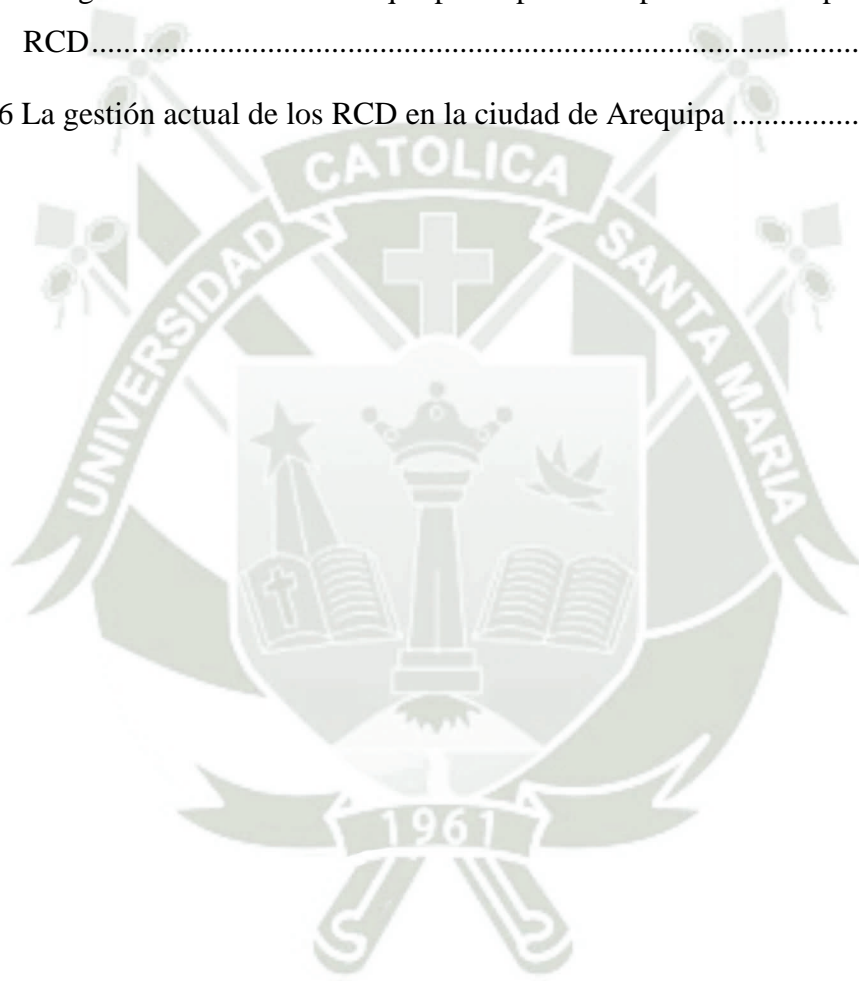
Tabla 147 Emisiones de CO2 de la partida de estructuras de albañilería confinada	285
+Tabla 148 Emisiones de CO2 de la partida de arquitectura de albañilería confinada	287
Tabla 149 Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD	298
Tabla 150 Tipo de residuos por cada sistema constructivo.....	299
Tabla 151 Tipo de residuos por cada sistema constructivo.....	300
Tabla 152 Tipo de residuos por cada sistema constructivo.....	301
Tabla 153 Cuantificación de RCD reciclable de Sistema Covintec.....	302
Tabla 154 Cuantificación de RCD no reciclable de Sistema Covintec.....	302
Tabla 155 Cuantificación de RCD reutilizable de Sistema Covintec	303
Tabla 156 Cuantificación de RCD reciclable de Albañilería confinada	303
Tabla 157 Cuantificación de RCD no reciclable de Albañilería confinada	304
Tabla 158 Síntesis comparativa análisis arquitectónico.....	306
Tabla 159 Comparación de pesos por componentes	308
Tabla 160 Comparación de las derivas resultantes de cada sistema	309
Tabla 161 Resumen de ensayos realizados a ambos sistemas constructivos	310
Tabla 162 Análisis comparativo del aislamiento térmico	311
Tabla 163 Análisis comparativo de ensayos de laboratorio de aislamiento acústico.....	312
Tabla 164 Análisis comparativo predicción del aislamiento acústico mediante insul v9.	312
Tabla 165 Comparación del costo directo de ambos sistemas constructivos.....	314
Tabla 166 Comparación de costo por m2 construido.....	315
Tabla 167 Comparación de costos por partidas	316
Tabla 168 Comparación de costos por componentes constructivos.....	318
Tabla 169 Comparación de tiempo de ejecución de obra programado	321
Tabla 170 Comparación de tiempo por componentes estructurales.....	322
Tabla 171 Comparación de mano de obra, materiales y equipos.....	325
Tabla 172 Comparación de costo total y por m2 construido de tabiquería.....	327

Tabla 173 Comparación de mano de obra, materiales y equipos.....	328
Tabla 174 Comparación de tiempo de ejecución tabiquería	329
Tabla 175 Comparación de tiempo de ejecución de obra programado	330
Tabla 176 Comparación de emisiones totales de co2eq de cada sistema constructivo	331
Tabla 177 Comparación de huella de CO2eq de materiales y equipos	332
Tabla 178 CO2eq de materiales y equipos por partida de estructuras	335
Tabla 179 CO2eq de materiales y equipos por partida de arquitectura	336
Tabla 180 Cuantificación de RCD por sistema constructivo	337



ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 Categorías de formas de acceso de vivienda.	4
Esquema 2 Secuencia de transmisión de cargas de albañilería confinada.	65
Esquema 3 Secuencia de transmisión de cargas del sistema Covintec.	89
Esquema 4 Operaciones y procesos de disposición final de RCD.....	293
Esquema 5 Obligaciones de los actores que participan en el proceso de disposición final de RCD.....	295
Esquema 6 La gestión actual de los RCD en la ciudad de Arequipa	296



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Nivel de asociación de productores Artesanales de Ladrillos - Arequipa	128
Gráfico 2 Índice de reducción acústica Covintec	251
Gráfico 3 Índice de reducción acústica Albañilería	252
Gráfico 4 Incidencia de partidas generales en el costo directo	257
Gráfico 5 Incidencia de partidas de estructuras	258
Gráfico 6 Incidencia de mano de obra, materiales y equipos en el costo directo	259
Gráfico 7 Incidencia de partidas en el cronograma	260
Gráfico 8 Incidencia de partidas de estructuras	263
Gráfico 9 Incidencia de partidas de estructuras	264
Gráfico 10 Incidencia de mano de obra, materiales y equipos en el costo directo	265
Gráfico 11 Incidencia de partidas en el cronograma	266
Gráfico 12 Incidencia de partidas de tabiquería	269
Gráfico 13 Incidencia de partidas en el cronograma	270
Gráfico 14 Incidencia de partidas de tabiquería	272
Gráfico 15 Incidencia de partidas en el cronograma	273
Gráfico 16 Proceso de certificación EDGE	288
Gráfico 17 Medidas de eficiencia de materiales Albañilería	289
Gráfico 18 medidas de eficiencia de materiales Albañilería	289
Gráfico 19 Comparación de pesos específicos	308
Gráfico 20 Comparación de transmitancia térmica	312
Gráfico 21 Comparación de índices de reducción por sistema constructivo	313
Gráfico 22 Comparación del costo directo	315
Gráfico 23 Comparación del costo por m2 construido	316
Gráfico 24 Comparación de costos de partidas de estructuras y arquitectura	317
Gráfico 25 Comparación de costos de partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias ...	318

Gráfico 26 Comparación de costos de cimentación y muros	319
Gráfico 27 Comparación de costos de muro terminado de ambos sistemas constructivos	320
Gráfico 28 Comparación de costo de losas y tarrajeos	321
Gráfico 29 Tiempos de ejecución de obra programado por sistema constructivo	322
Gráfico 30 Comparación de tiempos proyectados de partidas de cimentación y muros...	323
Gráfico 31 Comparación de tiempos de construcción de muro terminado de ambos sistemas constructivos.....	324
Gráfico 32 Comparación de tiempos proyectados de partidas de losas y tarrajeos	325
Gráfico 33 Comparación de mano de obra, materiales y equipos.....	326
Gráfico 34 Comparación del costo de tabiquería	327
Gráfico 35 Comparación de mano de obra, materiales y equipos.....	328
Gráfico 36 Tiempos de ejecución de tabiquería por sistema constructivo.....	329
Gráfico 37 Comparación de emisiones totales de co2eq de cada sistema constructivo....	331
Gráfico 38 Comparación de huella de CO2eq de materiales y equipos.....	333
Gráfico 39 Porcentaje de huella de CO2eq de materiales y equipos de Albañilería Confinada	334
Gráfico 40 Porcentaje de huella de CO2eq de materiales y equipos del sistema Covintec	334
Gráfico 41 CO2eq de materiales y equipos por partida de estructuras	335
Gráfico 42 CO2eq de materiales y equipos por partida de arquitectura	336
Gráfico 43 Porcentaje de componentes constructivos reutilizables y reciclables de Albañilería Confinada	338
Gráfico 44 Porcentaje de componentes constructivos reutilizables y reciclables del sistema Covintec.....	338

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 Diferencia de panel estructural entre sistemas.....	34
Figura 2 Hotel Sirenis utilización de paneles Covintec como cerramientos.....	35
Figura 3 Proyecto Arroka realizado con 100% Covintec.....	36
Figura 4 Casas biotérmicas Montaña de la Luna	37
Figura 5 Casa Santa María de Manquehue (ampliación)	39
Figura 6 Cimentación para el sistema CAPEX	40
Figura 7 Nivelado de suelo.....	40
Figura 8 Armado de paneles CAPEX	41
Figura 9 Aplome de muros (sistema CAPEX).....	41
Figura 10 Instalaciones eléctricas en losa	41
Figura 11 Paneles CAPEX ensamblados	41
Figura 12 Lanzado de mortero a los paneles aplomados	42
Figura 13 Acabados de la edificación.	42
Figura 14 Armado de bóvedas en pabellón de la UCSM.....	43
Figura 15 Lanzado de mortero en interior de aula	43
Figura 16 Bóveda terminada en sistema CAPEX	44
Figura 17 Perspectiva de cimiento corrido.....	57
Figura 18 Correcta ubicación de la cimentación en el terreno	59
Figura 19 Ubicación de sobrecimiento armado como refuerzo en la cimentación.	60
Figura 20 Comparación de estructura de hormigón armado con muro de relleno (a) con la construcción de albañilería confinada (b)	62
Figura 21 Columna como elemento de confinamiento de albañilería.....	63
Figura 22 Viga peraltada y viga chata.....	64
Figura 23 Losa aligerada.	65
Figura 24 Ladrillo "King Kong 18 huecos" para muros portantes. (referencial).....	70

Figura 25 Ladrillo pandereta para muros de tabiquería (referencial).....	71
Figura 26 Ladrillo de techo 30 x 30 (referencial)	71
Figura 27 Mezcladora de tolva y de trompo.	73
Figura 28 Vibradora gasolinera y eléctrica.	74
Figura 29 Amoladora-Esmeril.....	75
Figura 30 Espesor de junta excesivo.	79
Figura 31 Fraguado deficiente. Zona débil susceptible al agrietamiento.....	79
Figura 32 Longitud del endentado	80
Figura 33 Patología generada por un mal endentado.....	80
Figura 34 Primera etapa vaciado de columna	81
Figura 35 Refuerzo de viga insertada en columna.	81
Figura 36 Correcto procedimiento de instalación de tuberías.....	82
Figura 37 Procedimiento incorrecto en instalación de tuberías	82
Figura 38 Falsa columna instalación de tuberías de desagüe.....	83
Figura 39 Procedimiento al encontrar concentración de tuberías en losa aligerada	83
Figura 40 Platea de cimentación	86
Figura 41 Isometría de Panel Covintec	87
Figura 42 Composición de Panel Covintec.....	92
Figura 43 Malla de unión	95
Figura 44 Malla esquinera.....	95
Figura 45 Escalerillas	96
Figura 46 Bomba Lanza mortero	97
Figura 47 Grapadora manual.....	98
Figura 48 Lanzadora de mortero	99
Figura 49 Guía de ensamble sobre losa existente	103
Figura 50 Guía de ensamble sobre vigas de cimentación	103

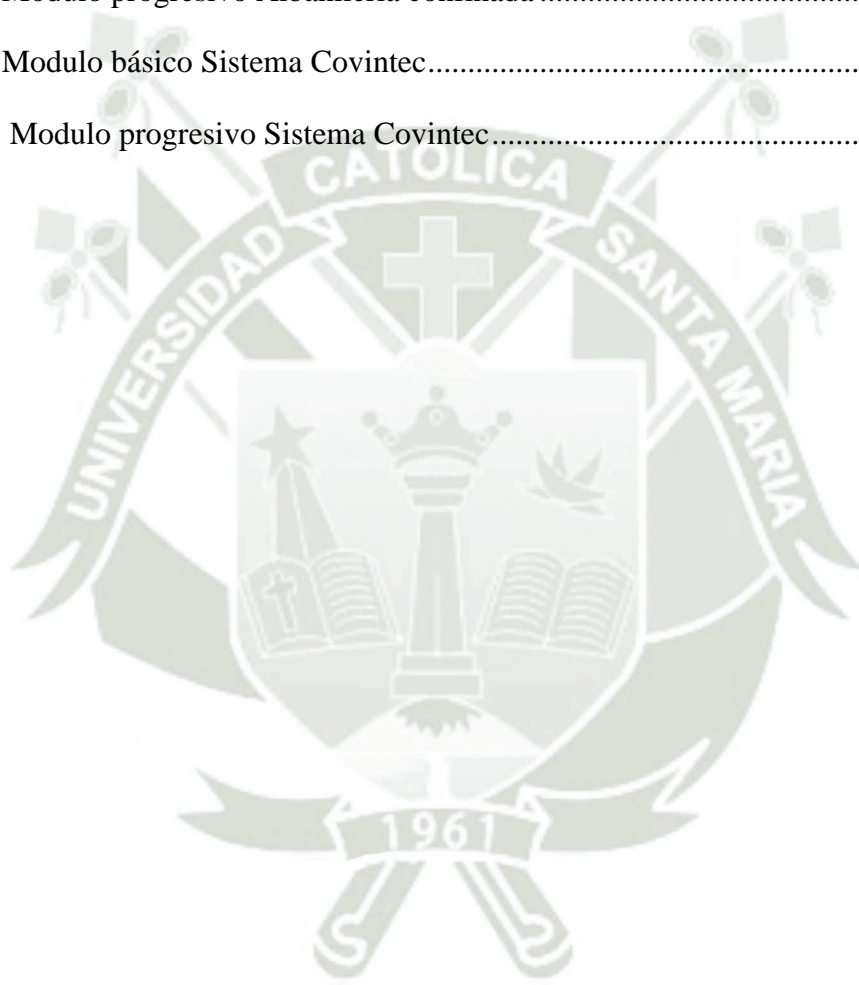
Figura 51 Anclaje exterior e interior de paneles	104
Figura 52 Proceso de montaje y unión de paneles	105
Figura 53 Encuentro de esquinas	106
Figura 54 Unión de esquinas y muros perpendiculares.....	107
Figura 55 Colocación de dintel	108
Figura 56 Refuerzo de puertas y ventanas	109
Figura 57 Refuerzo de dintel.....	110
Figura 58 Corte de unión de losa con muros Covintec perimetrales	111
Figura 59 Detalle de losa y corte de refuerzo de acero en losa.....	111
Figura 60 Detalle de apuntalamiento de losas.....	112
Figura 61 Instalaciones Eléctricas.....	113
Figura 62 Instalaciones Sanitaria, agua y gas	113
Figura 63: Revoque de mortero.....	114
Figura 64 Proceso de revocado por cargas.....	115
Figura 65 Almacenamiento en obra paneles Covintec.....	116
Figura 66 Transporte de paneles Covintec.....	119
Figura 67 Varilla de acero usado en construcción.	126
Figura 68 Ubicación del prototipo de vivienda social progresiva.....	142
Figura 69 Ubicación del prototipo de vivienda dentro de la zonificación de usos de suelo de Arequipa	142
Figura 70 Prototipo de módulo básico Albañilería confinada.....	147
Figura 71 Prototipo de módulo básico Covintec.....	148
Figura 72 Ampliación de módulo básico/ primer nivel en Albañilería confinada.....	150
Figura 73 Ampliación de módulo básico/ segundo nivel en AC.....	151
Figura 74 Ampliación de módulo básico/ primer nivel en Covintec	152
Figura 75 Ampliación de módulo básico/ segundo nivel en Covintec.....	153

Figura 76 Diferencia en disposición de escalera entre sistemas	164
Figura 77 Encuentro de escalera con losa Covintec.....	165
Figura 78 Encuentro de escalera con viga en el sistema AC	165
Figura 79 Vanos en albañilería confinada.....	167
Figura 80 Dintel de refuerzo	167
Figura 81 Refuerzo con escalerilla Covintec	168
Figura 82 Refuerzo con escalerilla Covintec	168
Figura 83 Continuidad estructural en albañilería confinada	170
Figura 84 Continuidad estructural en muros Covintec.....	170
Figura 85 Adición de un nuevo panel Covintec a muro existente	172
Figura 86 Acabado en ladrillo caravista.....	173
Figura 87 Ladrillo Caravista	173
Figura 88 Vivienda hecha con Covintec con acabado de pintura y enchape en la fachada	174
Figura 89 Fachada de vivienda unifamiliar en Albañilería Confinada	175
Figura 90 Fachada de vivienda unifamiliar en Albañilería Confinada	176
Figura 91 Fachada de vivienda en Covintec	176
Figura 92 Composición de fachada en Covintec.....	177
Figura 93 Vista 3D del modelo de vivienda.....	184
Figura 94 Vista en planta del primer techo	184
Figura 95 Asignación de carga muerta.....	186
Figura 96 Asignación de carga viva.....	186
Figura 97 Vista 3D del modelo de vivienda Albañilería confinada.....	194
Figura 98 Vista en planta del primer techo	195
Figura 99 Asignación de carga muerta.....	196
Figura 100 Asignación de carga viva.....	196
Figura 101 Vista general del montaje del ensayo de compresión al panel	210

Figura 102 Modo de falla del panel	211
Figura 103 Falla típica del panel	211
Figura 104 Vista general del montaje del ensayo de carga horizontal al panel	215
Figura 105 Colocación del revestimiento de mortero	215
Figura 106 Modo de falla del panel	216
Figura 107 Falla típica del panel	216
Figura 108 Vista general del montaje del ensayo de flexión al panel.....	218
Figura 109 Modo de falla del panel	219
Figura 110 Falla típica del panel	219
Figura 111 Vista general del montaje del ensayo de flexión de panel de losa.....	223
Figura 112 Modo de falla del panel	223
Figura 113 Falla típica del panel	223
Figura 114 Preparación de ladrillo	229
Figura 115 Ensayo a compresión de unidad de albañilería	229
Figura 116 Ensayo de resistencia a la compresión de probeta de mortero	231
Figura 117 Ensayo de pilas ladrillera El Diamante.....	232
Figura 118 Ensayo a compresión Diagonal la adherencia es óptima	234
Figura 119 Ensayo a compresión Diagonal falla es escalonada a través de las juntas.	234
Figura 120 Componentes muro Covintec.....	238
Figura 121 Componentes de losa Covintec.....	239
Figura 122 Componentes de muro de albañilería confinada.....	241
Figura 123 Componentes de losa aligerada de albañilería confinada	242
Figura 124 Propiedades del recinto	250
Figura 125 Fachada de edificio multifamiliar	268

ÍNDICE DE LAMINAS

Lamina 1 Plano de ubicación prototipo de albañilería confinada	144
Lamina 2 Plano de ubicación prototipo sistema Covintec	145
Lamina 3 Prototipo de vivienda social	154
Lamina 4 Modulo básico Albañilería confinada	155
Lamina 5 Modulo progresivo Albañilería confinada	156
Lamina 6 Modulo básico Sistema Covintec.....	157
Lamina 7 Modulo progresivo Sistema Covintec.....	158



INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción de vivienda social en el Perú se viene desarrollando en su gran mayoría con sistemas constructivos convencionales como el de albañilería confinada, dejando de lado la implementación de sistemas constructivos no convencionales con posibilidades de mejorar los tiempos y costos de ejecución, sin llegar a afectar la calidad final de la vivienda.

El interés por los sistemas constructivos no convencionales y las ventajas competitivas que pueden llegar a ofrecer frente a los sistemas normalmente utilizados fue la principal razón por la cual se optó por realizar esta investigación, el hecho de poder evidenciar dichas ventajas brinda nuevas opciones constructivas que pueden ser aprovechadas por entidades técnicas pertenecientes a programas de vivienda social.

Para lo cual se ha elegido el sistema de construcción de albañilería confinada que es el más usado en nuestro medio y compararlo con el sistema de construcción a base de paneles de poliestireno expandido, malla electrosoldada y concreto proyectado Covintec, también conocido como EMMEDUE y EVG-3D como nombres comerciales; el cual es un sistema que está generando grandes expectativas por la rapidez en su construcción ya que dicho sistema cuenta con aceptación en diversos países como Chile y Argentina.

La estructura de la investigación se compone de 11 capítulos, de los cuales el capítulo I aborda el planteamiento general, el capítulo II se centra en el fundamento teórico de ambos sistemas constructivos, el capítulo III reúne el desarrollo de la metodología utilizada en la investigación, el capítulo IV se enfoca en la descripción objetiva de cada sistema constructivo, el capítulo V se desarrolla y describe la propuesta arquitectónica de un módulo de vivienda social progresiva. En el capítulo VI resume el proceso del presupuesto y programación de obra, en el capítulo VII se presenta el análisis del confort ambiental que son capaces de brindar los materiales de los elementos constructivos de cada sistema. En el capítulo VIII analiza las características de espacialidad arquitectónica, El capítulo IX evidencia el comportamiento estructural de cada sistema, en el capítulo X se centra en el análisis del impacto ambiental y finalmente el capítulo XI se presentan las conclusiones y resultados del análisis comparativo de todas las variables estudiadas mediante cuadros comparativos, comentarios y alcances finales.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo aborda el planteamiento general desde el diagnóstico situacional, formulación del problema, hipótesis y las variables.

1. Planteamiento del problema

1.1. Diagnóstico situacional

El déficit habitacional es un problema a nivel mundial, una de las mayores causas son los movimientos migratorios, generando la demanda de nuevas viviendas; el crecimiento no planificado en las ciudades latinoamericanas ha sido un patrón recurrente en el desarrollo urbano.

“En el Perú el déficit nacional es de 1'800,000 viviendas (faltantes y precarias) con una demanda anual de 450 mil viviendas y una oferta anual de 90,500 unidades” (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

“Actualmente en la ciudad de Arequipa existe un déficit de 86 mil viviendas, donde el 60% está localizado en la ciudad de Arequipa” (Gobierno Regional de Arequipa, 2016).

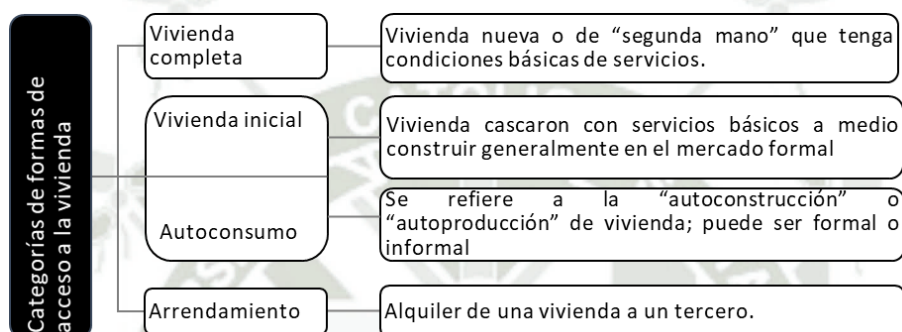
A esta brecha se suma que el sector construcción ha caído en los últimos años. Pese a que en el 2016 se construyeron 1400 viviendas, el 100% estaban destinadas para los sectores socioeconómicos A y B. Por ello, los sectores C y D, no tuvieron la capacidad de adquirir un predio. (Gambetta Paredes, 2018)

El crecimiento urbano, en la ciudad se viene dando precisamente en los distritos colindantes con los volcanes Misti y Chachani, tales como Yura, Cerro Colorado, Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata y Chiguata; consolidando tanto terrenos eriazos como de cultivo; teniendo como principales patrones de asentamientos de urbanización popular (tipo de asentamiento destinado sectores populares de escasos ingresos, creadas por asociaciones o cooperativas de vivienda que cuentan con la infraestructura básica de servicios, comprende normalmente la construcción simultánea de viviendas. Las etapas de gestación y posterior desarrollo de la urbanización se producen de manera independiente y en función de la capacidad económica e iniciativa de la asociación o cooperativa comprometida en el proyecto.) y urbanización de clase media (su gestación se encuentra en manos de una empresa urbanizadora y no de una organización de propietarios. Por otra parte, los lotes son objeto de compra individual y no colectiva, como sucede en el caso anterior. Aquí los trabajos de urbanización (pistas, agua, desagüe, electricidad) preceden a la entrega de los lotes y a la construcción individual de las viviendas.), existen urbanizaciones populares donde las viviendas son edificadas a posteriori de

forma individual y también existen casos en muchas urbanizaciones de clase media donde es posible encontrar programas de vivienda que realizan proyectos de vivienda en serie, construidas dentro del marco de programas habitacionales del estado. Entre las principales modalidades de acceso a la vivienda por estos sectores se evidencian. (Ludeña, Wiley, 2006)

Esquema 1

Categorías de formas de acceso de vivienda.



Nota: Fondo Mivivienda, (2018).

El ritmo de construcción en el sector formal no ha acompañado el crecimiento de la población, un gran porcentaje de los estratos C y D todavía se abastecen significativamente mediante la "Autoconstrucción progresiva". Siendo esta vivienda autoconstruida progresivamente ya que se encuentra limitada por las condiciones socioeconómicas de la familia que la habita. Uno de los principales problemas de esta modalidad de construcción es la falta de asistencia técnica profesional que asegure las condiciones necesarias de calidad generando viviendas precarias e inseguras.

Los programas habitacionales como el Fondo Mivivienda fueron creados con el objetivo de promover la adquisición, construcción y mejora de viviendas de interés social para contrarrestar el actual déficit habitacional y disminuir la modalidad de autoconstrucción. Este se compone del Nuevo crédito mi vivienda y el Programa techo propio los cuales están dirigidos a satisfacer la demanda de vivienda de los estratos socioeconómicos medio (C) y medio bajo (D), que ha sido atendida tanto por el mercado formal como informal; en gran medida por no existir aún en el mercado local alternativas de construcción que hagan rentable la inversión inmobiliaria en estos segmentos. (Calderon J. , 2006)

Las principales características de la VIS (Vivienda de interés social) es que pueden ser viviendas unifamiliares como multifamiliares, estas deben contar con la instalación de servicios básicos de agua, desagüe y electricidad; pueden estar construidas tanto con sistemas constructivos convencionales y no convencionales que estén aprobados por SENCICO según el Decreto Supremo N° 010-71-VI. (Las personas naturales o jurídicas que posean o presenten sistemas de prefabricación de viviendas y de construcción no convencional, deberán obtener para su utilización, en cualquier lugar del país, la aprobación y autorización del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, previa opinión favorable de SENCICO. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018)

El reglamento que se aprobó en el año 2020 (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 120-2020-VIVIENDA) para acceder al bono familiar habitacional, en la modalidad de aplicación de construcción en sitio propio dentro de su contenido contempla los sistemas constructivos que deben emplearse los cuales son: Albañilería confinada, Albañilería armada y placas de concreto armado. En el ESTUDIO DE DEMANDA DE VIVIENDA A NIVEL DE LAS PRINCIPALES CIUDADES, Arequipa, se evidencia que los materiales predominantes en la construcción de vivienda social son el ladrillo y el concreto armado. (Fondo Mivivienda, 2018)

Actualmente la totalidad de proyectos de vivienda de interés social realizados por entidades técnicas y promotores de vivienda autorizados por el FONDO MI VIVIENDA que se rigen a esta normativa vigente, realizan la construcción de proyectos en base a sistemas constructivos convencionales observándose un escaso interés por los sistemas constructivos no convencionales que puedan brindar ventajas competitivas frente a SCC.

1.2. Formulación del problema

¿Se considera factible el uso del **sistema constructivo no convencional Covintec** para ser utilizado en la construcción de proyectos de vivienda social progresiva frente al sistema constructivo de albañilería confinada en la ciudad de Arequipa?

1.3. Hipótesis

El sistema Covintec puede igualar o superar las características cuantitativas y cualitativas (físicas, mecánicas, ambientales y confort termoacústico) del sistema de albañilería confinada, siendo más eficiente para la aplicación en proyectos de vivienda social progresiva.

1.4. Variables

- **Variable de estudio:** Sistema Constructivo.
- **Variable relacionada:** Características cualitativas y cuantitativas.

1.5. Objetivo general y específicos

1.5.1. Objetivo general:

Comparar las características cualitativas y cuantitativas del sistema constructivo Covintec y el sistema constructivo de albañilería confinada para evidenciar las ventajas competitivas de los sistemas con la aplicación a un prototipo de módulo de vivienda de interés social progresiva en la ciudad de Arequipa.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Proponer el diseño de un módulo de vivienda de interés social progresiva para cada sistema constructivo con la finalidad de obtener una base de comparación.
2. Realizar un análisis comparativo de factores de espacialidad Arquitectónica de cada sistema para determinar qué sistema constructivo posee mayor flexibilidad en el diseño arquitectónico.
3. Realizar un análisis comparativo de factores estructurales de cada sistema para determinar qué sistema constructivo posee mejores cualidades físicas y mecánicas.
4. Realizar un análisis comparativo del confort termoacústico para determinar qué sistema constructivo resulta más eficiente.
5. Realizar un análisis comparativo económico del sistema Covintec y albañilería confinada para determinar la eficiencia en costo y tiempo de ejecución.
6. Realizar un análisis comparativo del impacto ambiental producido por la ejecución de una edificación de Covintec y albañilería confinada.

7. Determinar cuál de los dos sistemas constructivos ofrece mejores ventajas competitivas para la aplicación en viviendas de interés social progresiva promovidas por programas de vivienda del estado mediante cuadros comparativos.

1.6. Limitaciones

1. La investigación se enfoca en la vivienda social progresiva dadas las características técnicas que tienen ambos sistemas constructivos para poder realizar proyecciones a futuro en pisos superiores siendo una de las características principales de esta tipología de vivienda.
2. El diseño del módulo de vivienda se realizará con la finalidad de obtener una base de comparación por lo cual no necesitaremos un emplazamiento real y específico, el diseño estará basado en el cumplimiento de la normatividad vigente orientado a programas de interés social del estado.
3. Los análisis comparativos económicos se realizarán considerando las partidas de estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas por lo que no se tomarán en cuenta las partidas de acabados, ya que esta partida varía según las decisiones de los proyectistas.
4. La investigación se centra en proyectos de vivienda social progresiva de los programas de vivienda del estado ya que estas entidades aseguran que la obras sean ejecutadas por promotores de vivienda y entidades técnicas que cuenten con mano de obra calificada.

1.7. Operacionalización de variables

Variable		Dimensión	Indicador	Subindicador	
VARIABLE DE ESTUDIO	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	Vivien da con aplicac ión de sistema Covint ec	Diseño especialida des	Arquitectu ra	Distribución e implementación
				Estructura s	Distribución arquitectónica
				Sanitarias y eléctricas	Cimentación, estructuración y techos.
		Vivien da con aplicac ión de albañil ería confina da.	Diseño especialida des	Arquitectu ra	Distribución e implementación
				Estructura s	Hojas de calculo
				Sanitarias y eléctricas	Precios unitarios y precio global
VARIABLE RELACIONADA	CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS	Presupuesto y Programaci ón De Obra	1. Metrados	Hojas de calculo	
			2. Costo de ejecución.	Precios unitarios	
			3. Tiempo de ejecución.	Rendimientos	
		Confort Ambiental	Aislamien to Térmico	Cálculo de transmitancia térmica	
			Aislamien to Acústico	Cálculo de aislamiento de sonido	
		Espacialida d arquitectóni ca	Espacialid ad Estructura l- Arquitectó nica	Criterios de estructuración (Distancias máximas permitidas entre columnas de ambos sistemas y Densidad de muros / porcentaje de muros)	
				Acabados (Estructuras y muros)	
				Flexibilidad (Posibilidades de remodelaciones, rediseño y ampliaciones)	
				Imagen	
		Comportam iento estructural	Propiedad es físicas	Alabeo	
				Absorción de humedad	
				Densidad	
				Resistencia a flexión	

	Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión	
		Comportamiento de ensayo a flexión en pilas de unidades de albañilería y panel Covintec	
		Comportamiento de ensayo de compresión axial de pilas	
		Comportamiento de ensayo de compresión diagonal de muretes	
		Ensayo de flexión de los paneles para losa	
		Ensayo de compresión excéntrica en muros	
		Ensayo de corte en muros	
	Ensayo sísmico transversal al tabique		
	Impacto Ambiental	Huella de carbono	Cuantificación de materiales y equipos para cada sistema según metrados
			Factor de emisión por material y equipos
			Cálculo de huella de carbono para cada sistema (Ecuación: Masa de CO ₂ eq (Ton) = Masa de Material (Ton) x Factor de Emisión)
		Cálculos de huella de carbono por materiales, equipos y partidas	
	Reducción de emisiones CO ₂ eq	Residuos, reutilización y reciclaje de materiales	



CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

Aborda los principios teóricos de la investigación teniendo dentro de este capítulo un marco legal que respalda la investigación, el marco teórico, marco histórico y marco referencial.

2. Capítulo II: Fundamento teórico

2.1. Marco legal

2.1.1. Reglamento operativo para acceder al bono familiar habitacional, para la modalidad de aplicación de construcción en sitio propio. RESOLUCIÓN MINISTERIAL N.º 120-2020-VIVIENDA

Este reglamento operativo establece el procedimiento para acceder al Bono Familiar Habitacional para la construcción en sitio propio en el artículo 3 menciona las características de la VIS (Vivienda de interés social) para CSP (Construcción en sitio propio) es una vivienda unifamiliar construida sobre un terreno o aires independizados. Y deben cumplir con las condiciones mínimas detalladas en la siguiente tabla. (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

Tabla 1

Cuadro de condiciones técnicas mínimas para la construcción de vivienda social.

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL – BFH- CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO DAMNIFICADOS	
CUADRO DE CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS	
ÁREA TECHADA	El área techada mínima es de 35 m ² sin considerar aleros, en el cual se debe contemplar los siguientes ambientes: - 01 sala comedor - 01 cocina - 02 dormitorios - 01 servicio higiénico
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Albañilería confinada e= 13-14 cm (ladrillo solido portante mecanizado según Norma E .070 -Capitulo V Tabla 1, del RNE) Albañilería armada Placas de concreto armado con proyección a futura ampliación en segundo nivel.
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Las zapatas, columnas, vigas y losas deberán tener acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y una resistencia mínima de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La unidad de albañilería deberá tener una carga mínima de rotura a la compresión de $f'_c = 130 \text{ kg/cm}^2$.
CERRAMIENTOS VERTICALES	Muros de albañilería confinada, albañilería armada o placas de concreto.

TECHOS	Losa aligerada $h= 0.20$ m o losa armada, impermeabilizada. Acero de $f_y=4200\text{kg/cm}^2$. Debe tener sistema de evacuación de aguas de lluvia.
PISOS	Cemento pulido En baños: loseta vitrificada, incluido fondo de ducha y sardinel.
REVOQUES Y PINTURA	En fachada: tarrajeo con pintura color ocre con detalles en plomo. Muros interiores: tarrajeados y pintados. Columnas y vigas interiores: tarrajeados y pintados, de corresponder al sistema constructivo. Cielo raso tarrajado y pintado. Cerámico en servicios higiénicos: $h=1.80\text{m}$ en ducha y 1.20m resto.
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL – BFH- CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO DAMNIFICADOS	
CUADRO DE CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS	
CARPINTERÍA	Puerta principal: totalidad de la puerta de madera tipo tablero $e=4.5$ cm mínimo Interiores: contra placada $e= 4$ cm mínimo. Ventanas con marco de madera o metal y vidrio 6mm
CERRAJERÍA	2 golpes en puerta principal y tipo perilla en puertas interiores.
APARATOS SANITARIOS Y GRIFERÍA	Servicio Higiénico: Inodoro y lavatorio de loza blanca nacional. Cocina: Lavadero de acero inoxidable. Exterior: Lavadero de ropa de granito. Grifería cromada metálica o similar en aparatos sanitarios.
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	Tablero general con mínimo 3 llaves termomagnéticas, tubería PVC SEL pesado, tubería empotrada, placas en tomacorrientes e interruptores de baquelita y Wall sockets en salida de luz con artefacto de iluminación tipo ahorrador
INSTALACIONES SANITARIAS	Red de desagüe de tubería PVC SAL con caja de registro que evacuará a la red pública o en su defecto a un sistema de tratamiento de aguas residuales. Red de agua tubería PVC SAP, roscada.

Nota: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, (2020).

En cuanto al área techada mínima es de 35m^2 , sin considerar aleros, y debe estar acondicionada para el crecimiento progresivo vertical considerando al menos un peso adicional. La relevancia de este reglamento operativo con respecto a esta tesis se menciona en el apartado 3.4 y 3.5 del artículo 3 en donde se contempla el uso de sistemas constructivos no convencionales (normados por el RNE) o propuestas por SENCICO y aprobados por el MVCS mediante resolución ministerial, en el caso

de que la vivienda construida con SCNC (sistemas constructivos no convencionales) no permita el crecimiento progresivo vertical la VIS deberá contar con un área mínima de 45m² techada (sin contar aleros). En el artículo 5 especifican el valor de BFH (Bono familiar habitacional) y valor de ahorro, el valor de la vivienda es el que resulta de presupuesto de obra más el valor del terreno o aires independizados determinados por el valor de autoevaluó vigente. A continuación, en el siguiente cuadro se especifica el valor del bono familiar y del ahorro mínimo para poder acceder al BFH. (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

Tabla 2
Valor del BFH y ahorro mínimo

Valor de VIS	VALOR DE BFH	AHORRO
Desde 5.9 UIT	5.45 UIT	Desde 0.45 UIT
Hasta 20 UIT		Hasta 0.70 UIT

Nota: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, (2020).

En el TITULO II especifican a las Entidades Técnicas como entidades que desarrollan los proyectos bajo el marco del programa para la modalidad de CSP, para lo cual estas deben estar inscritos en el registro de ET a cargo del Fondo Mivivienda. La ET puede ser persona natural o persona jurídica con capacidad técnica debiendo cumplir con los requisitos de registro de ET, estipulados en el presente Reglamento Operativo: La persona natural debe ser un arquitecto o ingeniero civil colegiado y habilitado. La persona jurídica debe contar con un equipo dirigido por un ingeniero civil o arquitecto, colegiado y habilitado. (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

2.1.2. Decreto supremo N° 010-2018-vivienda, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Especial de Habilitación Urbana y Edificación.

Frente a la necesidad de mejorar la competitividad económica de las ciudades y facilitar el acceso a suelo urbano, se declaró de interés nacional y necesidad pública la promoción de la inversión privada en la habilitación urbana de terrenos con aptitud para la construcción de infraestructura y equipamientos urbanos y el desarrollo preferente de programas de vivienda de interés social que se desarrollen en el marco de los productos del Fondo MIVIVIENDA S.A. y los Programas que promueve el MVCS, así como cualquier otro proyecto que presente las mismas condiciones técnicas. En el Artículo 4 estipulan que este tipo de proyectos se califican como habilitaciones urbanas tipo 4 siempre y cuando los lotes se edifiquen en el marco de productos del Fondo MIVIVIENDA S.A., de programas del MVCS y cualquier otro proyecto que presente o pueda presentar, similares condiciones técnicas y financieras o habilitaciones urbanas tipo 5 con construcción simultánea de viviendas. En los apartados 4.5 se especifica que en habilitaciones urbanas de tipo 5 no pueden efectuarse transferencias de lotes de vivienda para fines de autoconstrucción. En conclusión, en las habilitaciones urbanas tipo 4 y tipo 5 el área y el frente mínimos de los lotes por habilitar será el que se detalla a continuación. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018)

Tabla 3
Área mínima y frente mínimo de lotes en habilitaciones urbanas para proyectos de VIS.

TIPO	ÁREA MÍNIMA DEL LOTE	FRENTE MÍNIMO DE LOTE	TIPO DE VIVIENDA
4	70 m ²	6.00 m	Unifamiliar
5	De acuerdo al proyecto		Unifamiliar / Multifamiliar

Nota: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2018).

En el Artículo 10 en el apartado 10.3 detallan que en área libre mínima de lote no es exigible el área libre mínima al interior del lote, siempre que los ambientes resuelvan su iluminación y ventilación natural en concordancia con lo dispuesto en el RNE. Y en el apartado 10.5 de densificación urbana mencionan que en el caso de proyectos de densificación urbana que transformen parcial o totalmente las viviendas unifamiliares existentes en multifamiliares No es exigible la provisión de estacionamientos al interior del lote. Así mismo en el apartado 10.7 especifican que el desarrollo de conjuntos residenciales por etapas, en el caso de unifamiliares se permite la construcción hasta 3 niveles para esto el promotor consigna esta posibilidad en la documentación de compraventa de las viviendas, debiendo proporcionar a los propietarios, los planos de las ampliaciones correspondientes, el sistema de construcción empleado y el Reglamento Interno. En el caso de viviendas multifamiliares se permite su construcción por etapas siempre y cuando el promotor presente el proyecto integral considerando que cada etapa se ejecuta y funciona independiente del conjunto. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018)

2.1.3. Reglamento para la aprobación de utilización de sistemas constructivos no convencionales

En este reglamento se dan a conocer los requisitos para la aprobación de SCNC, por consiguiente, todo expediente técnico de un sistema constructivo no convencional debe ser preparado ajustándose a los requisitos exigidos con el fin de garantizar la calidad arquitectónica estructural, durabilidad, seguridad y condiciones de habitabilidad de viviendas que construyen usando estos sistemas. Los propietarios que soliciten autorización municipal para ejecutar obras de construcción en la que se utilicen sistemas de construcción no convencionales, deberán presentar a los concejos municipales entre los documentos técnicos la constancia de aprobación y autorización del sistema a ser aplicado, sin cuyo requisito los Concejos Municipales no otorgarán las respectivas Licencias de Construcción. La entidad encargada de proponer, para su autorización y aprobación (previa a la comercialización de estos sistemas) por el MVCS (ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.) mediante resolución ministerial es SENCICO. (Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021)

Hasta la fecha los sistemas constructivos no convencionales vigentes son:

Tabla 4
SCNC vigentes en el Perú

74	DURABO
75	PANEL CAST
76	VIGUETAS PRETENSADAS FIRTH
77	SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO ETERNIT
78	SIDERCASA
79	AMPLIACIÓN DE LAS VIGUETAS PRETENSADAS FIRTH
80	COFESUD
81	WALLTECH
82	CIUDAD DE DIOS
83	EMMEDUE (M2)
84	SUPER WALL
85	VIVIENDO BIEN
86	EVG-3D

Nota: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, (2021).

2.1.4. Resolución ministerial No.045-2010-vivienda (EMMEDUE)

Por la solicitud de la empresa PANECONS S.A. solicito a SENCICO la aprobación del sistema constructivo no convencional denominado M2 (Emmedue), por lo que mediante esta resolución en su Artículo único resuelve aprobar dicho sistema constructivo. Cuya memoria descriptiva especifica que el sistema está basado en un conjunto de paneles de poliestireno expandido ondulado, con una armadura de malla de acero corrugado de 4mm de alta resistencia en ambas caras vinculadas entre sí por conectores de acero electrosoldados los que son completados “in-situ” mediante la aplicación de mortero o micro hormigón a través de impulsión neumática. El sistema propuesto, está definido para uso estructural en edificaciones de hasta 2 niveles. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

2.1.5. Resolución ministerial No.074-2011-vivienda y Resolución ministerial No.027-2013-vivienda (EVG-3D)

Por la solicitud de la empresa EVG ENTWICKLUNGS – UNVERWERTUNGS GESELLSCHAFT M.B.H. solicito a SENCICO la aprobación del sistema constructivo no convencional denominado EVG-3D, por lo que mediante esta resolución en su Artículo único resuelve aprobar dicho sistema constructivo. En la memoria descriptiva presentada a SENCICO el sistema constructivo EVG-3D está basado en el uso de paneles prefabricados a escala industrial. Los paneles EVG-3D están conformados por un núcleo de EPS (poliestireno expandido) de 40 a 100 mm de espesor, entre dos láminas de malla metálica soldadas, planas y paralelas (malla de recubrimiento) y alambres transversales en diagonal que cruzan el núcleo de EPS y que están soldados a los alambres lineales de la malla de recubrimiento. Posteriormente, se aplica una capa de concreto entre 40 y 60 mm de espesor, ya sea de forma manual o por medios mecánicos a ambas caras del panel EVG-3D. Durante dicho proceso, el núcleo de EPS de los paneles EVG-3D sirve de base para encofrado. Una vez fraguado el concreto, la construcción del sistema EVG-3D logra su resistencia estructural y funcional. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011)

En la Resolución ministerial No.074-2011-vivienda se estipula que la altura de las edificaciones que apliquen este sistema será limitada a 2 pisos mientras que la Resolución ministerial No.027-2013-vivienda deroga a la resolución emitida el 2011 para la nueva aprobación del SCNC EVG-3D en edificaciones de hasta 5 pisos. También especifican que se podrán edificar 5 pisos en la zona sísmica 3 en un suelo rígido Tipo S1 y suelo medio Tipo S2 con paneles Evg-3D de 20 cm de espesor, si se usa sobre suelo flexible Tipo S3 el sistema garantiza ser sísmicamente resistente hasta 4 niveles considerando el espesor de paneles de 20 cm para la zona sísmica 3. En el caso de edificaciones de hasta 2 pisos en zona sísmica 3 en un suelo flexible Tipo 3 los paneles pueden ser de 15 cm de espesor. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2013)

2.1.6. Norma técnica G.010 (Consideraciones básicas)

“En el Artículo 5 señala que las edificaciones con el fin de garantizar la seguridad, calidad de vida de las personas y la protección del medio ambiente deberán proyectarse y construirse, satisfaciendo las siguientes condiciones” (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006).

2.1.6.1. Seguridad

- Seguridad estructural, de manera que no se produzcan daños en sus estructuras.
- Seguridad en caso de incendio, de manera que las personas puedan evacuarlas en condiciones seguras y permitan la actuación de los equipos de rescate y contra incendio.
- Seguridad en caso de sismo, de manera que puedan resistir cierto grado de sismos.
- Seguridad de uso, de manera que, con su uso cotidiano en condiciones normales, no exista riesgo de accidente para las personas. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006)

2.1.6.2. Funcionalidad

- Uso: de modo que el dimensionamiento y disposición de sus espacios, así como la dotación de sus instalaciones posibiliten la adecuada realización de las funciones para las que están proyectadas.
- Accesibilidad: de manera que permitan a las personas con discapacidad su acceso y libre circulación. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006)

2.1.6.3. Habitabilidad

- Salubridad, higiene y protección del medio ambiente, de manera que alcancen condiciones de salubridad e higiene aceptables y no deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato.
- Protección contra el ruido, de manera que el ruido que se perciba en ellas no atente contra la salud de las personas permitiéndoles realizar satisfactoriamente sus actividades.
- Aislamiento térmico, de tal forma que se obtenga un grado de confort para las personas. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006)

2.1.7. Norma técnica A.010 (Condiciones generales de diseño)

En el Artículo 1 la norma establece los criterios y requisitos mínimos de diseño arquitectónico que deberán cumplir las edificaciones con la finalidad de garantizar el artículo 5 de la norma G.010. En el Artículo 3 especifican que las obras de edificación deberán tener calidad arquitectónica mediante respuestas funcionales, estéticas y el cumplimiento de las condiciones de seguridad. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2021)

2.1.8. Norma técnica E.060 (Concreto Armado)

En el capítulo 1 se especifican los alcances de esta norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre esforzado y simple. En el apartado 1.3 sistemas no convencionales señala que Los promotores de cualquier sistema de construcción dentro del alcance de esta Norma, cuya idoneidad ha sido demostrada por el éxito en su empleo o por medio de análisis o ensayos, pero que no cumple con las disposiciones de este Norma o no esté explícitamente tratado en ella, deberán presentar los estudios en los que se basa su diseño a SENCICO, el cual luego de la evaluación pertinente, propondrá al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su aprobación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

2.1.9. Norma técnica E.070 (Albañilería)

En el Artículo 1 esta norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

2.1.10. Norma técnica EM.110 (Confort térmico y lumínico)

El objeto de esta norma es establecer las zonas del territorio de la Republica del Perú de acuerdo con criterios bioclimáticos para la construcción indicando las características de cada zona y de establecer los lineamientos técnicos de diseño para el confort térmico y lumínico con eficiencia energética para cada zona bioclimática definida. En el anexo 2 se describe la metodología de cálculo para obtener el confort térmico mediante las transmitancias térmicas de la envolvente de una edificación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

2.1.11. Documento básico HT Protección frente al ruido

Al no contar con normas técnicas peruanas que regulen la protección frente al ruido de edificaciones, y siendo el aislamiento acústico como indicador de confort en esta tesis, se vio por conveniente tener este documento básico estipulado en el Código Técnico de la Edificación Español que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. (Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana, 2019)

2.1.12. Decreto supremo N° 013-2014-MINAM

El 19 de diciembre de 2014, el Ministerio del Ambiente (MINAM) aprobó las disposiciones para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INFOCARBONO), con el fin de establecer un conjunto de acciones orientadas a la recopilación, evaluación y sistematización de información referida a la emisión y absorción de Gases de Efecto Invernadero (GEI). (Ministerio del Ambiente, 2014)

2.2. Marco teórico

2.2.1. SISTEMA CONSTRUCTIVO

“Sistema Constructivo se define como el conjunto integral de materiales y elementos constructivos combinados según determinadas reglas tecnológicas para conformar una obra completa” (Mac & Mac, 2011).

Asimismo, todo Sistema Constructivo sintetiza y define dos cuestiones fundamentales de la obra arquitectónica: La estructura. En cuanto a cómo se sostiene y a cómo se apoya para transmitir su carga al suelo; La materialidad de la envolvente tanto vertical y horizontal como resultante de las condicionantes medioambientales, culturales y económicas. (Muñoz Cosme & Cristina Vidal, 2004)

2.2.1.1. Sistema constructivo tradicional

Los sistemas constructivos tradicionales se han desarrollado a partir de un constante uso de materiales disponibles en el entorno, generando soluciones habitables con el uso de energías renovables, esto actualmente tiene una gran ventaja, que es la disminución notable del consumo de recursos fósiles por concepto de transporte, e industrialización de materia prima. (Flores, 2018)

2.2.1.2. Sistema constructivo convencional (SCC)

El sistema constructivo convencional es el más difundido y utilizado actualmente en el país, que cuenta con normas técnicas que lo regulan, siendo el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) el documento que contiene las normas técnicas para habilitaciones urbanas y edificaciones dentro de estos sistemas se encuentran el de albañilería confinada, sistema aporticado, el de ductilidad limitada y otros donde se use el ladrillo y el cemento. (Flores, 2018)

“Es aquel que tiene estructura de hormigón armado y cerramientos y divisiones interiores de ladrillo cerámico” (Taranilla, 2009).

2.2.1.3. Sistema constructivo no convencional (SCNC)

“Sistemas Constructivos No Convencionales son aquellos sistemas de edificación que empleen materiales y/o procesos constructivos que no están reglamentados por normas nacionales” (Morón, 2022).

Los SCNC al no estar especificados en el RNE el estado busca normar y promover el desarrollo sostenible del mercado de edificaciones, así como el desarrollo de nuevas tecnologías que sean más rentables en su aplicación, ya que estos permiten acelerar los procesos constructivos y disminuir costos, además de presentar otras particularidades propias de cada sistema como podrían ser acústicos, térmicos, ignífugos o sismos resistentes. (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2022)

2.2.1.3.1. ALBAÑILERÍA CONFINADA

El sistema estructural que más se utiliza en el Perú y Sudamérica en zonas urbanas es la denominada albañilería de ladrillos de arcilla. La albañilería confinada se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado con una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. Generalmente, se emplea una conexión dentada entre la albañilería y las columnas. En este tipo de edificación primero se construye el muro de ladrillo, luego se procede a vaciar el concreto de las columnas de amarre y finalmente, se construye el techo en conjunto con las vigas. Desde hace muchos años atrás las viviendas de este tipo son las construcciones más populares en la ciudad de Huancavelica y en nuestro país, en la actualidad esta tendencia continúa. (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2001)

2.2.1.3.2. SISTEMAS A BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO, MALLA ELECTROSOLDADA Y CONCRETO PROYECTADO

Este sistema constructivo puede catalogarse como un sistema constructivo prefabricado y ligero. Está constituido por paneles formados por una placa de poliestireno expandido (EPS) entre una malla electrosoldada espacial. Esta malla está compuesta por dos mallas de acero corrugado de 4mm interconectadas entre sí por conectores perpendiculares de acero constituyendo de esta manera la malla tipo celosía que conforma el panel. El panel se termina in situ con la aplicación de hormigón, micro hormigón o de mortero proyectado en ambas caras. El aislante acústico, puede cumplir al mismo tiempo la función de aislante térmico, es el caso del poliestireno expandido (EPS) utilizado en paneles buscando frenar la pérdida o ganancia del calor de una vivienda o edificación, permitiendo así el ahorro de energía. Pretende proporcionar igualmente la aislación acústica dentro del sistema, ya que el aislamiento del sonido se consigue por la interposición de materiales flexibles y de diferente densidad como éste, evitando que el ruido pase de un ambiente a otro de forma directa. (Cansario, 2005)

2.2.2. CONFORT AMBIENTAL

La molestia o comodidad que pueden producirnos las características ambientales de un espacio determinado. Este concepto, que normalmente designamos con la palabra "confort" con lo cual la sensación de confort ambiental de un espacio determinado es percibida por los sentidos del usuario, según los autores clásicamente se analiza por separado el confort de acuerdo a cada sentido. Los parámetros ambientales de confort son manifestaciones energéticas, que expresan las características físicas y ambientales de un espacio habitable, independientemente del uso del espacio y de sus ocupantes, los parámetros serán específicos de acuerdo a cada sentido, al ser resultados que pueden ser calculados con unidades físicas permiten conocer las condiciones energéticas que producen determinados espacios. (Serra & Coch , 2001)

2.2.3. CONFORT TÉRMICO

El confort térmico, donde intervienen los complejos fenómenos energéticos de intercambio de energía entre el cuerpo y el ambiente. Hace referencia a la naturaleza del cuerpo humano el cual emana calor y controla los niveles de temperatura mediante la "homeostasis". Como lo explican los autores el constante cambio de energía entre la persona y espacio que la rodea es percibida por los sentidos lo cual determina si el espacio es confortable o no. Se consideran parámetros térmicos que influyen directamente en la temperatura corporal del usuario siendo:

- Temperatura del aire que envuelve el cuerpo, que regula la cesión de calor por conducción-convección y por respiración.
- Temperatura de radiación, media ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influye sobre los intercambios radiantes.
- Humedad relativa del aire, que modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.
- Velocidad del aire respecto al cuerpo, influyente en la disipación por convección y en la velocidad de evaporación de la transpiración. (Serra & Coch , 2001)

Estos factores al ser medidos en unidades físicas permiten determinar la calidad de confort térmico de un espacio el cual depende de sus dimensiones y del material con el cual haya sido consolidado.

2.2.4. CONFORT ACÚSTICO

El confort acústico acostumbra a asociarse únicamente a la existencia de un ruido molesto. A pesar de que debemos entender como ruido la definición más amplia de este concepto (todo sonido no deseado), existen también otros factores acústicos que son importantes por su influencia en el confort. (Serra & Coch , 2001)

Se entiende por confort acústico a la percepción de sonidos no deseados por parte del usuario estos sonidos poseen características diferentes por lo general se miden en dB. Los autores clasifican los sonidos según su repercusión, sonidos que tienen información de más la cual no es de importancia para el usuario se denominan sonidos “de información sobrante” y sonidos que no dejan oír lo que se quiere percibir son llamados sonidos “de enmascaramiento”.

2.2.5. CICLO DE CARBONO

El ciclo del carbono se inicia con la fijación del dióxido de carbono atmosférico mediante la fotosíntesis que realizan las plantas y algunos microorganismos. En la fotosíntesis, el dióxido de carbono y el agua reaccionan para formar carbohidratos y a la vez, liberar oxígeno, que va a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta y el dióxido de carbono que así se forma, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte la consumen los animales, que también liberan dióxido de carbono en sus procesos metabólicos. Las plantas y los animales muertos, en últimas, son descompuestos por los microorganismos del suelo y por ello el carbono de sus tejidos se oxida, forma dióxido de carbono y retorna a la atmósfera. (Orellana-Rivadeneyra y otros, 2012)

2.2.6. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Las bases científicas, como los gases integrantes de la atmósfera de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra la atmósfera y las nubes propiedad que causa el efecto invernadero. (Porrás et al, 2015)

Los principales GEI que provocan el calentamiento global son: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados; Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆). A la fecha el Perú ha elaborado Inventarios Nacionales de GEI con año base 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, los cuales han permitido identificar los sectores con las mayores emisiones con el fin de promover esfuerzos nacionales de gestión de emisiones. (Ministerio del Ambiente, 2021)

2.2.7. HUELLA DE CARBONO (HC)

La huella de carbono mide la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. La HC se mide en masa de CO₂ equivalente. Para los alcances de la presente investigación, es de suma importancia marcar claramente la diferencia entre una huella de carbono de organización y de producto. (Ihobe, 2009)

2.2.7.1. HC DE ORGANIZACIÓN

“Se genera un inventario de las emisiones de GEI de una organización a lo largo de un año o periodo determinado. Los estándares más utilizados son GHG Protocol e ISO 14064-1:2012” (Ministerio del Ambiente, 2021).

2.2.7.2. HC DE PRODUCTO

“Se analizan todas las emisiones de GEI realizadas durante el ciclo de vida del producto o servicio. Estándares más utilizados: PAS 2050:2011, ISO/TS 14067:2013 (CON EL APOYO DE ISO 14040 E ISO 14044)” (Ministerio del Ambiente, 2021).

2.2.8. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

Es una herramienta metodológica que se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas de un sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de estos. Las entradas Input son los recursos y materias primas partes y productos, transporte electricidad, energía, etc. necesarios para cada proceso o fase del sistema. Y las salidas outputs obedecen a las emisiones al aire, agua y suelo, así como los residuos y los subproductos que se obtienen en cada proceso fase de sistema. Dependiendo del Rango de entradas salidas que contemple el ATP Puede tener diferentes alcances. (Porras et al, 2015)

2.2.8.1. De la cuna a la tumba

Incluye la extracción de materias primas y el procesado de los materiales necesarios para la manufactura de componentes El uso del producto y finalmente su reciclaje y yo la gestión final el transporte almacenaje distribución y otras actividades intermedias entre las fases de ciclo de vida también se incluyen cuando tiene la relevancia suficiente. (Porras et al, 2015)

2.2.8.2. De la cuna a la puerta

“El alcance del sistema se limita desde que se obtienen las materias primas Hasta que el producto se pone en el mercado a la salida de la planta de fabricación” (Porras et al, 2015).

2.2.8.3. De la puerta la puerta

“Sólo se tiene en cuenta las entradas y salidas del sistema productivo procesos de fabricación” (Porras et al, 2015).

2.2.9. HUELLA DE CARBONO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción requiere de la extracción y fabricación de grandes cantidades de materiales. Esto se convierte a la vez en consumo de energía y en emisiones contaminantes de la atmósfera. Cada material de construcción debe ser extraído, procesado y transportado a su lugar de uso, por lo que se considera que los materiales tienen energía y dióxido de carbono incorporado. Además, se consume energía durante el proceso constructivo y se generan residuos de construcción que al final se convertirán en emisiones hacia la atmósfera. (Hammond & Jones, 2008)

2.2.10. COSTOS Y PRESUPUESTOS

Según Delgado, el costo es el valor de adquisición o producción de un objeto o un servicio. Esta expresión genérica se hace específica cuando se utiliza con los términos necesario para individualizar un costo diario. Y el Presupuesto es el cómputo anticipado del costo de una obra, es decir, ese valor que se presupone tiene una obra antes de la ejecución de los trabajos. (Delgado, 2012)

2.2.11. VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

Se denomina vivienda social o de Interés Social a aquella residencia que es producto de las políticas habitacionales dirigidas a los grupos más desposeídos de la sociedad, que no pueden optar por sus propios recursos a las viviendas del mercado inmobiliario. (Alfaro, 2006)

Este tipo de vivienda se da como respuesta a la incapacidad para resolver el déficit de vivienda de las grandes ciudades latinoamericanas, debido a las masivas migraciones que en el caso del Perú se dio durante los años 50 y 60. Por la época estudios como la de John F. C. Turner, planteaba después de estudiar las barriadas de Lima y Arequipa, que el hecho de llevar a la práctica la vivienda como proceso era la solución al problema de alojamiento. (Montaner, 2015)

A partir de los conceptos analizados se puede identificar la vivienda y en especial la vivienda de interés social como una herramienta que busca disminuir la pobreza y la miseria para poder mejorar la calidad de vida de las personas que viven en condiciones infrahumanas. (Torres, 2020)

2.2.11.1. VIVIENDA SOCIAL PROGRESIVA

La vivienda social progresiva es una tipología que ha respondido a las tendencias de expansión de las ciudades latinoamericanas. La definición de vivienda progresiva será aquella vivienda definido como el soporte físico que se mejora progresivamente a través del tiempo en respuesta a los propios recursos de los habitantes ya sea cualitativa o cuantitativa. (Montaner, 2015)

Según Haramoto se caracteriza por la variedad de fases iniciales por el desarrollo de etapas que pueden definir en orden y características por la diversidad de opciones de desarrollo con una participación activa del habitante en concordancia con sus aspiraciones, necesidades y experiencias. (Haramoto y otros, 1987)

La vivienda progresiva es como la vida, se encuentra limitada por las condiciones socioeconómicas de la familia que la habita y vemos que siempre está en constante actividad de construcción. Es por ello por lo que el diseño de esta vivienda debe considerar: un crecimiento progresivo por etapas o por módulos constructivos, una vivienda densificable que permita la construcción de una o más viviendas en un solo lote y espacios flexibles y adaptables que permitan adaptar nuevos usos. (Tokeshi y otros, 2005)

2.2.11.2. TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA VIVIENDA SOCIAL

La introducción de nuevas tecnologías en la industria de la construcción tiene un impacto significativamente mayor al que se puede esperar en otros sectores productivos. Esto genera una excelente oportunidad de negocio para el empresario de la construcción con visión, además de convertirse en muchos casos en la única herramienta para poder sobrevivir en un mercado cada vez más competitivo. (Ghio & Bascuñan, 1995)

Se planea buscar nuevas alternativas de sistemas constructivos para la vivienda de interés social, estudiando los materiales constructivos como alternativas para reducir el déficit de vivienda que se presenta hoy en día en el país dado los altos costos de construcción con sistemas tradicionales, siendo evidente la baja capacidad de ingresos en muchas familias que las alejan de la posibilidad de adquisición de una vivienda digna. (Araujo, 2017)

2.3. Marco Histórico

El sistema Covintec fue desarrollado en 1977 en California, Estados Unidos, la evolución de este tipo de sistemas constructivos prefabricados genero un cambio radical en el ámbito constructivo, cabe resaltar que el elemento prefabricado más antiguo resulta ser el ladrillo, basándose en una filosofía de adaptabilidad a las condiciones del lugar y de dimensiones estándar, al igual que el ladrillo se buscan elementos de dimensiones mayores, que sean capaces de reemplazar procedimientos constructivos complejos, ya que un elemento modular, que nos permita construir de manera más eficiente posible dentro de costos razonables proporcionando el máximo bienestar y seguridad es lo que se denomina como elemento prefabricado. La prefabricación ligera aparece en el momento en que la prefabricación pesada de ladrillo y hormigón está en crisis, es allí en donde se buscan ofrecer soluciones flexibles y capaces de competir en el mercado con nuevas exigencias. Apareciendo los paneles multicapa, comprendidas por tres o dos capas de idénticas características y una intermedia a base de un material aislante. La construcción de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial sigue esta misma filosofía, con el fin de permitir una evolución en la prefabricación de rápida construcción de edificaciones por medio de sistemas de intensiva producción y ensamble rápido de obra que permiten explotar características que el sistema prefabricado tradicional no posee, siendo uno de los argumentos del porque surge l necesidad de la aplicación de estos nuevos sistemas constructivos. (Cansario, 2005)

Panel Covintec S.A de C.V es una empresa mexicana, fundada a mediados de 1982 en la ciudad de Veracruz, es una de las principales empresas creadas para la producción y distribución de este sistema constructivo, los paneles que la empresa ha producido se han vendido en Estados de la república mexicana y algunos países del extranjero como el Caribe y países dentro americanos y África. (Covintec, 2022)

Por otro lado, Covintec Chile nace en 1992, con la adquisición a la casa matriz en EE. UU. del sistema constructivo para su producción y venta en Chile, Este sistema fue denominado al igual que en México como SISTEMA ESTRUCTURAL COVINTEC. De esta manera COVITEC CHILE, fabrica y comercializa los paneles y elementos básicos del sistema, actualmente esta empresa viene exportando a países como Argentina, Perú y Puerto rico. (Covintec Chile, 2021)

2.4. Marco referencial - antecedentes

2.4.1. Antecedentes Internacionales

Mercado de sistemas constructivos a base de poliestireno expandido, malla electrosoldada y concreto proyectado en Chile, Argentina, Guatemala, México y Perú.

Existen varios tipos de familiar similares en diferentes países donde se utilizan sistemas parecidos, manteniendo como base principal paneles cuyo núcleo es de Poliestireno expandido y se terminan en obra con mortero proyectado en ambas caras. Las empresas con aplicaciones de sistemas similares como Fridulsa (Uruguay), Preconsa, Covintec y Triditec (México), Emmedue (Italia), Tridipanel (Austria), EVG-3D(Alemania), Monolite y Vitral (Chile), Pentawall y Concrehaus (Argentina), Formaplac (Colombia), Monolit (Guatemala) y Sidepanel (Venezuela). Algunas de estas empresas se han ido extendiendo a varios sitios como Emmedue de Italia con filiales en España y el sur de América, lo mismo con la empresa Covintec que se encuentra en Chile y Argentina. El objetivo de un país como México de implementar este sistema constructivo, es el continuo crecimiento poblacional que los lleva a pensar en un sistema constructivo más eficiente y económico, la economía juega un papel muy importante ya que este sistema se aplica además en viviendas de interés social, cumpliendo igualmente con los requerimientos mínimos requeridos en residencias. (Cansario, 2005)

Argentina ha tenido un permanente crecimiento de las tecnologías livianas, aquellas cuyos componentes no superan los 100 kg. Generalmente se trata de paneles con un excelente aislamiento térmico y acústico y revestimiento interior de revoque, es decir, materiales de uso corriente combinados racionalmente. Los costos constituyen uno de los factores que gravitan en mayor medida para que se utilicen en general en las soluciones de vivienda de interés social. En Colombia se ha buscado diferentes alternativas para dar economía y facilidad de obtención de vivienda a la población, asimismo un sistema sismorresistente. Uno de los factores que lleva a la aplicabilidad de este sistema en Colombia es su versatilidad en los diseños y su adaptabilidad a diferentes ambientes y temperaturas. (Covintec , 2015)

En Chile, al igual que los demás países suramericanos, lo que se quiere es asegurar el ahorro de energía, por esto la construcción se basa principalmente en materiales con características aislantes, debido a las estaciones antárticas, se insiste que en el proceso constructivo de cualquier edificación o vivienda están comprometidos tanto la resistencia mecánica como una buena aislación térmica, por lo que el uso de este sistema de paneles se acomoda perfectamente a estas condiciones. (Cansario, 2005)

En el Mercado Peruano, se han encontrado proyectos con la aplicación de sistemas Emmedue y EVG3D, ya que estas empresas se han registrado en SENCICO como sistemas constructivos no convencionales vigentes mediante Resolución ministerial No.045-2010-vivienda (EMMEDUE) y Resolución ministerial No.074-2011-vivienda y Resolución ministerial No.027-2013-vivienda (EVG-3D). (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010)

Realizando una búsqueda de todas las empresas que comercializan sistemas similares encontramos las siguientes:

Tabla 5
Empresas Distribuidoras de Sistemas en base a EPS, malla electrosoldada y concreto proyectado en el Perú

Empresa	Producto	Ubicación	Estado
B-HYGIENIC Y POLYSTO PERU	CONPANEL	Lima	Disuelta
WORKING-TOOLS	CONCREPANEL	Lima	Disuelta
EVG ENTWICKLUNGS – UND VERWERTUNGS GESELLSCHAFT M.B.H.	Paneles EVG-3D	Lima	Disuelta
PANECONS S.A.	Paneles Emmedue	Lima	Disuelta
COVINTEC	Paneles COVINTEC Y CEMENTO BIO	Tacna	Habilitada

En la búsqueda de empresas que comercialicen el producto en el mercado peruano, observamos que, en su mayoría, las empresas se encuentran en Lima, dentro de las

cuales tenemos a EVG ENTWICKLUNGS – UND VERWERTUNGS GESELLSCHAFT M.B.H., B-HYGIENIC Y POLYSTO PERU, WORKING-TOOLS y Panecons, que actualmente son empresas que no están funcionando. Por otro lado, la empresa Covintec ubicada en la ciudad de Tacna, resultaría ser la única empresa que se dedica a la distribución de este sistema en el Perú a la fecha de realización de la presente tesis. La diferencia entre todas las familias similares del sistema, se sitúan principalmente en los conectores y ensamble de los paneles. Para esta tesis realizamos una comparación grafica entre los paneles Emmedue, EVG-3D y Covintec. (Covintec, 2022)

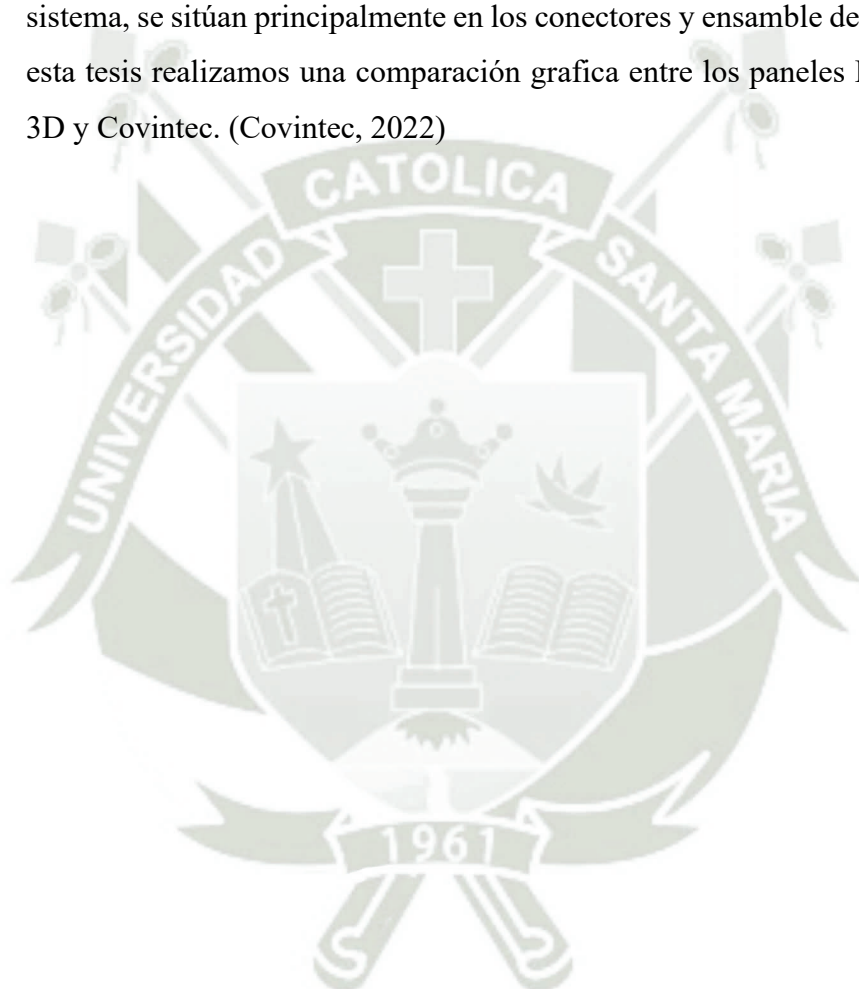
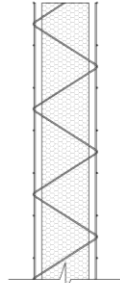


Figura 1
Diferencia de panel estructural entre sistemas

PANEL COVINTEC



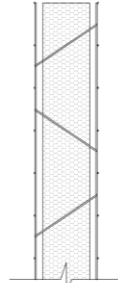
Elevación
esc 1 : 5

Características del panel

Ancho: 1.22 m
 Altura: 2.44 m
 Reticula: 5 x 5 cm
 Espesor de poliestireno: 4.06 cm
 Calibre de acero: 14
 Área de acero: 1.62 cm²

La estructura de la malla de acero galvanizado de los paneles Covintec tiene un conector vertical continuo el cual distribuye las cargas de una manera más eficiente.

PANEL EVG 3D



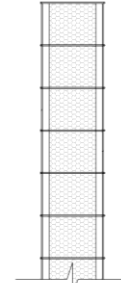
Elevación
esc 1 : 5

Características del panel

Ancho: 1.20 m
 Altura: Variable en tramos de 10 cm
 Reticula: 6.7 x 6.7 cm
 Espesor de poliestireno: 4.06 cm
 Calibre de acero: 14

La estructura de la malla de acero galvanizado del panel EVG - 3D conecta las mallas electrosoldadas con puntos de soldadura diagonales, estos conectores no son continuos a diferencia del panel Covintec.

PANEL EMMEDUE



Elevación
esc 1 : 5

Características del panel

Ancho: 1.20 m
 Altor: 2.40 m
 Reticula: 8 x 8 cm
 Espesor de poliestireno: 4.06 cm
 Calibre de acero: 14
 Área de acero: 60 conectores por m²

La estructura de la malla electrosoldada de los paneles EMMEDUE contiene puntos de union de manera horizontal.



2.4.2. Proyectos Internacionales realizados en base a sistema constructivo Covintec

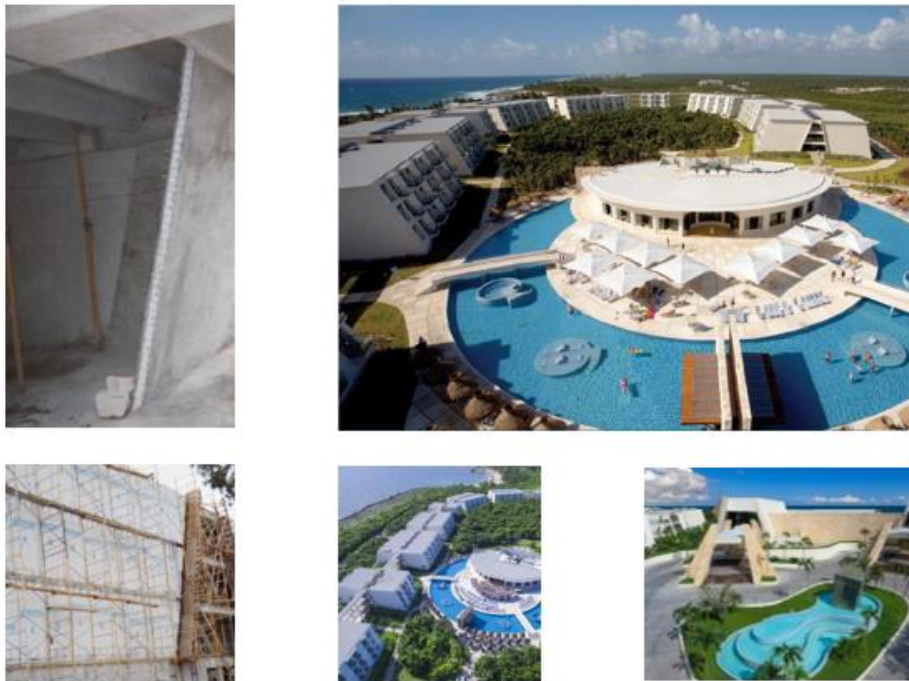
2.4.2.1. Covintec México

2.4.2.1.1. Hotel Sirenis, Akumal Q. Roo (Quintana Roo, México)

El Hotel Sirenis se construyó en la Riviera Maya en el estado de Quintana Roo, Covintec se utilizó únicamente para los muros ya que tiene una estructura adicional de aporcado Covintec Mexico, en este proyecto se decidió usar Covintec en un inicio por la inclinación de muros que posee el diseño, ya que con block eso resultaba imposible y con concreto armado resultaba muy costoso así que se decidió como solución los paneles Covintec. El hotel se inauguró el 2006, pero en plena construcción la estructura resistió al huracán Wilma en el 2005 y al huracán Dean en el 2007 posterior a su inauguración, resistió aún sin estar terminado uno de los huracanes más fuertes en la historia de la región y por eso se decidieron reemplazar los muros existentes de block por Covintec. (Covintec Mexico, 2021)

Figura 2

Hotel Sirenis utilización de paneles Covintec como cerramientos



Nota: Covintec Mexico, (2021).

2.4.2.1.2. Proyecto Arroka (México)

Este proyecto consta de 11 residencias de 2 pisos, construidas en su totalidad con el sistema Covintec, aprovechando su capacidad estructural, se logró minimizar las estructuras adicionales y por ende el costo para así poder generar una mejor utilidad para el desarrollador y poder ofrecer mejores acabados a los clientes. (Covintec Mexico, 2021)

Figura 3

Proyecto Arroka realizado con 100% Covintec



Nota: Covintec Mexico, (2021).

2.4.2.2. Covintec Chile

2.4.2.2.1. Casas biotérmicas ejecutadas con Covintec (Coquimbo, Chile)

Este proyecto se encuentra ubicado en el complejo habitacional Montaña de la luna, en la ciudad de Vicuña en Coquimbo, Chile. Cuenta con 52 casas entre 54 y 7m², además de locales comerciales ejecutados con Covintec; este proyecto fue ejecutado por el arquitecto Jorge Ramírez que cuenta con una experiencia de proyectos de colegios y viviendas ejecutados con el sistema constructivo Covintec. (Covintec Chile, 2021)

Figura 4

Casas biotérmicas Montaña de la Luna



Nota: Covintec Chile, (2021).

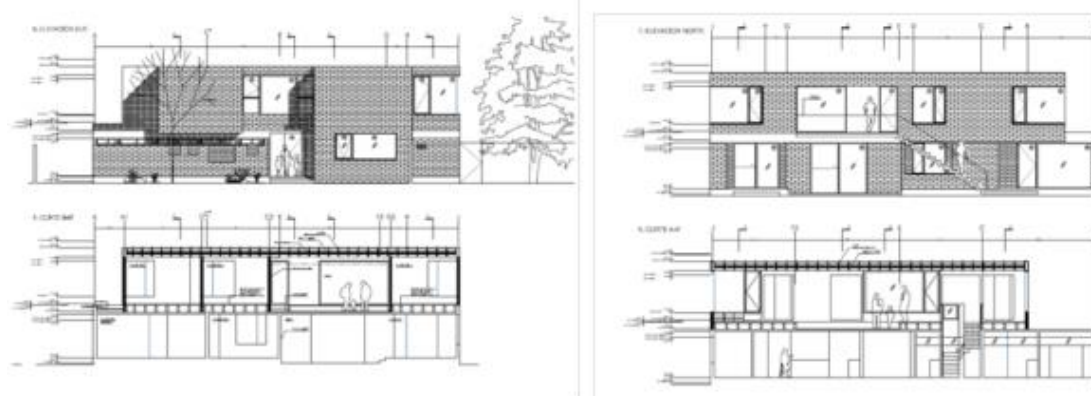
Este proyecto es el único condominio del sector que cuenta con casas y locales comerciales que combinan el cuidado del medio ambiente, ahorro energético y comodidad; ya que al ser proyectos realizados con Covintec y poseer paneles solares que generan su propia energía, ayudan a reducir los

gastos de electricidad. Es por eso por lo que se eligió el Covintec como la opción más óptima gracias a su capacidad termo aislante permite generar un ahorro en la calefacción para el invierno, y mantener fresca la casa durante el verano.

2.4.2.2.2. Casa Santa María de Manquehue (Chile)

Realizado por DRAA- Nicolás del Río arquitectos asociados y la constructora Tierras blancas Ltda, este proyecto es una ampliación de vivienda que consistió en la remodelación del primer piso y segundo piso, se eligió Covintec por ser un material liviano, eficiencia térmica y capacidad de recibir revestimiento y terminación. El primer piso tiene una superficie de 155m² y el segundo cuenta con 140m² realizados completamente con Covintec reforzado, siendo uno de los principales desafíos la integración de las partes existentes con la nueva construcción para lograr un eficiente uso de los materiales. (Covintec Chile, 2021)

Figura 5
Casa Santa María de Manquehue (ampliación)



Nota: Covintec Chile, (2021).

2.4.3. Proyectos Locales realizados en base a sistemas constructivos similares a Covintec

En la ciudad de Arequipa la única empresa que aplica un sistema constructivo en base a paneles de poliestireno expandido (EPS) es la Constructora Valencia, empresa que patentó su sistema propio con el nombre de CAPEX por sus componentes.

La información de los proyectos fue brindada por la Constructora Valencia, dentro de los proyectos realizados tenemos el primero que fue una clínica en Sabandía la cual fue construida en el año 2000, uno de los primeros proyectos con muros de paneles EPS evidenciando las ventajas frente al sistema tradicional de albañilería confinada siendo además un sistema muy resistente a sismos demostrando su resistencia al terremoto del año 2001, la construcción estuvo sin mayores problemas que pequeñas rajaduras en la base de los muros.

Figura 6

Cimentación para el sistema CAPEX



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 7

Nivelado de suelo



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 8

Armado de paneles CAPEX



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 9

Aplome de muros (sistema CAPEX)



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 10

Instalaciones eléctricas en losa



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 11

Paneles CAPEX ensamblados



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 12

**Lanzado de mortero a los paneles
aplomados**



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 13

Acabados de la edificación.



Nota: Constructora Valencia, (2001).

El proyecto de coberturas en pabellones de la Universidad Católica de Santa María, en este caso los pabellones amplían un nivel para lo cual la estructura inicial no soportaría un piso adicional hecho con el sistema tradicional, para lo cual se tuvo que hacer un reforzamiento estructural y se requería una cobertura lo más ligera posible la Constructora Valencia propuso hacer las coberturas con el sistema CAPEX además de ser un sistema que reduce el peso provee también de un confort ambiental adecuado.

Figura 14

Armado de bóvedas en pabellón de la UCSM



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 15

Lanzado de mortero en interior de aula



Nota: Constructora Valencia, (2001).

Figura 16**Bóveda terminada en sistema CAPEX**

Nota: Constructora Valencia, (2001).

2.5. Estado del arte

En el trabajo de fin de máster «La vivienda social en el Perú. Evaluación de las políticas y programas sobre vivienda de interés social. Caso de estudio: Programa “Techo Propio”» realizado por Sandra Meza Parra en el 2016 en la Universidad Politécnica de Cataluña - España, donde menciona el crecimiento económico del Perú en las últimas décadas, lo cual debería reflejarse en el desarrollo integral del país, sin embargo, la desigualdad social y económica dificulta a las personas de recursos económicos limitados acceder a una vivienda de calidad. Menciona que dicho programa tiene fortalezas en cuanto al uso de materiales de zona e innovación en los métodos constructivos: El Reglamento Operativo del Bono Familiar Habitacional en Área Rural y el concurso Construye para Crecer. Principalmente éste segundo estimula a los profesionales a investigar en cuanto a la innovación dentro de la vivienda de interés social. Además, se reducen gastos administrativos y tiempos de aprobación de licencias. Este mismo sistema de estandarización sin perder la calidad arquitectónica y novedad en el diseño, se debe buscar y promover dentro de las empresas constructoras que desarrollan proyectos para Adquisición de Vivienda Nueva. (Meza, 2016)

Según el «Estudio de demanda de vivienda a nivel de las principales ciudades. hogares no propietarios» indica que el material predominante en viviendas donde residen casi la totalidad de núcleos familiares que cuentan con una vivienda es el ladrillo o bloque de cemento (92.8%) y en los techos predomina el concreto armado (90.3%). Este estudio también evidencia las características de la demanda efectiva de vivienda en la ciudad de Arequipa es de 12,379 núcleos familiares de los cuales invertirían por una vivienda un promedio de S./ 84,716.00 con las siguientes características. (Fondo Mivivienda, 2018)

Tabla 6
Características de la vivienda promedio deseada por la demanda efectiva actual de la ciudad de Arequipa

Tipo de vivienda	Casa
Área de terreno (m²)	120.0 m ²
Área construida (m²)	80.0 m ²
Número de pisos	1.0
Número de baños	2.0
Número de dormitorios	3.0
Número de ambientes	4.0
Paredes	ladrillo

Nota: Fondo Mivivienda, (2018).

Siendo un estudio hecho en el año 2018 claramente se ve el escaso conocimiento por parte de la población y entidades técnicas del estado sobre sistemas constructivos alternativos al sistema constructivo tradicional siendo el ladrillo el material predominante en paredes tanto de las viviendas construidas como de la demanda efectiva y potencial. (Fondo Mivivienda, 2018)

En la tesis de Maestría en Gestión y Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias «Estudio de Pre Factibilidad de un proyecto Inmobiliario de Vivienda Social construido con Sistemas No Convencionales (EVG-3D y EMMEDUE)» realizado por Carlos León Romero y Flavia Villon Chang en el 2016 en la Pontificia Universidad Católica del Perú, realizan la investigación con el objetivo de analizar la pre factibilidad del desarrollo de un proyecto inmobiliario ubicado en un terreno de 7000 m², que contara con 14 edificios de 5 niveles con unidades inmobiliarias de um² de 4 dormitorios, 2 baños, sala, comedor, cocina y lavandería en Pachacamac. (Leon & Villon, 2016)

De donde dedujeron las siguientes conclusiones:

Tabla 7
Rentabilidad del Proyecto Los Cipreses con aplicación de sistemas constructivos no convencionales

Análisis económico del proyecto	Sistema constructivo convencional	Sistema constructivo no convencional
Ventas totales	S/20 813,761.47	S/17 756,880.73
Costos	S/16 570,848.43	S/10 470,124.38
Margen antes de impuestos	S/4 242,913.03	S/5 100,729.45

Nota: Leon & Villon, (2016).

Para el SCNC el VAN económico del proyecto es de S/910,805.00 y el VAN financiero es de S/1'389,405.00. Ambos son menores a comparación del VAN del SCNC de S/2'817,710.00. La tasa interna de retorno (TIR) anual es de 10.4%, menor a la del SCNC de 24.3%. Por lo que se determinó que el sistema constructivo no convencional es más rentable que el sistema convencional en un proyecto de viviendas para el sector tipo C. Para las empresas Inmobiliarias los costos de construcción oscilan entre 60% y 40% del valor del proyecto, por lo que un sistema constructivo de menor precio, les brindaría un mayor margen, por lo que en el estudio se enfocaron en los SCNC que están vigentes en el Perú e inclinándose por el Sistema EVG-3D, puesto brinda un mayor margen debido a su bajo costo de construcción enfocado en un reducido tiempo de construcción y cantidad de mano de obra, como también la aplicación de equipos pesados es muy reducida por la ligereza de los sus miembros estructurales y su fácil

construcción. Este Sistema al no contar con muchas variedades en sus materiales y en sus componentes, brinda el beneficio de ser industrializado por lo que permite al constructor tener una curva de aprendizaje muy elevada y también el logro de una destreza que se refleja en la reducción de los tiempos de construcción. En la comparación del SCNC EVG-3D y el SCC Tradicional, se pudo demostrar que los costos y tiempos de construcción reducidos del SCNC son un gran beneficio para el margen Inmobiliario. Pero es de conocer que este sistema tendría sus debilidades las cuales están enmarcadas en los paradigmas de la población y el desconocimiento del producto en el mercado peruano. (Leon & Villon, 2016)

El trabajo de investigación denominado: Análisis comparativo de costos en una vivienda familiar usando el sistema constructivo Emmedue y el sistema de albañilería en la ciudad de Huánuco, realizado por Ingrid Arteaga, en el 2018 en la Universidad de Huánuco. Donde realiza un análisis comparativo de costos de una vivienda unifamiliar de 60 m² en base a 2 sistemas constructivos uno convencional y otro no convencional. (Arteaga, 2018)

Tabla 8
Costos de obra de vivienda unifamiliar en Huánuco

Sistema constructivo	Costo total de la obra	Diferencia porcentual del costo
Albañilería confinada	S/. 150,585.69	47%
Sistema Emmedue	S/. 80,031.79	

Nota: Arteaga, (2018).

El estudio llegó a la conclusión de que el sistema Emmedue es 47% más barato, teniendo el costo de construcción por m² en S/. 2,509.76 en albañilería confinada y S/. 1,333.91 en Emmedue, la finalidad de dicho estudio resulta del énfasis en la demanda creciente de viviendas y en la búsqueda de nuevas tecnologías constructivas que ofrezcan como resultado viviendas de calidad a un menor costo por lo tanto la investigación compara al sistema Emmedue con el sistema de albañilería para evidenciar cual ofrece mejores ventajas económicas. (Arteaga, 2018)

La tesis Comportamiento estructural de los sistemas de poliestireno expandido (Emmedue) y albañilería confinada, para viviendas de carácter social realizado por Irving García en el 2019 en la Universidad Cesar Vallejo, se plantea analizar el comportamiento estructural del sistema (Emmedue) y el de albañilería confinada observando un análisis comparativo entre 2 sistemas constructivos uno convencional y el otro no convencional con la finalidad de conocer el comportamiento estructural de ambos sistemas, para lo cual realizan muestras de muretes a los que se aplican ensayos de resistencia a flexión, resistencia a compresión axial y ensayos de resistencia de corte diagonal. (García, 2019)

Tabla 9
Comparacion de ensayos aplicados a albañilería confinada y paneles de poliestireno
Emmedue en la ciudad de Lima

Tipo de ensayo	Albañilería confinada	Paneles de poliestireno
	F'm	F'v
Ensayo a compresión axial	95.94	47.39
Ensayo a compresión diagonal	9.63	14.40
Ensayos a flexión	11.95	27.87

Nota: García, (2019).

Demostrando que el sistema de albañilería confinada posee una resistencia a compresión axial superior al sistema Emmedue, siendo el resto de los ensayos favorables para ambos sistemas. También nos da luces de la ventaja económica del sistema Emmedue ahorrando hasta un 28.17%. (García, 2019)

Como una base para la metodología la tesis de grado titulada «Análisis comparativo de los sistemas constructivos de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada para la formulación de una guía de selección del sistema constructivo en la fase de estudios previos de un proyecto de vivienda de media densidad en la ciudad de Arequipa» muestra un estudio completo de las características cuantitativas y cualitativas de 2 sistemas constructivos muy utilizados en la ciudad de Arequipa en vivienda multifamiliar, evaluando aspectos técnicos, de confort ambiental, características

arquitectónicas, aspectos económicos e impacto ambiental de ambos sistemas, lo cual nos da un referente muy elaborado para la investigación planteada. (Llerena & Cumpa, 2020)

Por otro lado, en el trabajo de grado de ingeniería en edificación «Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido» realizado por Nuria Martínez en el 2012 en la Universidad Politécnica de Cartagena - España, esta investigación se centra en buscar otra solución alternativa a la edificación que se realiza en España, puesto que los sistemas tradicionales, tales como obra de fábrica y construcciones con hormigón armado, abarcan la mayoría de las construcciones realizadas en dicho país. A diferencia de otros países como Holanda, Francia o Alemania que han sufrido una evolución en la construcción y trabajan con nuevos sistemas de prefabricados y semi prefabricados. El sistema analizado se compone de paneles estructurales de Poliestireno Expandido (EPS) y mallazos de acero en ambas caras recubiertos de micro hormigón proyectado. Puesto que el poliestireno expandido tiene múltiples aplicaciones en el ámbito de la construcción, este proyecto analizo la construcción de paneles simples aplicados a toda la estructura de una vivienda. (Martinez, 2012)

Ambas investigaciones se centran en evidenciar las características tanto cuantitativas y cualitativas de 2 sistemas constructivos diferentes, tomaron las siguientes líneas de investigación:

Tabla 10

Líneas de investigación referenciales

«Análisis comparativo de los sistemas constructivos de albañilería confinada y muros de ductilidad limitada para la formulación de una guía de selección del sistema constructivo»	«Construcción con paneles estructurales de poliestireno expandido»
<p>Línea de Investigación 1: Técnico constructivo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Continuidad Estructural 2. Materiales Empleados – Especificaciones 3. Equipos y/o Herramientas 4. Mano de Obra 5. Continuidad del Proceso Constructivo 6. Encofrado 7. Línea de Investigación 2: Económico 8. Metrado 9. Presupuesto 10. Programación de Obra <p>Línea de Investigación 3: Urbano Normativo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Área del terreno 2. Área Ocupada 3. Área 4. Número de Viviendas 5. Área Libre <p>Línea de Investigación 4: Diseño Arquitectónico</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tipología 2. Acabados 3. Flexibilidad 4. Imagen 5. Función – Espacio 6. Criterios de Confort Ambiental 7. Percepción del Usuario <p>Línea de Investigación 5: Impacto Ambiental</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Huella de Carbono 2. Reducción de Emisiones de CO₂eq <p>Línea de Investigación 6: Confort Ambiental</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Confort Térmico 2. Confort Acústico 	<p>Poliestireno expandido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definiciones 2. Obtención de materia prima 3. Proceso de transformación del EPS 4. Características generales de EPS 5. Factores medioambientales 6. Aplicaciones principales del EPS <p>Construcción con paneles de EPS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición técnica 2. Elementos 3. Proceso constructivo <p>Sistema Constructivo con paneles de EPS vs. Sistema constructivo tradicional</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Características técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia estructural • Materiales • Aislamiento térmico y condensaciones • Resistencia frente al fuego • Aislamiento acústico • Criterios medioambientales 2. Estudio económico 3. Estudio de plazo de ejecución 4. Estudio de detalles constructivos de ejecución de obra

Nota: Llerena & Cumpa, (2020); Martinez, (2012).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Este capítulo define el tipo de investigación, la muestra y las técnicas e instrumentos aplicados para el desarrollo de la presente investigación.

3. Capítulo III: Metodología

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. No Experimental

En un estudio no experimental se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. con un enfoque cuantitativo ya que representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios que siguen un orden riguroso de pasos para poder llegar a las conclusiones del estudio. (Hernandez y otros, 2014, pág. 4)

3.1.2. Correlacional-Transversal

Una investigación transversal ya que se da en un determinado tiempo y a una población definida y su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. (Hernandez y otros, 2014, pág. 4)

La investigación pretende indagar la eficiencia asociada a cada sistema constructivo a través de sus características cuantitativas y cualitativas a analizar según el costo, tiempo, habitabilidad, confort e impacto ambiental. Se propone medir dos variables y establecer una relación entre las mismas.

3.1.3. Método de investigación

Hipotético-deductivo, en este método, las hipótesis son puntos de partida para nuevas deducciones. Se parte de una hipótesis inferida de principios o leyes o sugerida por los datos empíricos, y aplicando las reglas de la deducción, se arriba a predicciones que se someten a verificación empírica, y si hay correspondencia con los hechos, se comprueba la veracidad o no de la hipótesis de partida. (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017)

En la investigación propuesta se realizará una revisión de bibliografía de investigaciones realizadas sobre el tema que nos servirá para partir de una hipótesis para realizar una verificación empírica de la misma.

3.1.4. Nivel de investigación

Relacional, este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En la investigación se propone medir dos variables y establecer una relación entre las mismas. Por lo que la presente investigación, establece dos variables que son los “sistemas constructivos” y “las características cuantitativas y cualitativas” mediante un análisis comparativo de los costos, tiempo, características de confort y habitabilidad e impacto ambiental. (Hernandez y otros, 2014, pág. 93)

3.2. Determinación de la población, muestra y muestreo

3.2.1. Muestra No probabilística o dirigida

Muestras no probabilísticas también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema. Módulo de vivienda diseñada a base de las características básicas de una vivienda social, al cual se realizará el análisis de costo y presupuesto comparando los sistemas de construcción entre ellos el sistema de Albañilería Confinada y el sistema a base de paneles aligerados con poliestireno expandido, malla electrosoldada y concreto proyectado. (Hernandez y otros, 2014, pág. 190)

3.3. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos

“Las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación fueron” (Hernandez y otros, 2014, pág. 190).

3.3.1. Técnica de Investigación documental

“La técnica de recolección de datos fue mediante, fichas técnicas y manuales de uso, procedimientos de construcción, experiencia empresas constructoras y cotizaciones” (Hernandez y otros, 2014, pág. 190).

Se realizó una revisión documental de:

- Reglamento nacional de edificaciones.
- Resoluciones ministeriales de vivienda social.
- Estándares de calidad ambiental.
- Normas Técnicas Peruanas para unidades de albañilería de arcilla y concreto.
- Manuales de construcción de albañilería confinada.
- Manuales de construcción EVG-3D/EMMEDUE/Covintec
- Revista de costos y presupuestos.

3.3.2. Instrumento

La información será evaluada mediante tablas comparativas, cuadros sintetizadores de información y gráficos y diagramas.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Este capítulo desarrolla la descripción los sistemas constructivos y los analiza para poder observar los criterios técnicos de cada sistema mediante una investigación bibliográfica y documental con la finalidad de justificar el uso de los sistemas constructivos.

Se realizaron entrevistas a expertos y a empresas que hayan construido con el sistema no convencional, recopilando datos estadísticos relevantes.

Se detallan los componentes, factibilidad de materiales y especificaciones, Herramientas y/o equipos, proceso constructivo y mano de obra de cada sistema constructivo a analizado.

4. Capítulo IV: Descripción de sistemas constructivos

4.1. ALBAÑILERÍA CONFINADA

La albañilería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre si con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Este sistema constructivo usado generalmente en la edificación de viviendas en el Perú hasta 5 pisos se caracteriza por estar constituida por un muro de albañilería simple enmarcado por elementos como columnas y vigas de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. (San Bartolomé, 1998)

4.1.1. Componentes Estructurales del sistema

4.1.1.1. Cimientos o fundaciones

El tipo de cimentación usado en este sistema es el denominado “cimiento corrido” el cual es considerado como una cimentación superficial según la Norma E0.50 Suelos y cimentaciones. Este tipo de cimentación está compuesto por. (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2018)

- **Solado**

“Es una capa delgada compuesta por concreto simple; se coloca en el fondo de las excavaciones de zapatas o cimientos corridos ya que sirve como piso nivelado para realizar algunos trazos y apoyar los fierros” (Nilson & Winter, 1996).

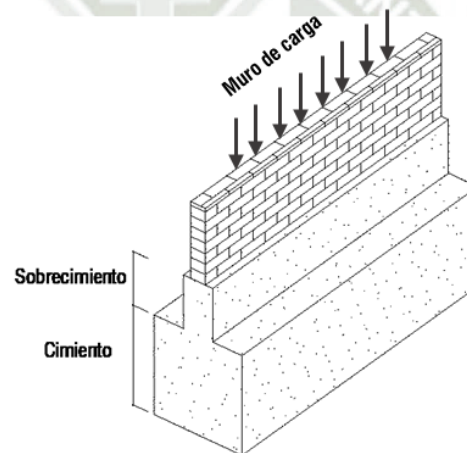
- **Cimiento**

“El cimiento corrido consiste simplemente en una franja de concreto reforzado más ancha que el muro y que distribuye su presión y este está compuesto por concreto ciclópeo” (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2018).

- **Sobrecimiento**

Compuesto por concreto ciclópeo, son elementos estructurales ubicados encima de los cimientos, ya que su principal función es de transmitir las cargas del muro hacia el cimiento sirviendo como nexo, otra función principal es la de aislar a la edificación para evitar el paso de la humedad del terreno por capilaridad y proteger a los ladrillos que conforman la pared de cualquier humedad que pueden provenir del exterior o del interior de la edificación. (Nilson & Winter, 1996)

Figura 17
Perspectiva de cimiento corrido.



El dimensionamiento del cimiento corrido depende de dos factores:

4.1.1.1.1. Tipo de suelo

Existen diferentes tipos de suelo que tienen características propias dependiendo de su composición, las cuales son importantes conocer mediante un estudio de mecánica de suelos para poder realizar el dimensionamiento del cimiento corrido. Según la norma E0.50 el número de puntos de exploración para la realización del estudio de suelos dependerán del tipo de edificación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2018)

Para muros portantes de albañilería contempla:

Tabla 11
Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración.

Descripción	Distancia mayor entre apoyos	Número de pisos	
		≤ 3	4 a 8
Muros portantes de albañilería	<12	II	I

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, (2018).

Tabla 12
Número de puntos de exploración.

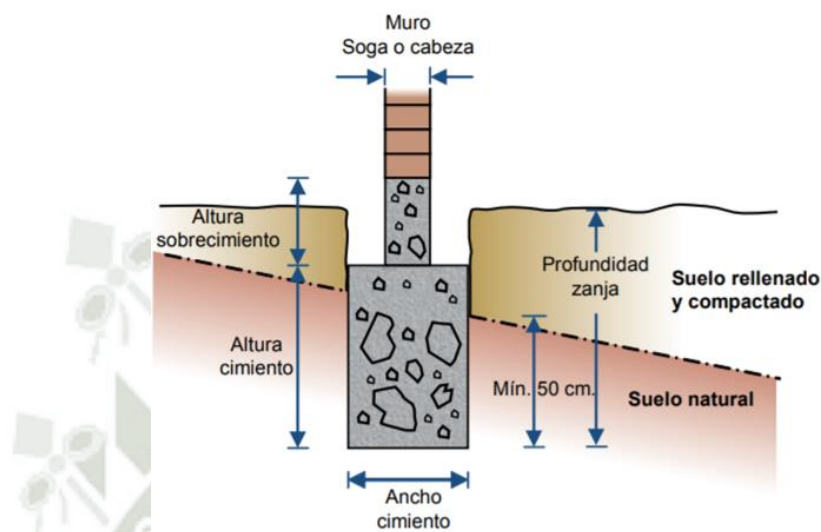
Tipo de edificación u obra	Número de puntos de exploración
I	Uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	Uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, (2018).

Es importante recalcar que la cimentación debe apoyarse sobre terreno natural, mas no en suelos formados por rellenos o depósitos de basura, ya que estos podrían asentarse y producir graves rajaduras e incluso llegar a colapsar la vivienda por lo que se recomienda remover estos materiales y excavar hasta encontrar un terreno firme. El lugar más recomendado para emplazar la vivienda es sobre suelos firmes y resistentes como rocas y gravas, pues estos tipos de suelos permitirán el comportamiento óptimo de la cimentación. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Figura 18

Correcta ubicación de la cimentación en el terreno

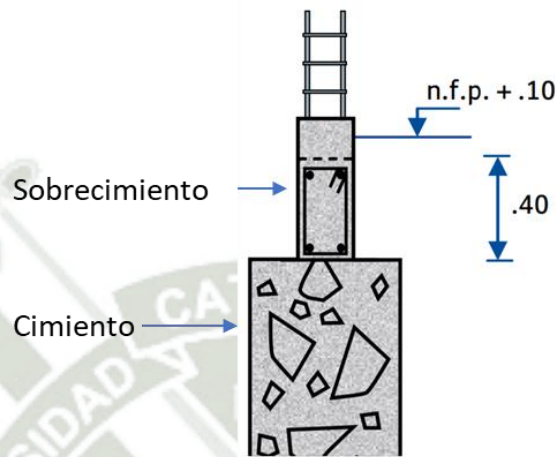


Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

La albañilería confinada al ser un material demasiado frágil, puesto que solo basta pocos milímetros de deformación para que el muro se agriete; este tipo de fallas podrían darse cuando el suelo de cimentación es arena suelta susceptible a densificarse ante la acción de un sismo o en el caso de hacer la cimentación sobre arcilla expansiva. (San Bartolomé, 1998)

“Si la vivienda se ubica en suelos arenosos o de arcillas blandas, es recomendable la utilización de sobrecimientos armados para garantizar mayor rigidez a los muros y evitar rajaduras por asentamientos” (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010).

Figura 19
Ubicación de sobrecimiento armado como
refuerzo en la cimentación.



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.1.1.2. Peso total a soportar

Este es el segundo componente del cual dependen las medidas del cimiento corrido. El peso total que admite la cimentación no es igual para todos los cimientos. Algunos aguantan más que otros, dependiendo del número de pisos y además de la localización (en planta) de los mismos. Esto lo toma en cuenta el ingeniero proyectista al momento de realizar el diseño estructural de la edificación. (Rojas, 2020)

4.1.1.2. Muros de albañilería confinada:

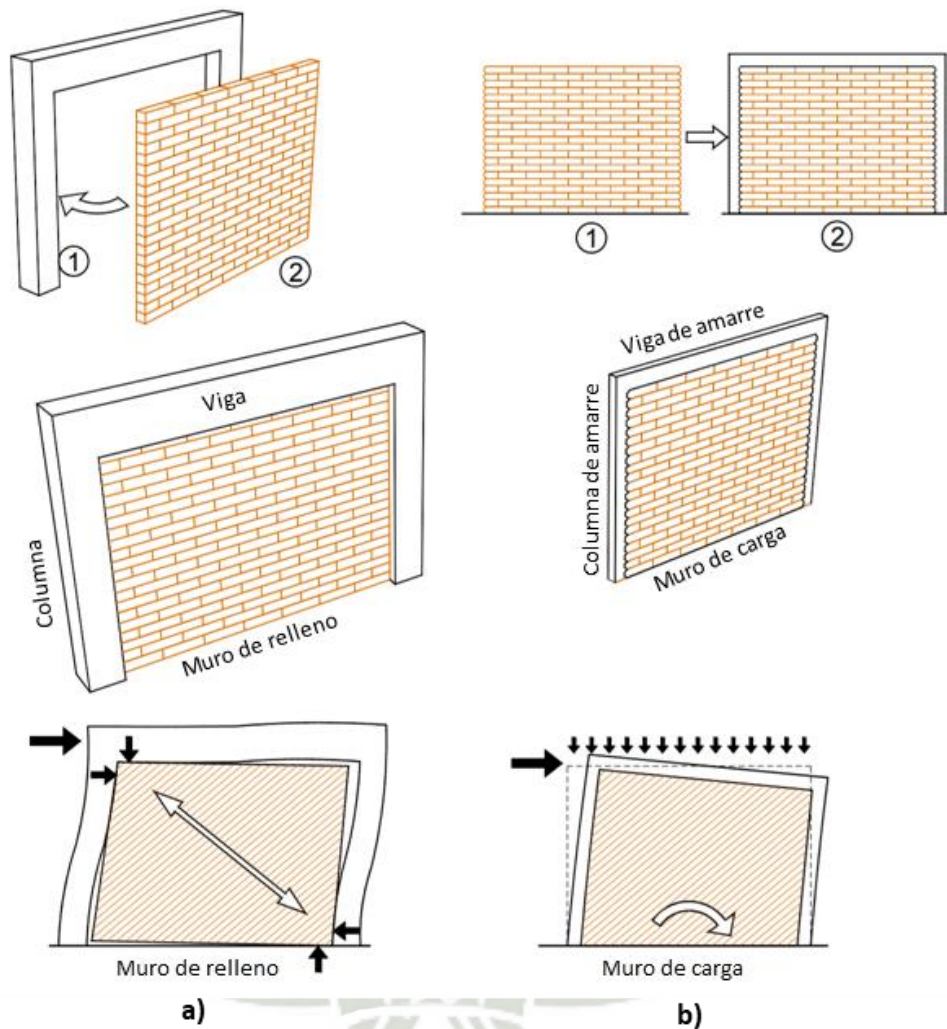
Son elementos que se encargan de distribuir las cargas de las losas y de las vigas hacia pisos inferiores y a la cimentación. En el caso de los muros de Albañilería confinada se debe tomar en cuenta la diferencia entre muros portantes y tabiquería. Según San Bartolomé, nos referimos a muros portantes como el elemento estructural que reciben las cargas verticales de la edificación mientras que los muros de tabiquería son catalogados como muros no portantes, ya que son utilizados como elementos divisorios y generalmente hechos de albañilería, esto se debe a las óptimas propiedades térmicas, acústicas e incombustibles de la albañilería. Por otro lado San Bartolomé, también clasifica a los muros de albañilería según la distribución de refuerzo, donde cataloga a la albañilería confinada como muros reforzados. (San Bartolomé, 1998)

Los requisitos mínimos según la norma E070 para que el muro se considere confinado es estar enmarcado por sus 4 lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Es preciso señalar que el comportamiento sísmico de un tabique en el interior de un pórtico de concreto armado es diferente al de muros confinados, esto se da por la diferencia en el procedimiento constructivo. Mientras que en el caso de tabiques dentro de pórticos primero se elabora la estructura de concreto y luego se procede a levantar el muro. En el caso de muros confinados el procedimiento es al revés; donde primero se elabora el muro para luego realizar el vaciado de las columnas y vigas. En consecuencia, el proceso de confinamiento de muros hace que los elementos que lo componen se integren y trabajen en conjunto como si fuese una placa de concreto armado sub-reforzada al tener los refuerzos solo en los extremos. (San Bartolomé, 1998)

Figura 20

Comparación de estructura de hormigón armado con muro de relleno (a)
con la construcción de albañilería confinada (b)



Nota: Meli y otros, (2010).

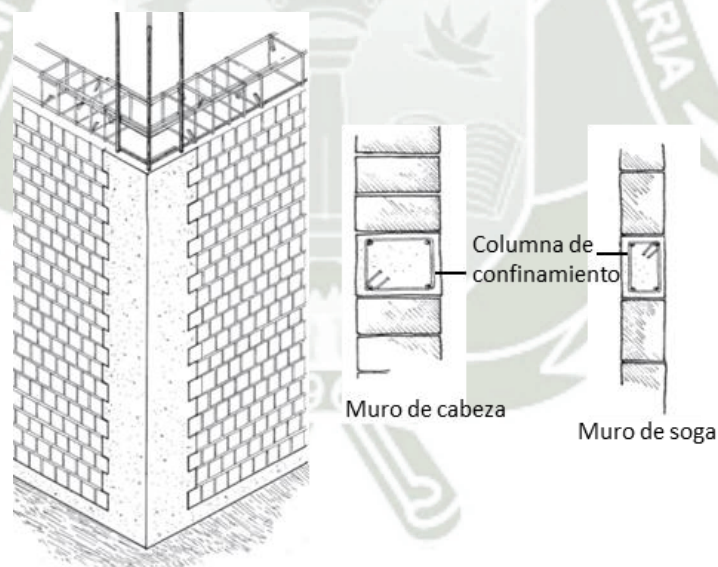
4.1.1.3. Columnas-vigas

Son elementos horizontales y verticales que transmiten las cargas al muro, a pisos inferiores y a la cimentación. El pórtico de concreto armado sirve básicamente para generar ductilidad al sistema de albañilería por lo que incrementa levemente su resistencia. Las vigas y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

“Las columnas se hacen generalmente del mismo espesor de los muros. El área de su sección y su refuerzo deben ser calculados según la intensidad del trabajo que realiza el muro y según la separación entre columnas” (San Bartolomé, 1998).

Figura 21

Columna como elemento de confinamiento de albañilería



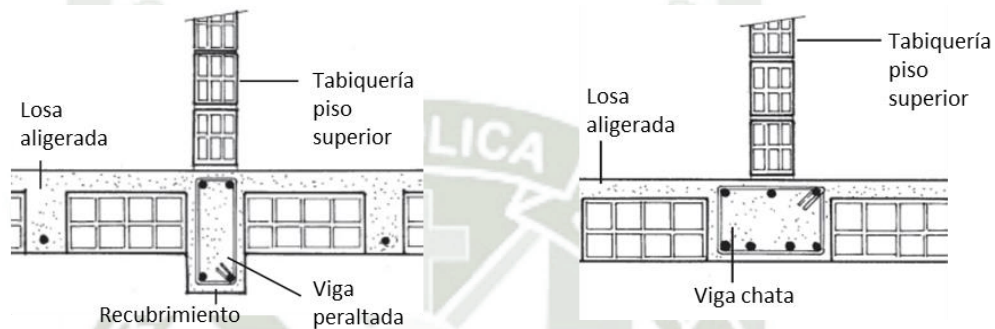
Nota: Municipalidad Metropolitana de Lima, (2012).

Según la función estructural las vigas de confinamiento pueden ser vigas soleras y vigas de amarre y estas a la vez vigas chatas o peraltadas estas dependerán de su dimensionamiento. Las vigas soleras son vigas colocadas en la parte superior de los muros y entre columnas, dando rigidez y confinamiento a los muros, mientras que las vigas de amarre son las que tienen la función de articular la estructura en sentido opuesto a las vigas soleras. Las vigas peraltadas sirven para

resistir el peso de los tabiques o del techo y transmitirlo a las columnas y muros, el peralte de estas vigas es mayor al espesor de la losa y las vigas chatas van dentro de la losa, pero se recomienda no tener vigas chatas para una longitud mayor de 4m. (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012)

Figura 22

Viga peraltada y viga chata.



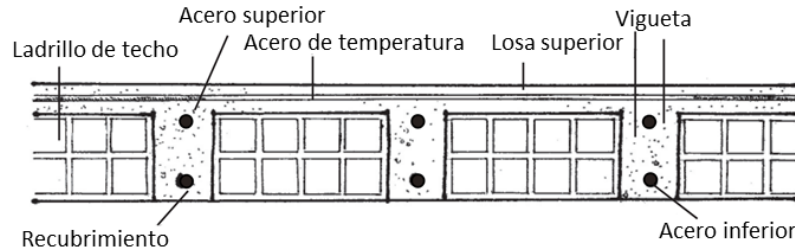
Nota: Municipalidad Metropolitana de Lima, (2012).

4.1.1.4. Losas en albañilería

Elemento horizontal entre pisos que se encarga de transmitir las cargas que soporta como pesos de muebles, personas y su propio peso, así como las cargas por efectos de sismos hacia las vigas. También mantiene unidas a las vigas, columnas y muros. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Las losas aligeradas están formadas por viguetas de concreto armado, entre vigueta y vigueta se colocan ladrillos huecos y en la parte superior se vacía una losa de concreto de 5 cm de espesor. Este tipo de sistema de losa es eficiente ya que su diseño permite reducir el volumen de concreto a utilizar, los tiempos de ejecución y los costos. (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2012)

Figura 23
Losa aligerada.

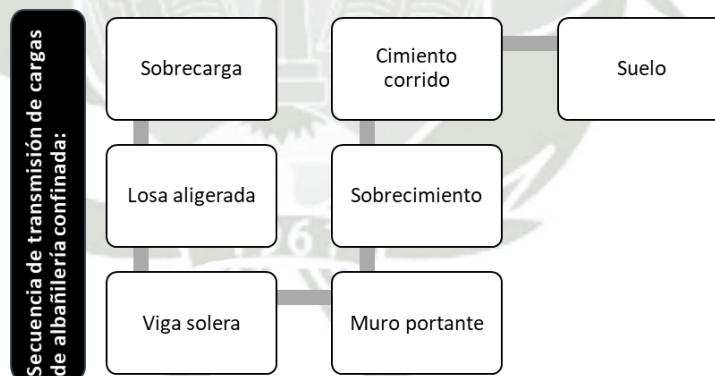


Nota: Municipalidad Metropolitana de Lima, (2012).

En conclusión, la secuencia de transmisión de cargas de la albañilería confinada se detalla en el siguiente esquema, en donde la sobrecarga y el peso de la edificación, se transmiten hacia la losa aligerada, luego hacia los muros confinados mediante columnas y vigas distribuyendo todas las cargas hacia el cimiento mediante el sobrecimiento.

Esquema 2

Secuencia de transmisión de cargas de albañilería confinada.



4.1.2. Especificaciones Técnicas de los materiales

“En el caso del sistema de albañilería confinada debemos tomar en cuenta las normas E0.60 de concreto armado y E.070 de albañilería confinada en donde se especifican las exigencias de ensayos de materiales y control de calidad” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

4.1.2.1. Concreto

“El concreto es una mezcla de cemento, arena gruesa, piedra chancada y agua en proporciones adecuadas de acuerdo a la resistencia que se quiera obtener” (Abanto, 2018).

“Según la norma E.070 de albañilería indica que el concreto de los elementos de confinamiento debe tener una resistencia a compresión mayor a 175 kg/cm². En estructuras de albañilería confinada generalmente se utilizan el concreto simple, ciclópeo y armado” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

4.1.2.1.1. Concreto simple

Usado para vaciar falso piso y contrapiso. En el falso piso la proporción que se recomienda es de 1 volumen de cemento por 12 volúmenes de hormigón, mientras que en el contrapiso es recomendable la proporción de 1 volumen de cemento por 5 volúmenes de arena gruesa, incluyendo en agua necesaria para generar mezclas homogéneas, trabajables y pastosas. Estas mezclas deben alcanzar un $f'c$ de 80kg/cm². (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.2.1.2. Concreto ciclópeo

“Es una mezcla de cemento, hormigón y piedra de cajón, este tipo de concreto se usa para la construcción de cimientos y sobrecimientos” (Abanto, 2018).

Cuando se usa en cimientos se usa una proporción de 1 volumen de cemento, 10 volúmenes de hormigón y 1/3 de volumen a vaciar de piedra de zanja de 25cm de diámetro promedio. En sobrecimientos la proporción recomendable es de 1 volumen de concreto, 8 volúmenes de hormigón y ¼ del volumen a vaciar de piedra de cajón de 10 cm de diámetro promedio. Ambas mezclas deben alcanzar un f'c de 100kg/cm². (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.2.1.3. Concreto armado

“En estructuras de albañilería el concreto armado se usa en los elementos de confinamiento y techos, ya que es la unión de concreto reforzado con varillas de acero” (Abanto, 2018).

La proporción recomendable a usar en una casa de 2 o 3 pisos es de 1 volumen de cemento 3 volúmenes de arena gruesa y 3 volúmenes de piedra chancada mientras que la cantidad de agua varía dependiendo del estado de humedad en que se encuentre la arena y la piedra. Con estas proporciones, la resistencia del concreto al cabo de un mes debe ser de mínimo 175 kg/cm² en elementos de confinamiento mientras que en losas aligeradas pueden tener un mínimo de 210 kg/cm². (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.2.2. Mortero

Es un adhesivo que se utiliza para pegar los ladrillos entre si durante el asentado del muro y sus componentes son cemento, arena gruesa y agua. Sus usos son para asentar ladrillos o para tarrajear paredes y cielos rasos. Según la norma E.070 de albañilería indica que el concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión de 140 kg/cm². (Abanto, 2018)

4.1.2.2.1. Mortero para asentado de ladrillos

La mezcla de este mortero está compuesta por arena gruesa, concreto y agua.

La proporción recomendada para una casa de 2 pisos es el tipo P2.

Tabla 13

Proporción de los componentes del mortero

Tipo	Volumen de cemento	Volumen de arena gruesa	Usos
P1	1	3 a 3 1/2	Muros portantes
P2	1	4 a 5	Muros portantes
NP	1	Hasta 6	Muros no portantes

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, (2006).

4.1.2.2.2. Mortero para tarrajeos

“La mezcla se hace con arena fina, cemento y agua. Con una proporción recomendada de 5 volúmenes de arena fina y 1 volumen de cemento” (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010).

Tabla 14

Resumen usos del concreto en albañilería confinada

Tipos De Concreto o Mortero	Partes De La Casa	F’c Kg/Cm2
Concreto Simple	Solado	80
	Falso Piso	80
	Contrapiso	-
Concreto Ciclópeo	Zanja De Cimentación	100
	Sobrecimientos	100
Concreto Armado	Columnas, Techos, Vigas Y Sobrecimiento Armado	175-210
Mortero	Asentado De Ladrillos	-
	Tarrajeo De Muros Y Cielorraso	-

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.2.3. Unidades de albañilería

“En el Perú existen una gran variedad de ladrillos que se utilizan para construir muros de albañilería, las unidades de albañilería especificadas en la norma E070 son ladrillos y bloques de arcilla, sílice-cal o concreto” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

4.1.2.3.1. Ladrillo para muros portantes

De acuerdo a la norma E 0.70 de albañilería confinada se pueden clasificar en 5 tipos de ladrillos de acuerdo a su resistencia a la compresión, los ladrillos artesanales tienen menor resistencia a los hechos en fabrica, mientras que el King Kong contiene cemento y agregados, pero no es muy usado. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Tabla 15

Clasificación teórica de albañilería según sus resistencias características

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

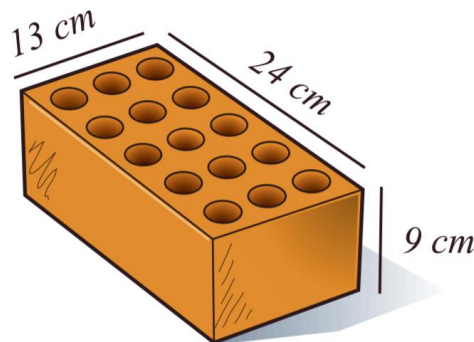
Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006).

Las unidades de albañilería solidos o macizos pueden o no tener orificios, si tienen orificios estos deben ser necesariamente perpendiculares al asiento. El ladrillo King Kong de 18 huecos de fabricación industrial debe ser utilizado para muros portantes siempre que el área total de los orificios no exceda el 30% del área del asiento, en todas las zonas sísmicas; sin embargo, el ladrillo macizo artesanal solo puede utilizarse para construir muros portantes en la zona sísmica 1. (Abanto, 2018)

Cabe recalcar que existe ladrillo King Kong hueco ya que excede el 30% de área total de orificios, siendo utilizado como tabiquería mas no en muros portantes.

Figura 24

Ladrillo "King Kong 18 huecos" para muros portantes. (referencial)



Máxima cantidad de huecos: 30%

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

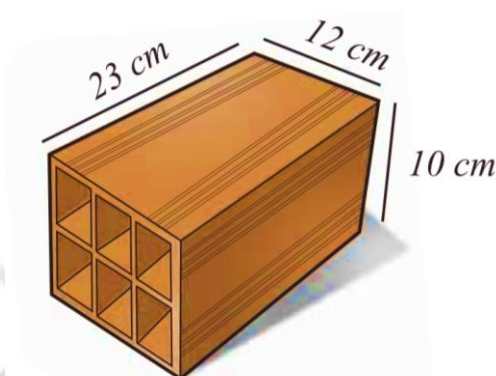
4.1.2.3.2. Ladrillo para tabiques

“Para este tipo de muro se usa el ladrillo pandereta, más liviano y es más económico que el ladrillo King Kong. Es una unidad de albañilería tubular, en este caso los orificios son paralelos a la cara del asiento” (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010).

“Según la norma E 0.70 el ladrillo pandereta se puede usar para muros no portantes en las zonas sísmicas 2,3 y 4” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Figura 25

**Ladrillo pandereta para muros de tabiquería
(referencial)**



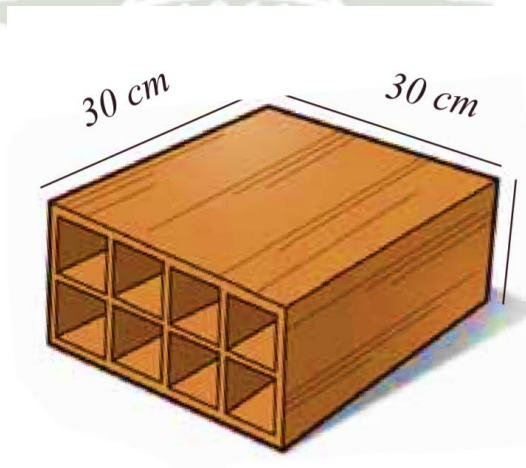
Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.2.3.3. Ladrillo para techos

“Son usados para techos aligerados, este ladrillo al igual que el ladrillo pandereta, también es una unidad de albañilería tubular, es muy liviano y su función es aligerar el peso de los techos” (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010).

Figura 26


Ladrillo de techo 30 x 30 (referencial)



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Cabe recalcar que para el aligerado de las losas también se pueden usar ladrillos de Tecnopor o espuma de poliestireno reemplazando al ladrillo de arcilla, estos se fabrican en bloques alargados donde cada bloque equivale a 4 ladrillos, las medidas más usuales son:

Tabla 16**Presentación de espuma de poliestireno para techos.**

Bloques de poliestireno	
	0.08m x 0.30m x 1.20m
	0.12m x 0.30m x 1.20m
	0.15m x 0.30m x 1.20m
	0.20m x 0.30m x 1.20m
	0.25m x 0.30m x 1.20m

Nota: Abanto, (2018).

4.1.2.3.4. Ladrillo Hueco

Los orificios de estas unidades de albañilería son necesariamente perpendiculares a la cara de asiento y el área que ocupan es mayor al 30% del área bruta de la cara de asiento. Estas unidades huecas solo se pueden utilizar para la construcción de muros portantes en zonas sísmicas 1 para un máximo de 5 pisos, mientras que en el resto solo serán usados en muros no portantes. (Abanto, 2018)

4.1.3. Equipos y/o herramientas

Los equipos mínimos e indispensables en albañilería confinada son los siguientes:

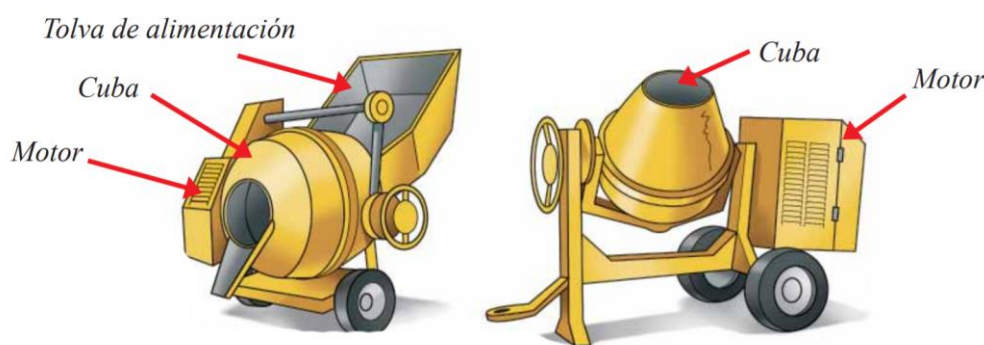
4.1.3.1. La mezcladora

Su función es mezclar los componentes del concreto, la ventaja de usar la mezcladora en vez de hacer el batido a mano ya que la mezcla queda uniforme y homogénea y asegura que todos los componentes del concreto tengan las mismas proporciones garantizando su resistencia. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Existen dos tipos de mezcladoras la de tolva que permite alimentar la arena y la piedra con buggies y la de trompo en donde los materiales tienen que ser llevados hasta la altura de la boca de entrada haciendo que la producción de concreto sea más lenta, las mezcladoras más comunes son de 7,9, 12 y 14 pies cúbicos de capacidad.

Figura 27

Mezcladora de tolva y de trompo.

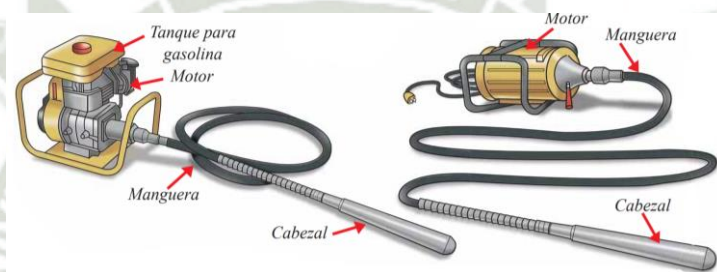


Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.3.2. La vibradora

tiene como función eliminar las burbujas de aire en la mezcla al momento de su colocación en los encofrados, reduciendo los vacíos garantizando una mejor calidad de concreto ya que densifica la masa del concreto mejorando su resistencia a la compresión, aumenta la adherencia del concreto con el acero de refuerzo y mejora la estética de la superficie en los concretos caravistas. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Figura 28
Vibradora gasolinera y eléctrica.



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.3.3. Andamios

Según la norma G0.50 seguridad durante la construcción la definición de andamio es una estructura provisional con estabilidad fija, suspendida o móvil, y los componentes en los que él se apoye. Sirve de soporte en el espacio a trabajadores, equipos, herramientas y materiales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2018)

4.1.3.4. Winche

El winche es un equipo muy útil que sirve para subir o bajar materiales de un nivel a otro. Consiste en un rodillo giratorio con un cable que se enrolla alrededor y, de este modo, provoca el movimiento vertical de la carga. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.3.5. Amoladora - Esmeril:

Es una herramienta que corta y desbasta, sirve para trabajar metal, concreto, cerámica, piedra y madera, dependiendo del trabajo a realizar varía el disco a utilizar. En el caso de albañilería confinada ayuda en gran medida al proceso de habilitación de acero para elementos de concreto armado. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Figura 29
Amoladora-Esmeril



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Las herramientas utilizadas en la construcción constituyen un factor determinante en los procedimientos constructivos, y de estos dependen muchas veces la presentación final de la construcción.

Tabla 17

Herramientas de construcción albañilería confinada

Herramientas de construcción	Paleta Espátula Llana Reglas de madera Ganchos para reglas Plancha de empastar Badilejo Frotacho Plancha de batir Latas para agua	Herramientas manuales	Pico Barreta grande Rastrillo Lampa Piqueta Estacas Bateas para mezcla Buggy o carretilla Comba Pala Martillo Serrucho Escoba Cilindros para agua Puntales Madrinas
Herramientas de picado *	Punta Punzón Cinzel		
Herramientas de medición y nivelado	Plomada Manguera de nivel Cordel Nivel de mano Escantillón Pisón Escuadra Tendel Reglas Flexómetro	Herramientas para habilitación de fierro	Atortolador Arco y hoja de sierra La trampa El tubo de doblado Mesa para fierro

Nota: Castillo, (1998).

4.1.4. Proceso constructivo

El proceso constructivo son fases ordenadas para llevar a cabo la construcción de una edificación, el proceso constructivo de albañilería confinada se compone de las siguientes fases.

Tabla 18

Fases proceso constructivo de albañilería confinada

TRAZO Y REPLANTEO	Trazo y alineación con vecinos Replanteo	
CIMIENTOS	Excavación de zanjas	Ubicación de agua y desagüe Excavación de zanjas Apisonado Eliminación de material excedente
	Habilitación y colocación de acero en columnas	Solado Armadura de acero Colocación
	Vaciado del concreto en zanjas	Preparación de la zanja Preparación de la mezcla de concreto para los cimientos Vaciado del concreto Compactación del concreto Curado del concreto
	SOBRECIMENTOS	Encofrado de sobrecimientos
	Vaciado del concreto en sobrecimientos	Preparación de la mezcla de concreto simple para los sobrecimientos Preparación de la mezcla para los sobrecimientos armados Vaciado de la mezcla Compactado del concreto Curado del concreto
	Desencofrado del sobrecimiento	
PISO	Relleno	Material de relleno Nivelación Compactación
	Falso piso	Instalación de las redes de desagüe Preparación del concreto Vaciado Curado
	Contrapiso	
	Preparación de los materiales	Humedecido del ladrillo

MUROS		Preparado del mortero de asentado
	Construcción del muro	Verificación y rectificación del trazo
		Emplantillado
		Colocación de ladrillos maestros
		Colocación del mortero horizontal
		Colocación del ladrillo
		Colocación del mortero vertical
	Colocación de mechas	
	Control y verificación	
COLUMNAS	Encofrado de columnas	Habilitación del encofrado
		Instalaciones empotradas y recubrimientos
		Armado del encofrado
		Colocación de puntales
	Concreto en columnas	Preparación de la mezcla
	Vaciado de la mezcla	
	Compactación del concreto	
	Desencofrado de columnas	
ESCALERAS	Trazo de escalera	
	Encofrado de escalera	
	Colocación del fierro de escalera	
	Preparación del concreto	
	Vaciado del concreto	
TECHOS	Encofrado de vigas	
	Encofrado de losa aligerada	
	Fierro en vigas	
	Preparación de la losa	Colocación de los ladrillos de techo
		Instalaciones sanitarias y eléctricas
		Colocación del fierro en viguetas y losa
		Encofrado de frisos
Vaciado de concreto en techo	Proporción de la mezcla de concreto	
	Vaciado y compactado del concreto	
	Nivelación	
	Curado	

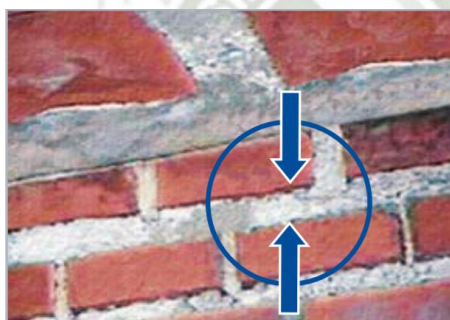
Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.4.1. Espesor de las juntas

En la norma E.070 plantea que, en la albañilería con unidades asentadas con mortero, las juntas horizontales y verticales deben quedar completamente llenas de mortero teniendo un espesor mínimo de juntas de 10mm y un espesor máximo de 15mm. La norma limita el espesor de juntas ya que si el espesor sobrepasa los 15mm hace que el muro portante se debilite sustancialmente para lo cual es necesario el uso del escantillón en el proceso de asentado de ladrillos, en el caso de que la junta sea menor a 10mm la unión de ladrillo con ladrillo quedaría débil. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Figura 30

Espesor de junta excesivo.



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Figura 31

Fraguado deficiente. Zona débil susceptible al agrietamiento.



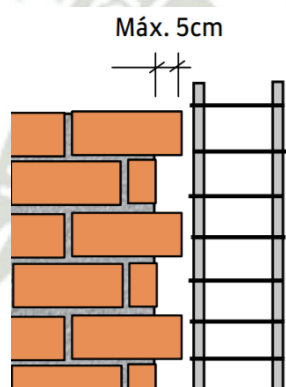
Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.4.2. Muro portante – columna

Para el buen comportamiento del muro portante la unión muro columna debe ser óptima, en obra se logra esta unión mediante 2 procedimientos que son el endentado del muro o mediante mechas de anclaje. Según la norma E.070 la longitud final del endentado de muro no debe exceder los 5cm, en el caso de que el diente sea mayor a 5cm es probable que el ladrillo se rompa debido al peso del concreto al momento del vaciado o el ladrillo no permitirá el llenado correcto del concreto con el endentado generando cangrejeras. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Figura 32

Longitud del endentado



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Figura 33

Patología generada por un mal endentado.



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.4.3. Conexión entre columna de amarre y viga transversal

Para lograr una conexión más efectiva entre columna y viga se recomienda el vaciado de la columna en 2 etapas. La primera etapa consta en el vaciado del concreto después de levantar el muro, el vaciado se realiza hasta 40 cm menos a la altura del muro. En la segunda etapa se inserta el refuerzo de la viga en los 40 cm restantes de la columna que aún no fue vaciada, el vaciado de concreto de vigas y techo debe hacerse mismo tiempo completando el vaciado de la columna.

Figura 34

Primera etapa vaciado de columna

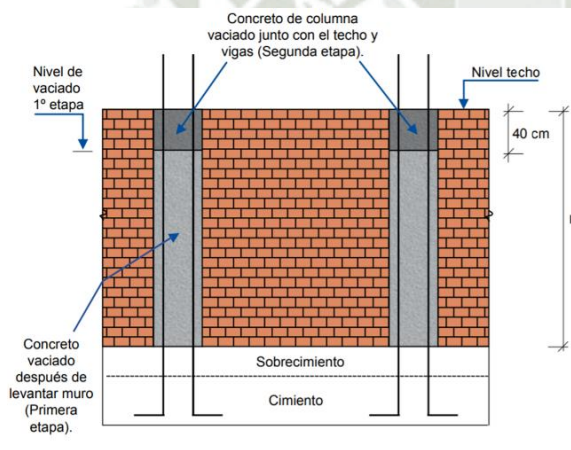
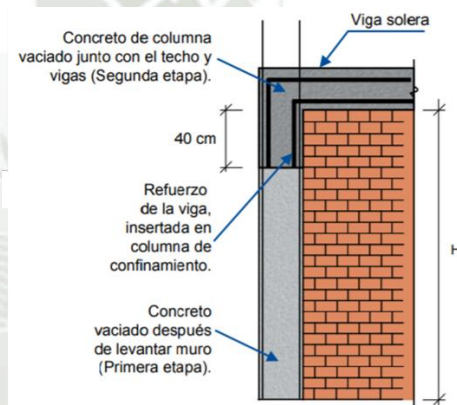


Figura 35

Refuerzo de viga insertada en columna.



**Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A,
(2010).**

**Nota: Corporación Aceros
Arequipa S.A, (2010).**

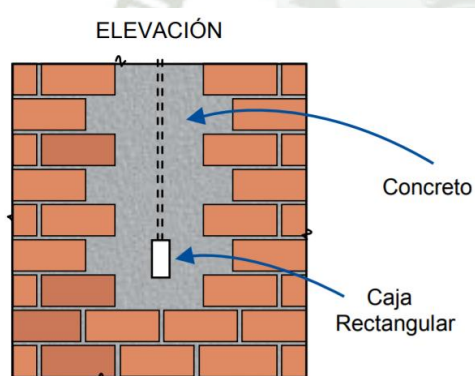
4.1.4.4. Instalaciones eléctricas y sanitarias

4.1.4.4.1. Instalaciones secas: eléctricas y telefónicas

Según la norma E.070 indica que solo se alojaran en los muros cuando los tubos no sobrepasen el diámetro de 55mm, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que posteriormente se rellenaran con concreto. Los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas. En el caso de tuberías le luz ubicadas en la losa aligerada, las cajas octogonales no deben colocarse sobre el encofrado se las viguetas si no en el lugar de los ladrillos.

Figura 36

**Correcto procedimiento de
instalación de tuberías**



**Nota: Corporación Aceros Arequipa
S.A, (2010).**

Figura 37

**Procedimiento incorrecto en
instalación de tuberías**



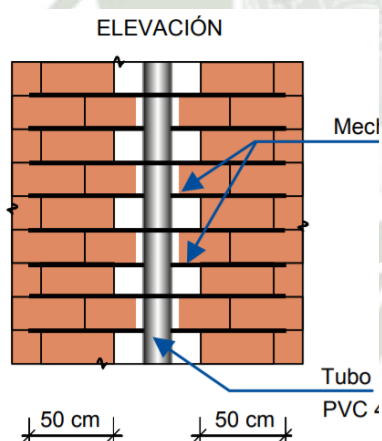
**Nota: Corporación Aceros Arequipa
S.A, (2010).**

4.1.4.4.2. Instalaciones sanitarias

La instalación de tuberías después de construidos los muros portantes. Para hacerlo, pican la albañilería, instalan el tubo y luego resanan la zona afectada con mortero, este es un procedimiento constructivo incorrecto que afecta la estructura y la debilita, por esta razón la Norma Técnica no lo aprueba. En la norma técnica E0.70 especifica que los tubos para instalaciones sanitarias y los tubos con diámetros mayores a 55mm, tendrán recorridos fuera de los muros portantes o en falsas columnas y se alojarán en ductos especiales, o en muros no portantes. Para instalaciones sanitarias que pasen a través de la losa aligerada se debe evitar que atraviesen las viguetas y vigas de techo ya que se debilitara la estructura. Si en algunas zonas hubiese una concentración de tuberías de desagüe es recomendable convertir esta área en losa maciza. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Figura 38

Falsa columna instalación de tuberías de desagüe



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Figura 39

Procedimiento al encontrar concentración de tuberías en losa aligerada



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.1.5. Consideraciones de almacenamiento en obra:

4.1.5.1. Cemento

Durante su almacenamiento debe estar protegido en contra de la lluvia, la humedad del ambiente y la humedad del suelo. Aislándolo con una tarima de madera y cubriéndolo con calaminas y plásticos. La altura máxima para apilar es de 10 bolsas, para evitar la compresión de las bolsas inferiores, siendo el tiempo máximo y almacenamiento en obra de un mes y se recomienda comprar el cemento con menos de dos semanas de anticipación. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.5.2. Acero

Cuando se almacena el acero, se debe evitar el contacto de las varillas con el suelo, se debe proteger de la lluvia y la humedad para evitar la oxidación cubriéndolas con bolsas o manta de plástico. Las barras de acero corrugadas no deben ser soldadas para unir las ya que el soldado altera las características del acero y lo debilita, las barras de acero una vez dobladas no deben enderezarse puesto que solo se pueden doblar una vez. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.5.3. Ladrillos

Los ladrillos se deben apilar sobre superficies limpias, planas, horizontales y donde no se realicen otros trabajos de la obra que los puedan manchar o deteriorar. Los ladrillos no deben estar en contacto con el terreno por que pueden absorber humedad, sales, solubles que puedan provocar la aparición de manchas y eflorescencias en las unidades. Se debe revisar que los ladrillos no presenten rajaduras y que no presenten una coloración muy clara (indicación de que este crudo) o con una coloración marrón o negruzca (indica que este muy cocido) ya que serán de baja resistencia o muy quebradizos. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

4.1.5.4. Agregados

Según la norma E 0.60 los agregados se almacenarán de manera de impedir la segregación de los mismos, su contaminación con otros materiales o su mezcla con agregados de características diferentes. Estos deben conservarse libres de barros, raíces y de excremento de animales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

4.2. SISTEMA COVINTEC

El sistema Covintec como sistema constructivo ha sido diseñado estructuralmente para soportar grandes esfuerzos, actualmente este sistema es utilizado mayormente en proyectos de manera monolítica o en conjunto con otros sistemas constructivos en países como Chile, Nicaragua y México donde se encuentran las empresas que se dedican a la fabricación y comercialización. Este sistema ofrece a los arquitectos, ingenieros y constructores una alternativa moderna para la industria de la construcción por sus características de ligereza, rapidez, aislamiento, seguridad y resistencia estructural. (Covintec, 2022)

4.2.1. Componentes Estructurales del sistema

4.2.1.1. Cimientos o fundaciones

La cimentación en este sistema constructivo se realiza mediante el uso de plateas de cimentación o cimientos corridos, la platea de cimentación es un tipo de cimentación poco profunda y se recomienda cuando la resistencia del terreno es muy baja (inferior a 1.5 kg/cm^2); ya que cuando la superficie total de las zapatas o losas lineales, supera el 50% del total del edificio, suele ser más económico disponer de una losa continua. Una de las ventajas adicionales de este tipo de cimentación es que reparte uniformemente las cargas sobre el terreno, y como se trata de un solo elemento para todo el edificio, se reducen al máximo los asentamientos diferenciales, por lo que se recomiendan en terrenos con resistencias bajas. (Medina, 2008)

Por otro lado, en comparación con el sistema de albañilería confinada, las desventajas de este tipo de cimentación es que las instalaciones sanitarias y de fontanería deben realizarse con anticipación al vaciado de la platea; esto implica la imposibilidad de realizar futuras adaptaciones o cambios imprevistos de

tuberías subterráneas. Otra de las desventajas es que existe la posibilidad de fisuración en la estructura de hormigón armado; generalmente originadas por variaciones de longitud en determinadas caras del hormigón con respecto a otras derivando tensiones que desarrolla el material por retracciones térmicas (variaciones térmicas) o hidráulicas (perdida de agua por exudación) que en general no conllevan riesgos estructurales; en general, el costo de las plateas de cimentación es mayor al cimiento corrido. (Covintec, 2022)

4.2.1.1.1. Viga de cimentación

Las vigas de cimentación son elementos estructurales utilizados para unir estructuras de cimentación como zapatas, columnas, pilotes, etc. En su aplicación para el sistema Covintec sirven de refuerzo para los muros estructurales. Los cuales de acuerdo a su ubicación perimétricos o internos tendrán un diseño estructural diferente.

Figura 40
Platea de cimentación



Nota: Roos, (2020).

Los cimientos corridos también pueden usarse en sistema covintec dependiendo del diseño estructural, se recomienda el uso de este tipo de cimentación por el costo y por la facilidad de ejecución que conlleva construir este tipo de cimentación, ya que al ser un sistema más liviano las medidas de la cimentación serían menores a comparación de albañilería confinada.

4.2.1.2. Paneles Estructurales

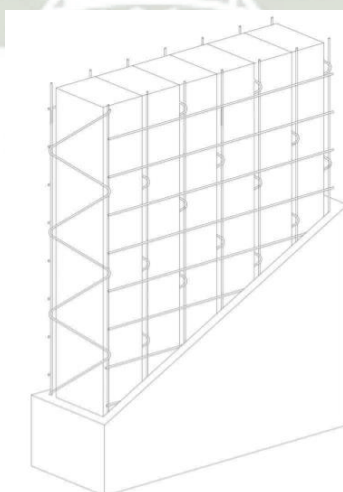
Los paneles Covintec consisten en un alma de EPS unidas mediante una estructura de alambre corrugado de 4mm de morfología triangular tipo cerchas Warren, denominadas escalerillas, que le otorgan propiedades estructurales al panel, el concreto proyectado varía dependiendo del panel a utilizar. (Covintec Chile, 2014)

Tabla 19
Tipos de paneles Covintec

Tipo de panel	Usos
Panel Estructural	Es el panel más resistente, este tipo de panel se usa en muros y losas, construcciones de hasta 2 pisos, muros perimetrales.
Panel Máster	Panel con resistencia intermedia, se pueden usar como muros estructurales (construcciones de hasta 1 piso) o tabiquería.
Panel Light	Es un panel exclusivamente de tabiquería.
Panel losa	Es un panel estructural adecuado para techos

Nota: Covintec Chile, (2014).

Figura 41
Isometría de Panel Covintec



Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.1.3. Accesorios

El sistema Covintec, al tener su componente principal a base de paneles, los accesorios que ayuden a ensamblar los paneles son muy necesarios, teniendo en cuenta que el correcto uso y aplicación de los accesorios el sistema garantiza un comportamiento estructural óptimo.

4.2.1.3.1. Mallas de Unión

Son utilizadas para unir linealmente los paneles Covintec, al tener una morfología similar al panel, asegura un material monolítico y evita posibles fisuras ante eventuales sismos; también es usada para parchar las mallas de paneles cortados, en caso de trazar una instalación eléctrica, agua potable, alcantarillado y gas. (Carrillo et al, 2017)

4.2.1.3.2. Malla esquinera

“Similar a las mallas de unión, pero plegada en todo su largo, se utilizan para unir encuentros de muros perpendiculares o diagonales” (Carrillo et al, 2017).

4.2.1.3.3. Escalerillas

“Son mallas de refuerzo, de morfología triangular siendo la base estructural del panel. Estas mallas son utilizadas para agregar estructura adicional a sectores cortados del panel como en el caso de aberturas de vanos” (Carrillo et al, 2017).

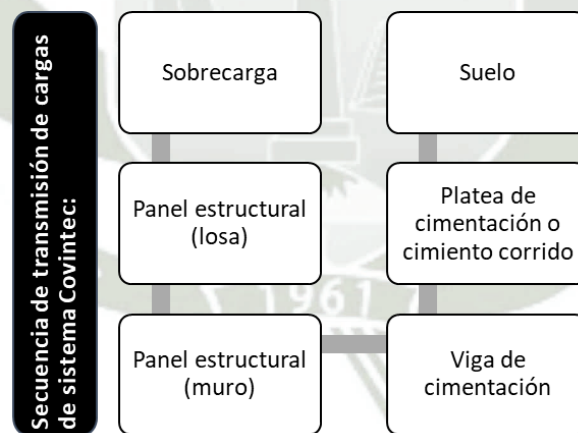
4.2.1.3.4. Grapas

“Son elementos de fijación de las mallas, su utilización permite un gran avance en la instalación de paneles gracias a la rapidez de colocación. Este elemento se puede sustituir con el uso de alambre calibre 18” (Carrillo et al, 2017).

Estos componentes son básicos en una construcción monolítica realizada íntegramente con el sistema Covintec, se debe tener en cuenta que el diseño del sistema trata de que los paneles tengan una flexibilidad de usos en obra, ya que los paneles pueden usarse tanto en muros, losas y cubiertas. En conclusión, la transmisión de cargas en el sistema Covintec es el siguiente: la sobrecarga y el peso de la edificación se transmiten hacia el panel estructural (losa), luego al panel estructural (muro), distribuyendo las cargas hacia la viga de cimentación y platea de cimentación.

Esquema 3

Secuencia de transmisión de cargas del sistema Covintec.



4.2.2. Especificaciones Técnicas de los materiales

4.2.2.1. Concreto

El uso del concreto en el sistema Covintec se da en la cimentación y en el armado de losas, según la norma E 0.50 de suelos y cimentaciones, las plateas de cimentación deben ser losas rígidas de concreto armado, con acero en dos direcciones y apoyadas en toda su extensión sobre un relleno controlado, los bordes deben tener una viga perimetral confinante de concreto armado. (Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento, 2018)

El fondo de la viga deberá tener una profundidad mínima de 0,40 m desde la superficie del terreno o desde el piso terminado, en el caso de incluir vigas interiores rigidizantes adicionales a las perimetrales, el espesor de la losa y el peralte de la viga perimetral serán determinados por el profesional proyectista. En el caso de viviendas de interés social con una altura no mayor a dos pisos en proyectista podrá reducir el espesor de 0,40 m bajo su responsabilidad diseñando dicha losa para que su comportamiento garantice la rigidez requerida. Así mismo cuando se empleen plateas de cimentación en rellenos controlados se deberán colocar vigas con una profundidad mínima de 600 mm en el caso de vigas perimetrales y de dos veces el espesor de la losa en el caso de vigas interiores, el ancho de las vigas, no deberán ser menor que el espesor de la losa ni de 250 mm. Sin embargo, el uso de concreto en el armado de losas con los paneles estructurales de Covintec se realiza el vaciado de concreto con gravilla sobre la cara superior de los paneles. Este concreto deberá alcanzar un mínimo un $f'c$ de 200kg/cm². (Covintec Chile, 2014)

4.2.2.2. Revoque o mortero

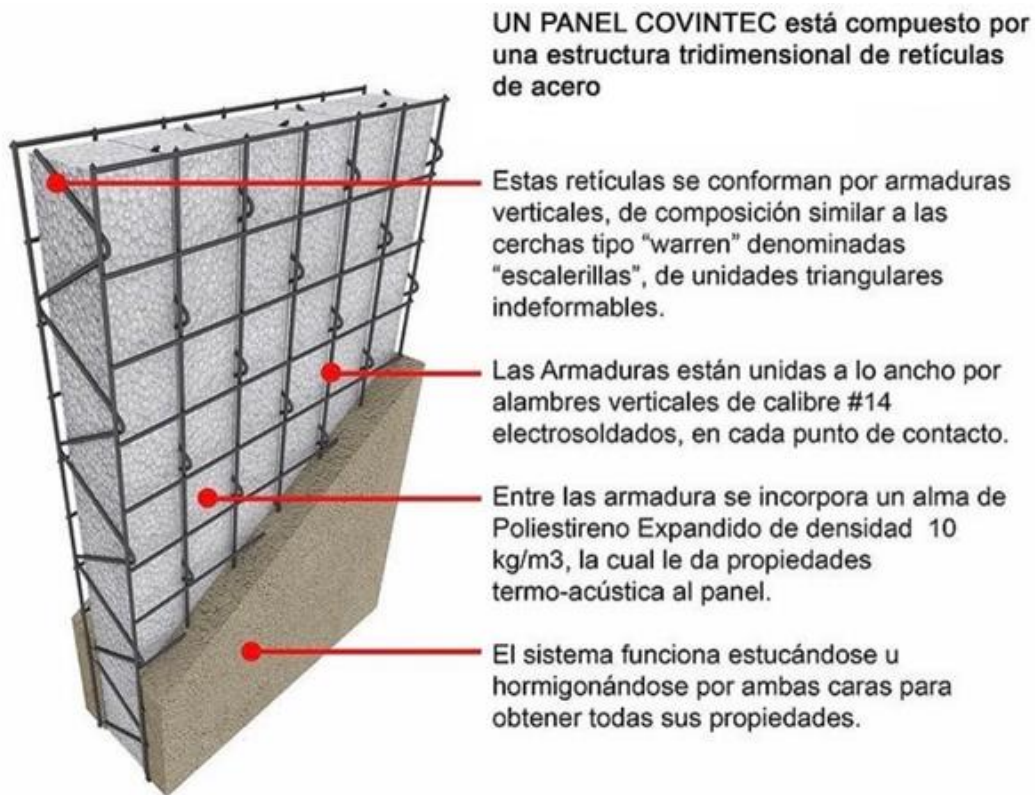
El mortero por usar en los paneles Covintec debe cumplir con una resistencia mínima comprobable de 70 kg/cm²; con el objetivo de lograr una mejor retentividad de agua del mortero, se le incorpora cal hidráulica a la mezcla, pero este material no es muy utilizado en el Perú. Las dosificaciones que recomienda la empresa son 1:0,25:4 o 1:0,50:4 (cemento, cal hidráulica y arena). Se recomienda el uso de fibra de polipropileno o nylon en la mezcla, ya que esta fibra colabora disminuyendo las retracciones que se producen en los inicios de fraguado del estuco. En conclusión, los volúmenes en balde para 1 m³ es de 1 de cal hidráulica, 4 de cemento, 16 de arena gruesa, 1 bolsa de fibra de 600 gr de fibra en 180 litros de agua. (Covintec Chile, 2014)

4.2.2.3. Paneles Covintec

Los paneles están compuestos por mallas de acero corrugado de 4mm de alta resistencia al bajo carbono (1008) de 4.7 mm de diámetro nominal de acuerdo a ASTM A 82 y ASTM A 85, con resistencia de 110,000 psi. Los paneles consisten en una estructura tridimensional de alambre corrugado de 4mm electrosoldado en cada punto de contacto, compuesto por armaduras verticales denominadas escalerillas. (Mora & Orozco, 2017)

Figura 42

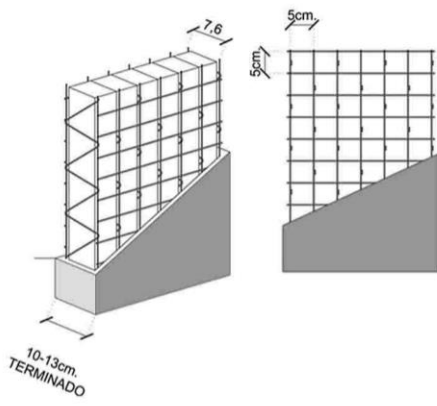
Composición de Panel Covintec



Nota: Covintec Chile, (2014).

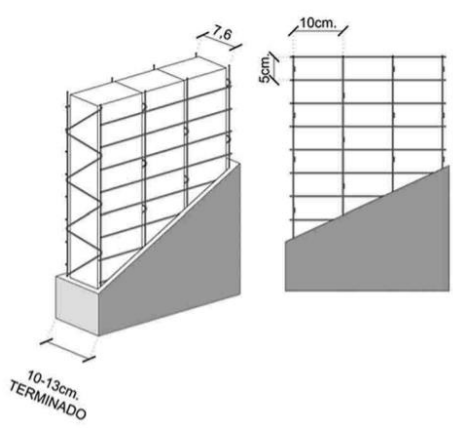
“Entre las armaduras se incorpora un alma de poliestireno de densidad mínima de 10 kg/m³, obteniendo una estructura estereotómica tridimensional con más de 1680 puntos de soldadura por m² y más de 3.0 kg de acero por m²” (Mora & Orozco, 2017).

Tabla 20
Especificaciones Panel estructural 1100-76

	Dimensiones	1,22 ancho x 2,44 de alto
	Espesor (separación entre mallas)	7,60 cm
	Densidad de poliestireno	10 kg/m ³
	Alturas a pedido	1.84 a 3.64 m
	Espesor de poliestireno	5,50 cm
	Trama de malla:	5x5 cm
	Cuántía de acero:	3,15 kg/m ²
	Puntos de soldadura x m²:	1.680
	Peso sin estuco:	3.7 kg/m ²
	Espesor de muro terminado:	11 a 13 cm

Nota: Covintec Chile, (2014).

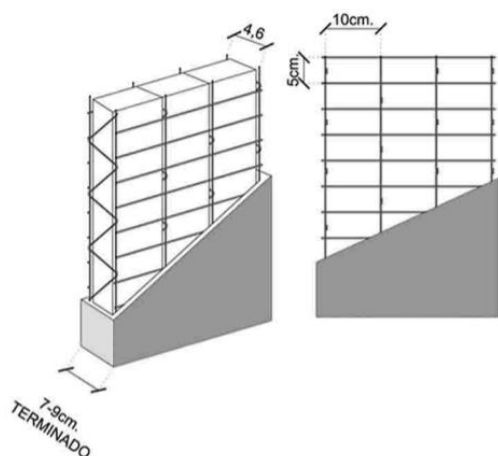
Tabla 21
Especificaciones Panel Máster 800-76

	Dimensiones	1,22 ancho x 2,44 de alto
	Espesor (separación entre mallas)	7,60 cm
	Densidad de poliestireno	10 kg/m ³
	Alturas a pedido	1.84 a 3.64 m
	Espesor de poliestireno	5,50 cm
	Trama de malla:	5x10 cm
	Cuántía de acero:	2,12 kg/m ²
	Puntos de soldadura x m²:	880
	Peso sin estuco:	2.67 kg/m ²
	Espesor de muro terminado:	11 a 13 cm

Nota: Covintec Chile, (2014).

Tabla 22
Especificaciones Panel Light 600-46

Dimensiones	1,00 ancho x 2,44 de alto
Espesor (separación entre mallas)	4,60 cm
Densidad de poliestireno	10 kg/m ³
Alturas a pedido	1.84 a 3.24 m
Espesor de poliestireno	3 cm



Trama de malla:	5x10 cm
Cuantía de acero:	2,05 kg/m ²
Puntos de soldadura x m²:	880
Peso sin estuco:	2.35 kg/m ²
Espesor de muro terminado:	7 a 9 cm

Nota: Covintec Chile, (2014).

Tabla 23
Especificaciones Panel losa covintec

	Dimensiones	1,00 ancho x 2,44 de alto
	Espesor (separación entre mallas)	7,60 cm
	Densidad de poliestireno	10 kg/m ³
	Alturas a pedido	1.84 a 3.24 m
	Espesor de poliestireno	12-17-22 cm
	Trama de malla:	5x10 cm
	Cuantía de acero:	3,15 kg/m ²
	Puntos de soldadura x m²:	1.680
	Peso sin estuco:	3.7 kg/m ²
Espesor de muro terminado:	20 a 30 cm	

Nota: Covintec Chile, (2014).

Una de las grandes diferencias de los paneles Covintec con otros paneles de sistemas similares está en el proceso de armado de los paneles. Covintec fabrica los paneles según estándares internacionales dictados por la matriz de EE. UU lo que asegura una calidad continua de fabricación, y este proceso es idéntico en la fabricación de paneles de las plantas ubicadas en México, Venezuela, Inglaterra y Singapur. (Covintec Chile, 2014)

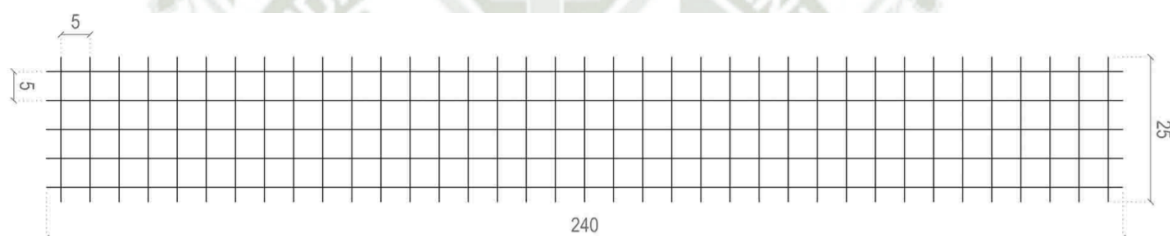
4.2.2.4. Accesorios

4.2.2.4.1. Mallas de unión

Son mallas de alambre corrugado de 4mm de 25 cm x 240cm con una grilla de 5cm x 5cm, son utilizados para unir linealmente los paneles Covintec. También es usada para parchar las mallas de los paneles cortados, en caso de instalaciones eléctricas, sanitarias o gas. Al tener una morfología similar al panel, asegura un material monolítico y evita posibles fisuras ante eventuales sismos. (Covintec Chile, 2014)

Figura 43

Malla de unión



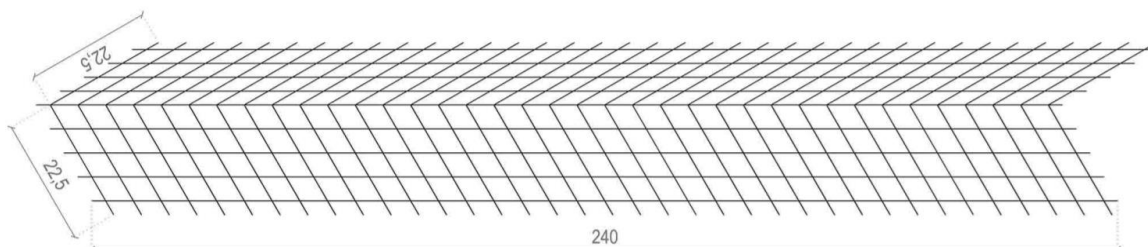
Nota: Roos, (2020).

4.2.2.4.2. Malla esquinera

“Similar a las mallas de unión, pero con un pliegue en todo su largo, se usa para unir encuentros de muros perpendiculares o diagonales” (Covintec Chile, 2014).

Figura 44

Malla esquinera

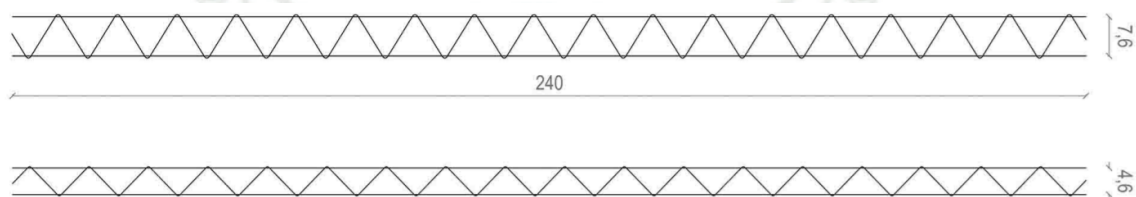


Nota: Roos, (2020).

4.2.2.4.3. Escalerillas

Posee una morfología basada en triángulos y es la base estructural del panel. Estas mallas de refuerzo van incrustadas al interior de los paneles y también pueden servir para agregar estructura adicional a sectores cortados del panel como por ejemplo en vanos de ventanas y puertas. (Covintec Chile, 2014)

Figura 45
Escalerillas



Nota: Roos, (2020).

4.2.2.4.4. Fibra de polipropileno

La fibra de polipropileno es un material en forma de monofilamentos, consistente en fibras continuas y discontinuas de polipropileno, ya que al mezclarse con el concreto evita el micro agrietamiento tridimensional del elemento colado; actuando, así como refuerzo secundario del concreto y mejorando la calidad del mortero. Gracias a lo cual se reducen agrietamientos por contracción plástica en estado fresco y temperatura en estado endurecido. (Covintec Chile, 2014)

4.2.3. Equipos y/o herramientas

Los equipos mínimos para la instalación de los paneles Covintec son los siguientes:

- 1) **La mezcladora:** Usado al igual que en albañilería confinada para el mezclado de concreto.
- 2) **Compresor de aire:** herramienta usada para dar potencia a herramientas neumáticas, será requerido en el proceso de revoque de concreto con la lanza mortero.
- 3) **Bomba lanza mortero para repello de paredes y cielos:** Herramienta usada para la proyección de morteros comunes (preparados en obras) y especiales (morteros premezclados en saco y estucos), la utilización de este equipo permite aumentar el rendimiento considerablemente en comparación con la aplicación manual, minimizando el desperdicio de material y disminuyendo costos propios del proceso de revoque.

Figura 46

Bomba Lanza mortero



Nota: Roos, (2020).

- 4) **Grapadora para unión de paneles y mallas:** Equipo que se utiliza para introducir grapas de grado de construcción en una variedad de materiales, en el caso del sistema Covintec se usa para la unión de paneles y accesorios.

Figura 47
Grapadora manual



Nota: Roos, (2020).

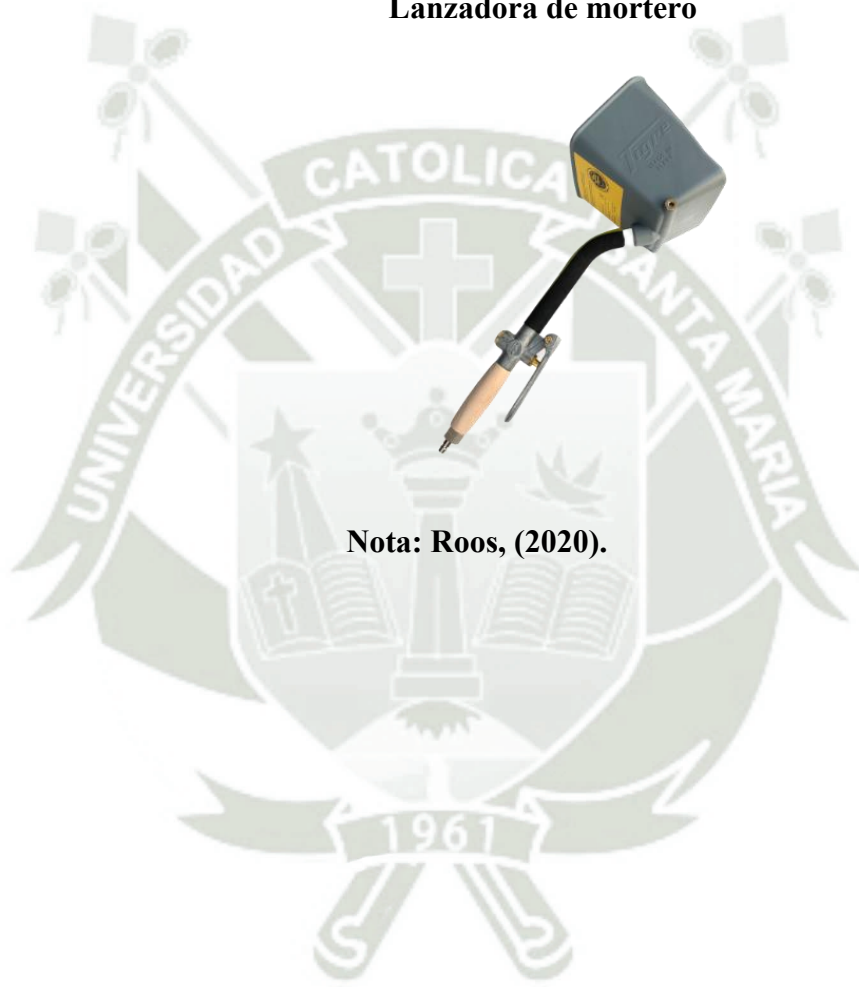
- 5) Soplete para remover poliestireno o soplador de calor:** Es usado para realizar el desgaste del poliestireno expandido al momento de la instalación de tuberías eléctricas, de agua, sanitarias y de gas.

Las herramientas usadas en el proceso constructivo del sistema Covintec, generalmente suelen ser las mismas de la albañilería confinada, con la diferencia de que estas serán usadas mayormente en el proceso de cimentación. Por otro lado, en el proceso de ensamble de paneles se le dará mayor uso a la pinza, cizalla, gancho y grapas que son herramientas indispensables para la unión entre planchas y accesorios.

- **Lanzadora de mortero para muro y plafón:** Herramienta usada para el repellado y revocado de áreas extensas como muro y plafón, tanto en exteriores como en interiores; esta herramienta nos permite obtener un rendimiento de 40 a 50 m² por jornada.

Figura 48

Lanzadora de mortero



Nota: Roos, (2020).

Tabla 24

Herramientas de construcción albañilería confinada

Herramientas de construcción *(Revoque muros y losas)	de	Paleta	Herramientas manuales	Pico
	de	Espátula		Rastrillo
		Llana		Estacas
		Reglas de madera		Piqueta
		Ganchos para reglas		Barreta grande
		Plancha de empastar		Lampa
		Badilejo		Buggy o carretilla
		Frotacho		Pala
		Plancha de batir		Martillo
		Lanzadora de mortero		Serrucho
Herramientas de medición y nivelado	de	Plomada	Herramientas para habilitación de hierro *(Platea de cimentación)	Escoba
	y	Manguera de nivel		Cilindros para agua
		Cordel		Carretilla
		Nivel de mano		Puntales y madrinas
		Escantillón		Pinza, cizalla y gancho
		Pisón		Grapas
		Escuadra		Atortolador
		Tendel		Arco y hoja de sierra
		Reglas		La trampa
		Flexómetro		El tubo de doblado
		Mesa para hierro		

Nota: Panel Covintec S.A. de C.V, (2011).

4.2.4. Proceso constructivo

En este punto intentaremos generar una lista de tareas, en orden cronológico, para poder realizar un proyecto estándar en el sistema Covintec. Esta lista puede variar dependiendo de la complejidad del proyecto, la cual se podrá modificar agregando o sustituyendo tareas. (Covintec Chile, 2014)

Tabla 25

Fases proceso constructivo del Sistema Covintec

TRAZO REPLANTEO	Y	Trazo y alineación con vecinos Replanteo	
CIMENTOS	Excavación de zanjas		Ubicación de agua y desagüe Excavación de zanjas Apisonado Eliminación de material excedente
		Armado de platea de cimentación	Nivelado Armadura de acero Colocación
	Vaciado del concreto en platea		Preparación de la platea Distribución de varillas en forma de U Encofrado
			Preparación de la mezcla de concreto para la cimentación Vaciado del concreto Compactación del concreto Curado del concreto
			Desencofrado de la platea de cimentación
			Contrapiso
MUROS	Preparación de los materiales		Cortado de paneles estructurales
	Construcción del muro		Verificación y rectificación del trazo Amarre de paneles en la guía de anclaje Amarre entre paneles con grapas Refuerzo con escalerillas en vanos Refuerzo con malla esquinera Aplome de muros y nivelación Apuntalamiento Control y verificación
INSTALACIONES	Canalización		Ubicación de instalaciones

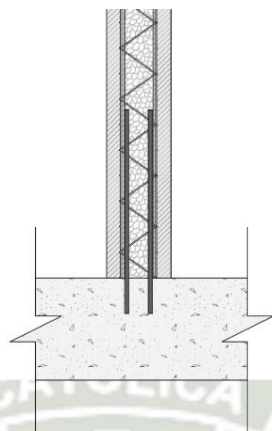
		Rebaje de EPS con soplete o pistola de calor Instalación de tuberías Refuerzo con mallas unión para instalaciones
LOSA	Preparación de los materiales	Cortado de paneles losa Amarre de panel losa y muro con grapas Refuerzo con malla unión entre paneles Refuerzo estructural con varillas de fierro Nivelación Colocación de puntales
ESCALERAS	Trazo de escalera Armado de escalera Covintec (módulos de escalera) Colocación del fierro de escalera Encofrado de escalera Preparación del concreto Vaciado del concreto	
LANZADO DE MORTERO	Preparación de materiales	Mezclado de mortero
	Lanzamiento de mortero	1ra mano (cubrir malla) 2da mano (nivelación y acabado)

4.2.4.1. Anclajes inferiores

Según Manual técnico Covintec Chile, los paneles se anclan a la cimentación mediante fierros estriados de 8mm de diámetro, que deben tener una altura mínima de 40 cm de contacto con el panel, dispuestos a una distancia máxima de 60cm. En el caso que haya una losa existente totalmente fraguada, para lo cual se taladraran y se insertara una varilla con pegamento epóxico deberá estar incrustada a una profundidad de 7.00 cm y deberá sobresalir de la losa 40.00 cm para el anclaje de paneles. (Covintec Chile, 2014)

Figura 49

Guía de ensamble sobre losa existente

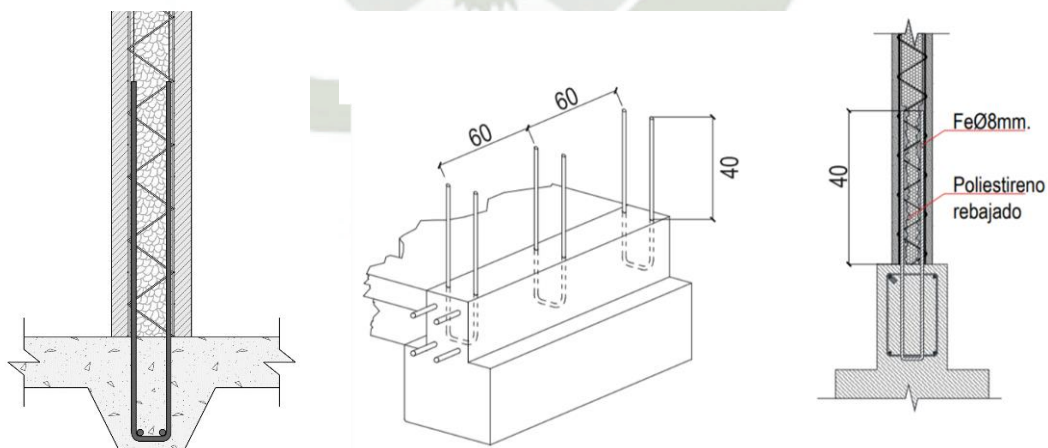


Nota: Covintec Chile, (2014).

En el segundo caso las varillas se colocarán en las vigas de cimentación previo al vaciado de concreto, se distribuirán anclajes de fierro en forma de U a cada 60.00 cm igual que en el caso anterior estas deberán sobresalir 40.00 cm para el posterior anclaje de los paneles.

Figura 50

Guía de ensamble sobre vigas de cimentación



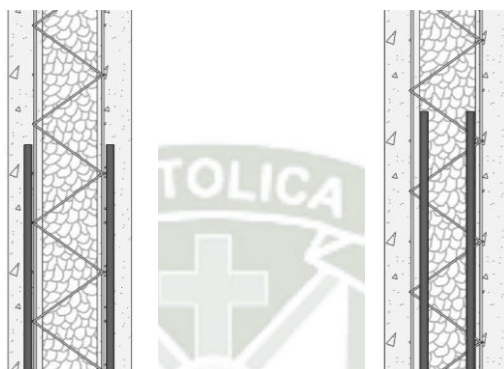
Nota: Covintec Chile, (2014).

Para el anclaje de los paneles existen 2 maneras de hacerlo la primera es de manera interna que va dentro de la malla estructural y la segunda es de manera externa la cual se amarra por el exterior de la malla estructural. El manual

recomienda que los anclajes vayan interiormente para evitar sobre cargas de estuco o revocado de concreto; sin embargo, al instalarlos por fuera su montaje se hace mucho más simple.

Figura 51

Anclaje exterior e interior de paneles



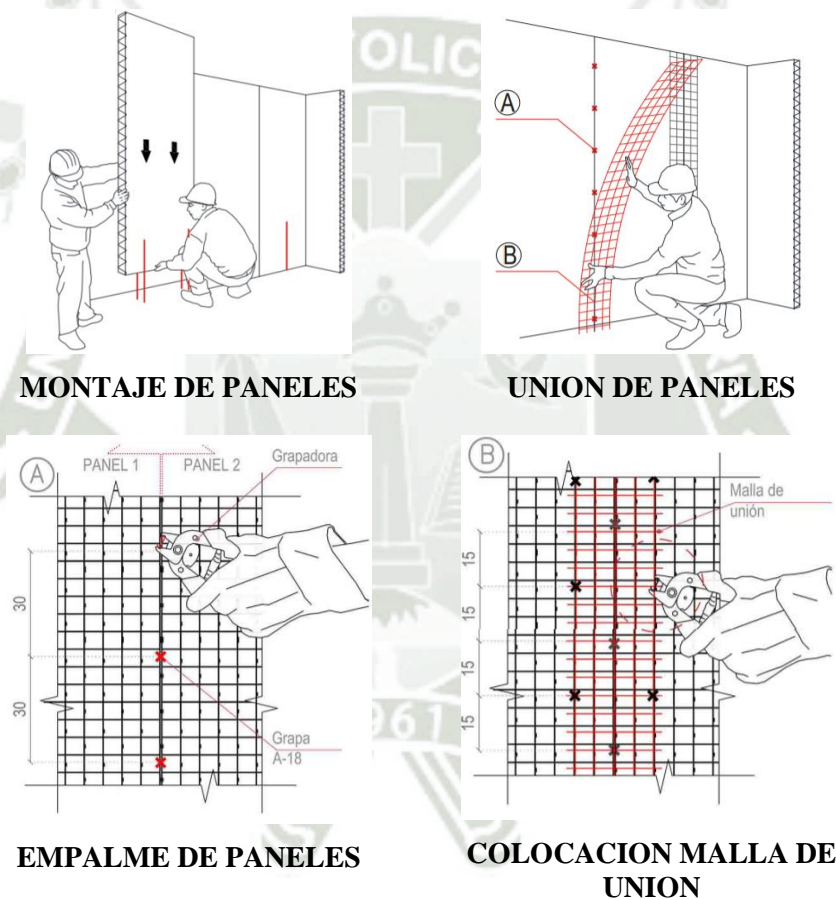
Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.4.2. Montaje y unión de paneles

Al ser instalados los fierros de anclaje, se deben montar los paneles verticalmente hasta topar con el nivel de base, luego se procede a empalmar los paneles mediante las grapas a cada 30 cm, colocar la malla de unión, engrampándola alternadamente cada 15 cm. (Covintec Chile, 2014)

Figura 52

Proceso de montaje y unión de paneles

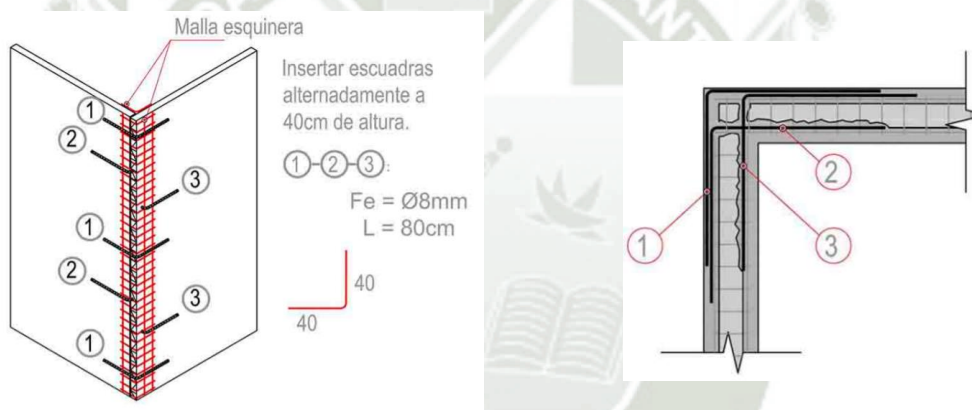


Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.4.3. Encuentro de muros

Para realizar la unión de muros perpendiculares, se debe usar la malla esquinera. Esta debe ir engrapada de igual manera que la malla de unión y colocadas por ambos lados del encuentro, la malla esquinera asegura una correcta unión entre paneles, pero no mantiene el ángulo de empalme, esto se dará a través escuadras de fierro de 8mm de diámetro de 40cm por lado que deben ponerse alternadamente por dentro y por fuera, estos deben ir a 40 cm de distancia entre escuadra y escuadra. (Covintec Chile, 2014)

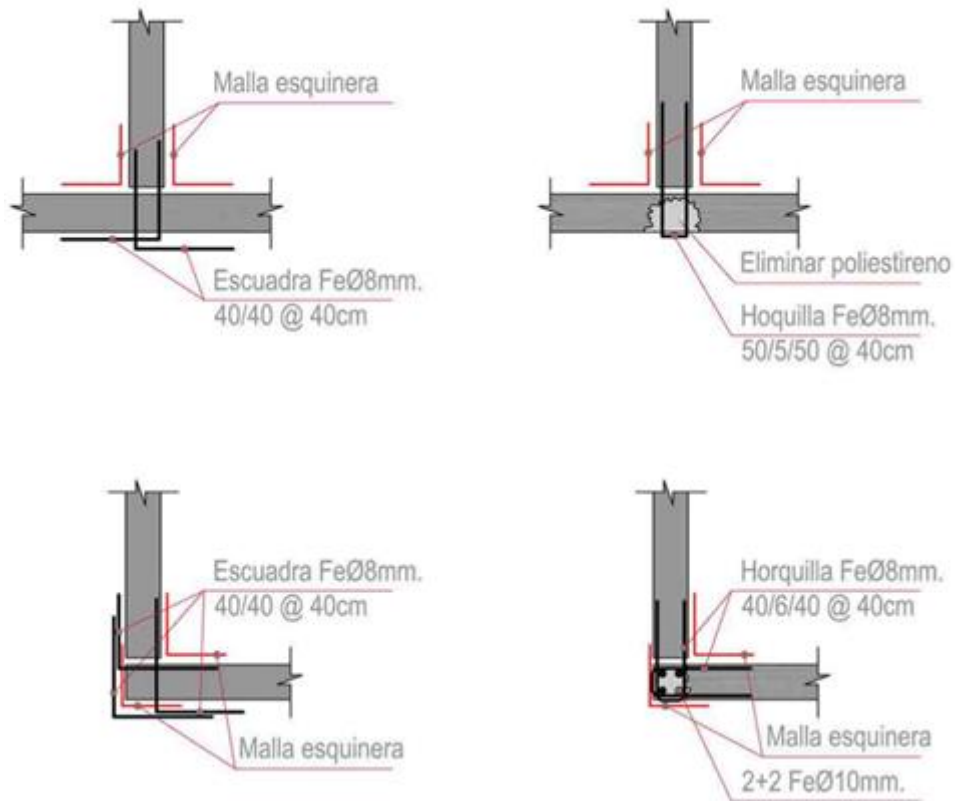
Figura 53
Encuentro de esquinas



Nota: Covintec Chile, (2014).

Figura 54

Unión de esquinas y muros perpendiculares

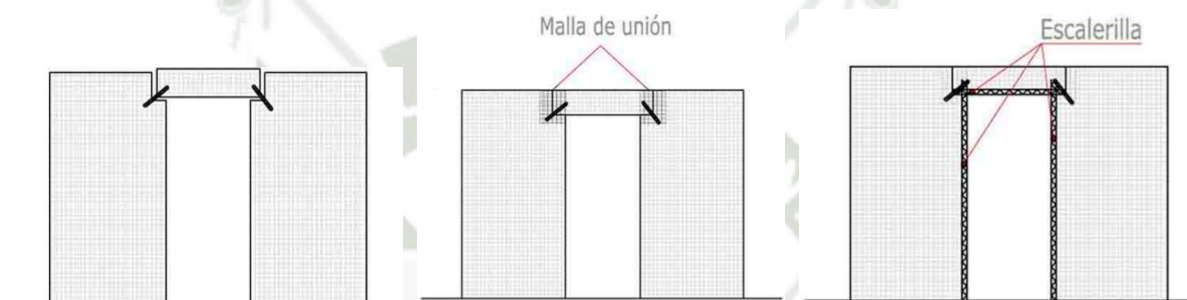


Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.4.4. Refuerzo de vanos

“Para la instalación de puertas y ventanas, se debe dejar un hombro de 10cm de apoyo del dintel hacia los paneles laterales al vano, haciendo que las cargas se distribuyan regularmente y así evitar fallas estructurales” (Covintec Chile, 2014).

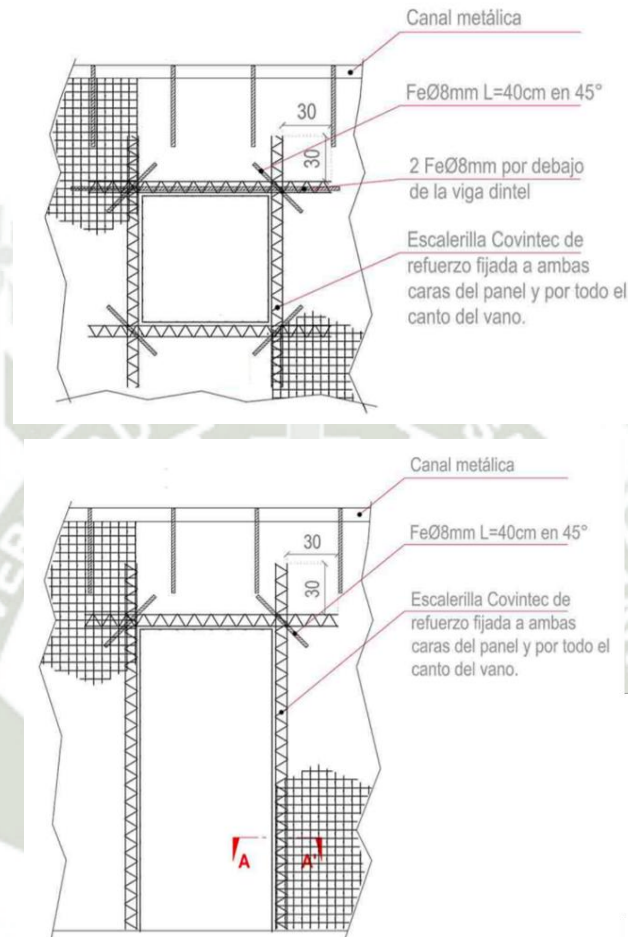
Figura 55
Colocación de dintel



Nota: Covintec Chile, (2014).

Se deben reforzar con escalerillas todos los contornos de los rasgos de puertas y ventanas, por el canto cortado y por los costados. Las escalerillas deben extenderse 30cm en sentido horizontal y vertical. En los bordes cortados se deben rebajar mínimo 5cm el EPS para luego rellenar estos espacios con mortero con el fin de lograr una masa solida que recibirá los tarugos de los marcos de la puerta. (Covintec Chile, 2014)

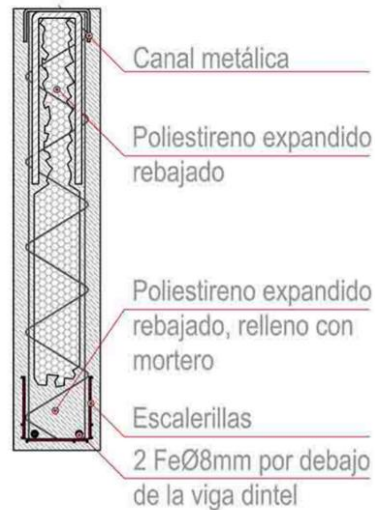
Figura 56
Refuerzo de puertas y ventanas



Nota: Covintec Chile, (2014).

Para rasgos mayores a 1,00m de largo se debe reforzar con 2 barras de fierro adicionales colocados en el borde inferior del dintel.

Figura 57
Refuerzo de dintel



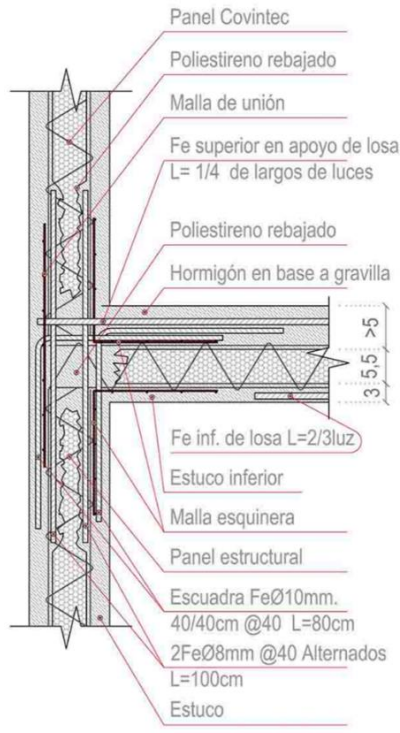
Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.4.5. Instalación de losas

Para la instalación de losas del sistema Covintec se deberán colocar los paneles de losa engrampándolos con mallas esquineras y mallas de unión, según sea la ubicación de los paneles, para el refuerzo de unión entre los paneles de muro y paneles de losa se deberán colocar fierros escuadra de 10 mm de diámetro de 40 cm de lado cada 40 cm. Por otro lado, se deberán dejar fierros de 8mm de diámetro de 1m de longitud cada 40cm alternados para realizar la instalación de muros superiores. (Covintec Chile, 2014)

Figura 58

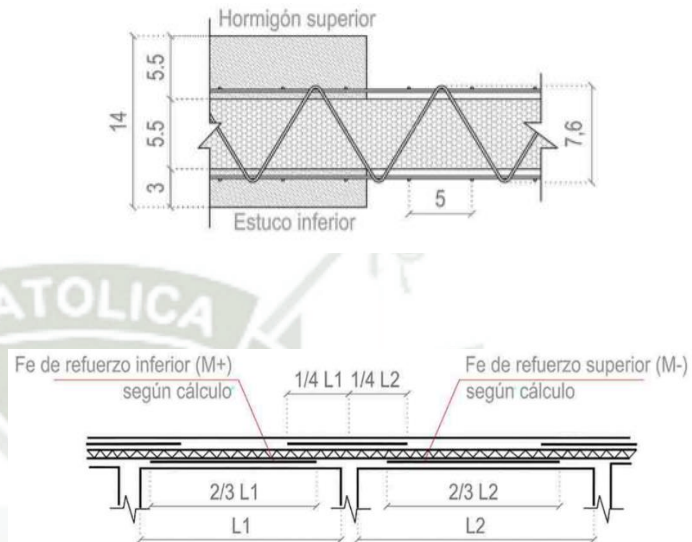
**Corte de unión de losa con
muros Covintec perimetrales**



Nota: Covintec Chile, (2014).

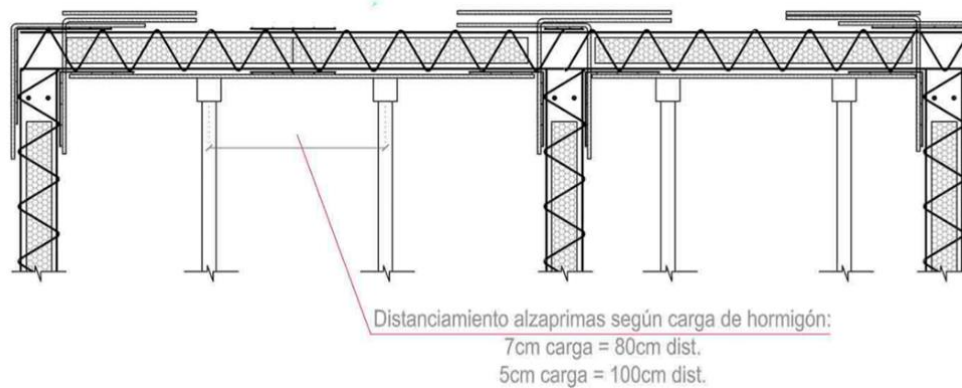
Figura 59

**Detalle de losa y corte de refuerzo de acero en
losa**



Nota: Covintec Chile, (2014).

Se deberá apuntalar los paneles de losa cada 1 m, si la losa es de 5cm y cada 0.8m si la sobre losa es de 7cm, luego se instalarán las mallas de unión superior mediante grapas y agregar los fierros de anclaje tanto superior como inferior. Se procederá a estucar la primera capa de mortero en la cara inferior de la losa dejando que fragüe 24 hrs antes de la colocación del hormigón superior, posteriormente se deberá remover poliestireno perimetral sobre los apoyos, y vaciar el hormigón con gravilla sobre la cara superior de los paneles. (Covintec Chile, 2014)

Figura 60**Detalle de apuntalamiento de losas**

Nota: Covintec Chile, (2014).

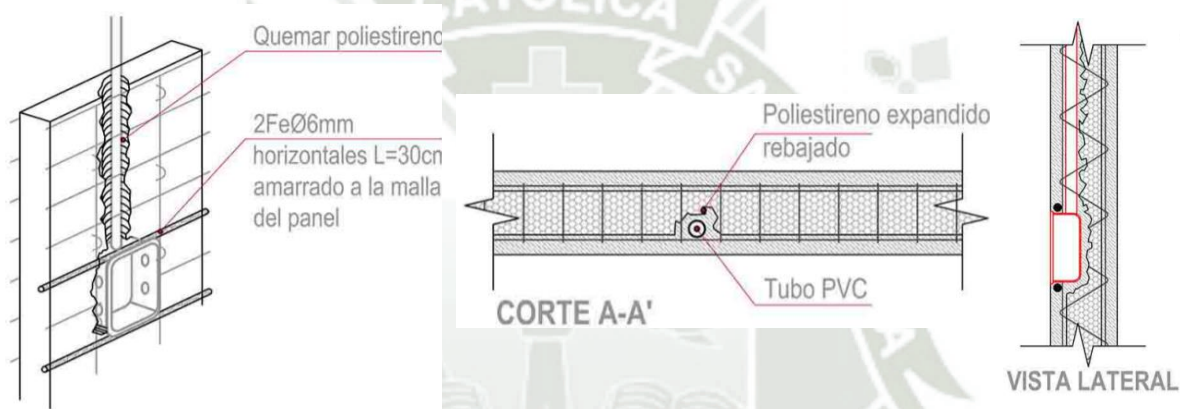
El encuentro de losas se realiza de manera similar al encuentro de muros, con escuadras y mallas esquineras, así como los fierros de refuerzo según calculo, los puntales podrán retirarse 4 días luego del vaciado si son puntales medios y en 10 días el resto de los puntales, para completar el revocado inferior de la losa se deberá aplicar una segunda carga completando las franjas libres dejadas por el primer apuntalamiento, posteriormente se realiza el remate final del estuco de cielo en losa.

4.2.4.6. Instalaciones eléctricas y sanitarias

Para la colocación de las tuberías para instalaciones se debe rebajar el EPS mediante un soplete o pistola de calor y luego pasar estas tuberías por el interior de la malla, cada vez que se deba romper la malla del panel para la instalación de las tuberías, esta se deberá reconstituir con un trozo de malla que asegure la continuidad de esta. (Covintec Chile, 2014)

Figura 61

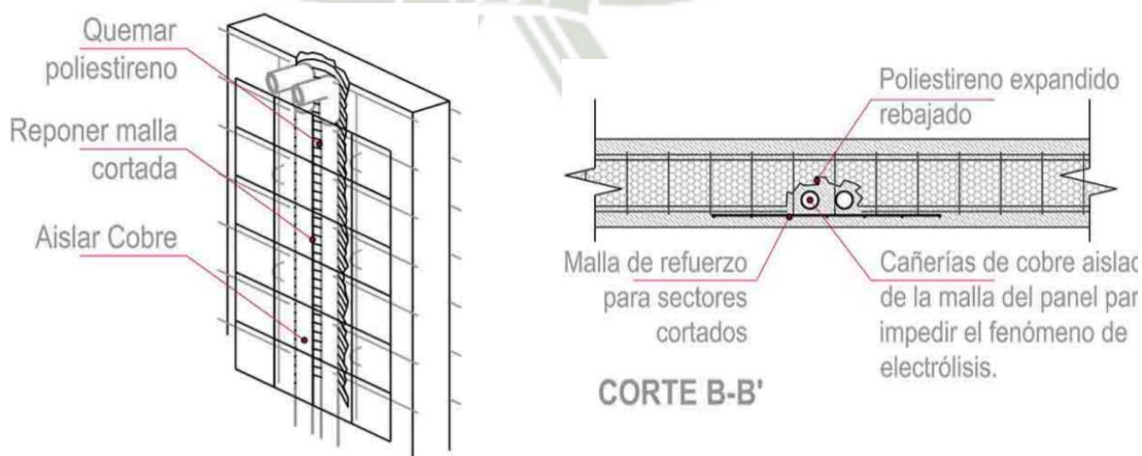
Instalaciones Eléctricas



Nota: Covintec Chile, (2014).

Figura 62

Instalaciones Sanitaria, agua y gas

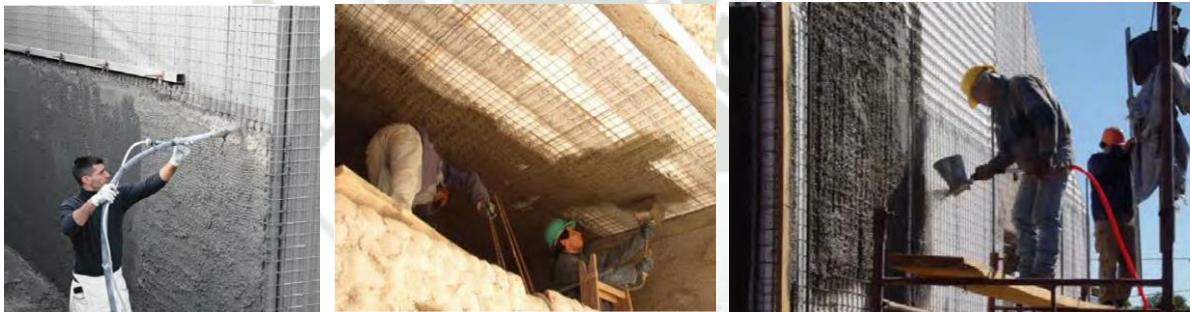


Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.4.7. Revocado de concreto

El estuco se puede dar mediante chicoteo manual o lanzadora de mortero, con un espesor de 2,5cm por cada cara del panel. La primera carga debe ser aproximadamente 1cm hasta dejar cubierta la malla del panel, la segunda carga es aproximadamente de 1cm y debe hacerse 24 hrs después de colocada la primera carga. La última carga es de 0,5cm como terminación o finado incluso se pueden considerar solo 2 cargas en un caso de no necesitar un afinado de terminación. (Covintec Chile, 2014)

Figura 63: Revoque de mortero



Nota: Garcia & Molinelli, (2012).

La fibra de polipropileno puede ser utilizada en la primera y segunda carga, por un asunto de acabado, no es recomendable incorporar la fibra en la última carga. Nunca se deben cargar los 2,5cm de una sola vez y es conveniente trabajar simultáneamente por ambas caras. Es importante respetar el estuco mínimo de cada cara del panel para un desempeño estructural óptimo. (Covintec Chile, 2014)

Figura 64
Proceso de revocado por cargas



Nota: Roos, (2020).

Las cargas entre las distintas caras del panel se deben realizar alternadamente y dejando tiempo suficiente para que el estuco adquiera la resistencia y no se desprenda con la vibración producida en la carga de la cara opuesta, es necesario tener en cuenta realizar un riguroso curado durante todas las etapas del revoque, se debe mantener húmedos los muros, para lo que se debe mojar 3 veces al día por lo menos durante los primeros 8 días después de aplicado el estuco final. (Covintec Chile, 2014)

Tabla 26
Grosor de revoque por paneles

Panel estructural	2,5 cm – 3,7cm
Panel Máster	2,5 cm – 3,7cm
Panel Light	1,8cm – 3,7cm

Nota: Covintec Chile, (2014).

4.2.5. Consideraciones de almacenamiento en obra:

Los paneles Covintec deben llegar a obra con una identificación aplicada en fábrica donde se indica la altura de los paneles, dentro de la obra debe predisponerse un área, de preferencia cubierta, para el depósito de los paneles que provienen de la fábrica. Los paneles deberán apoyarse sobre una superficie plana que garantice un correcto almacenaje evitando deformación en los paneles. Se recomienda que estos materiales sean almacenados en lugares cubiertos, libres de humedad. Es conveniente la elaboración de un plan, que permita la ubicación e identificación rápida de los distintos tipos de paneles a utilizar en la obra. Es necesario que los paneles no se expongan al sol por tiempos prolongados para que no presenten alteraciones en el aspecto superficial del poliestireno. También es importante no colocar los paneles en contacto directo con el terreno para evitar que se ensucien o contaminen ya que podrían presentarse problemas con la adherencia del mortero, de presentar suciedad en los paneles, se recomienda lavar los paneles antes de aplicar el mortero. (Maltez, Julio, 2014)

Figura 65
Almacenamiento en obra paneles Covintec



Nota: Roos, (2020).

Los materiales implicados en la construcción con paneles Covintec, si bien son de fácil manejo, necesitan de un gran espacio de acopio. Además, en ciertas etapas se debe contar con herramientas especializadas como revocadoras y bombas que son costosas, por lo que es bueno contar con un espacio seco y bajo llave. Al momento de almacenar los paneles, estos deben ser agrupados de acuerdo al tipo de panel, siempre teniendo en cuenta la cercanía del lugar de almacenamiento con respecto al lugar donde serán instalados. Se debe tener en cuenta que es necesario atar los paneles para garantizar que el viento no los mueva accidentalmente. (García & Molinelli, 2012)

4.3. FACTIBILIDAD DE MATERIALES ALBAÑILERÍA CONFINADA – SISTEMA COVINTEC

La factibilidad de los materiales de cada sistema constructivo es muy importante ya que de este punto depende la disponibilidad de los materiales para la realización de cualquier proyecto haciendo posible su edificación. En esta parte se hace un recuento de todos los materiales requeridos por cada sistema; ya que algunos materiales se repiten en ambos sistemas los desarrollaremos uno por uno sin realizar distinciones para no caer en redundancia, especificaremos en el siguiente cuadro los correspondientes materiales de cada sistema:

Tabla 27
Comparación materiales de Albañilería confinada y Sistema estructural Covintec.

Materiales	Albañilería confinada		Covintec	
Concreto	Cimentación, columnas, vigas, losa y escaleras		Cimentaciones y losas	
	Cemento	Premezclado Aditivos	Cemento	Premezclado Aditivos
	Agregados	Piedra de zanja Piedra de cajón Piedra chancada Arena Gruesa Arena fina Hormigón	Agregados	Piedra de zanja Piedra de cajón Piedra chancada Arena Gruesa Arena fina Hormigón
Mortero	Cemento	Premezclado Aditivos	Cemento	Premezclado Fibra de polipropileno
	Agregados	Arena gruesa Arena fina	Agregados	Arena gruesa Arena fina
Unidades de albañilería	Ladrillo para muros portantes-King Kong Ladrillo para tabiques- pandereta Ladrillo para techos		/	
Paneles industriales	/		Panel estructural 1100-76 Panel máster 800-76 Panel light 600-46	
Acero	Barras lisas Barras corrugadas		Mallas electrosoldadas Barras lisas (Platea de Cimentación) Barras corrugadas (Platea de Cimentación)	
Madera	Madera aserrada Triplay (usados en puntales, mdrinas y encofrados)		*Madera aserrada (usadas en puntales, mdrinas)	

Para los encofrados se puede usar madera como encofrados metálicos, radicando las ventajas de este en la facilidad y rapidez tanto del encofrado como del desencofrado, siendo operaciones como el aplomado de las piezas rápidas y sencillas; por otro lado, una de las ventajas son los acabados lisos y caras limpias del concreto y el número de veces que pueden ser reutilizados. Una de las mayores desventajas del encofrado metálico es que tiene un elevado costo a diferencia del encofrado de madera y que generalmente al ser pesado requiere de equipos de elevación para encofrados de grandes estructuras.

4.3.1. Paneles Covintec

La empresa “GRUPO CONSTRUCTORA JM & LV DEL SUR S.A.C.” ubicada en la ciudad de Tacna, esta empresa es la encargada de la comercialización de los paneles Covintec los cuales provienen de Chile país en donde el sistema tuvo gran cabida por la resistencia frente a los sismos. Al ubicarse la empresa en la ciudad de Tacna y el proyecto a realizar esta ubicado en Arequipa, se debe tener en cuenta el costo de transporte de los paneles. Por otro lado, gracias al bajo peso de los paneles, es posible disminuir la cantidad de traslados con carga de materiales y por ende los costos de una construcción. El formato y bajo peso de los paneles Covintec se traduce en que más de 130 m² de muro pueden ser cargados en una camioneta tradicional, en el caso de camiones de 10 toneladas caben 540 m² de muro; significando una gran ventaja con otros tipos de materiales como el de albañilería ya que en el mismo vehículo permite el transporte de unidades de albañilería equivalentes a 64 m² de muro. (Covintec Chile, 2014)

La comercialización de los paneles se realiza por unidades según la cubicación de cada proyecto a realizar y los productos que ofrece la empresa son:

- Panel estructural 1100-76
- Panel máster 800-76
- Panel light 600-46
- Grapas y grapadoras
- Escalerillas
- Mallas esquineras y de unión

Figura 66
Transporte de paneles Covintec



Nota: Covintec Chile, (2014).

4.3.2. Cemento

“Es un material que, combinado con la arena, la piedra y el agua forma una mezcla capaz de endurecerse hasta adquirir la consistencia de una piedra, se comercializa en bolsas de un pie cubico que pesan 42.5 kg” (Covintec Chile, 2014).

Tabla 28
Tipos de cemento

Tipo de cemento	Descripción
Cemento Tipo I	De uso común y corriente en construcciones de concreto y trabajos de albañilería donde no se requieren propiedades especiales.
Cemento Pozolánico IP	Cemento al que se ha añadido puzolana hasta en un 15%. La ventaja de reemplazar parte del cemento por este material es que permite retener agua, por lo que se obtiene una mayor capacidad de adherencia.
Cemento Tipo II	De moderada resistencia al ataque de los sulfatos, se recomienda usar en ambientes agresivos. Los sulfatos son sustancias que aparecen en las aguas subterráneas o en los suelos, que cuando entran en contacto con el concreto, lo deterioran.
Cemento Tipo III y IV	Los cementos tipo III y IV no son fabricados en nuestro país.
Cemento Tipo V	De muy alta resistencia al ataque de sales, recomendable cuando el elemento de concreto esté en contacto con agua o ambientes salinos.

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Según Carpio & Quintanilla, en la encuesta que realizaron a obras de edificaciones en construcción entre los meses de julio y setiembre del 2019 en la ciudad de Arequipa las marcas de cemento con más incidencia de uso son cemento Yura IP, Cemento Mishky IP, Cemento Wari I, Cemento Frontera. (Carpio & Quintanilla, 2021)

4.3.2.1. Cemento Yura IP

El cemento más representativo en la ciudad de Arequipa es el Cemento Multipropósito de Alta Durabilidad Yura IP de la empresa YURA S.A., la cual es la empresa líder en Arequipa por poseer su planta de producción en la misma ciudad. (Yura S.A, 2021)

Tabla 29

Especificaciones Cementos Yura

Normas Técnicas	NTP 334.009. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. NTP 334.090. CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados.
Requisitos	ASTM C-150. Standard Specification for Portland Cement. ASTM C-595. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
Características	Peso Específico (g/cm ³): 2.77 a 2.85. Resistencia a la Compresión 07 días (kg/cm ²): 225 a 260. Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm ²): 306 a 350.
Presentaciones	Bolsas 25 kg, bolsas 42.5 kg, big bag 1.0 TM, big bag 1.5 TM y granel

Nota: Yura S.A, (2021).

4.3.2.2. Cemento FRONTERA

El cemento Frontera Tipo IP es un es una línea cemento producido por la empresa YURA S.A. formando parte de su lista de productos, este es un cemento eco amigable ya que en su producción se reducen las emisiones de CO₂. (Yura S.A, 2021)

Tabla 30
Especificaciones Cementos Frontera

Normas Técnicas	NTP 334.009. CEMENTOS. Cementos Portland.
Requisitos	ASTM C-595. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.
Características	Peso Específico (g/cm ³):2.75 a 2.85. Resistencia a la Compresión 07 días (kg/cm ²): 225 a 255. Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm ²): 206 a 340.
Presentaciones	Bolsa de 42.5 kg, Big Bag 1.0 TM y Big bag de 1.5 TM

Nota: Yura S.A, (2021).

4.3.2.3. Cemento Mishky IP

El cemento portland Puzolánico Mishky Tipo IP es un cemento producido por la empresa Rocatech S.A.C., un cemento totalmente arequipeño ya su planta de producción se encuentra en la Variante de Uchumayo, Tiabaya, Arequipa. Este cemento entró al mercado en el año 2009, y desde entonces viene utilizando en algunas obras de envergadura en Arequipa. (Rocatech S.A.C, 2021)

Tabla 31
Especificaciones Cementos Mishky

Normas Técnicas	NTP 334.090. CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados.
Requisitos	ASTM C-595. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.
Características	Peso Específico (g/cm ³): 2.85. Resistencia a la Compresión 07 días (kg/cm ²): 230. Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm ²): 350.
Presentaciones	Bolsa de 42.5 kg

Nota: Rocatech S.A.C, (2021).

4.3.2.4. Cemento WARI I

El cemento portland de uso general Wari Tipo I es un cemento que entró al mercado arequipeño en el año 2017, teniendo su planta de empaque en Matarani, Islay, Arequipa debido a que este cemento es importado de Vietnam; actualmente está presente en algunas ferreterías a lo largo de la ciudad de Arequipa e instaurándose en el sur del país, este cemento se comercializa en bolsas de 42.5 kg. (Cemento Wari, 2021)

Tabla 32
Especificaciones Cementos Wari

Normas Técnicas	NTP 334.009. CEMENTOS. Cementos Portland.
Requisitos	ASTM C-150. Standard Specification for Portland Cement
Características	Peso Específico (g/cm ³): 3.14. Resistencia a la Compresión 07 días (kg/cm ²): 336. Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm ²): 460.
Presentaciones	Bolsa de 42.5 kg

Nota: Cemento Wari, (2021).

4.3.3. Agregados

Según la norma E0.60 los agregados para concreto deben cumplir NTP correspondientes, la granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. Se comercializan por m³ y deben estar limpias de polvo, de barro, de raíces, de excrementos de animales, etc. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Tabla 33
Tipos de Agregados

Agregado	Descripción
Piedra de zanja	Utilizada en la mezcla de concreto para los cimientos. Puede ser piedra de río redondeada o piedra partida o angulosa de cantera y puede medir hasta 25 cm de diámetro, no deben quebrarse fácilmente al golpear una piedra contra otra.
Piedra de cajón	Se utiliza en la mezcla del concreto que se usa para los sobrecimientos, pueden ser piedras con las mismas características de la piedra de zanja con la diferencia del diámetro que es de 10 cm.
Piedra chancada	Se utiliza en la preparación del concreto. Se vende en tamaños máximos de 1", 3/4" y 1/2" y su elección depende del lugar de la estructura donde se le empleará.
Arena gruesa	Sus partículas tienen un tamaño máximo de 5mm. y se utiliza en la preparación de la mezcla para asentar los ladrillos y en la preparación del concreto.
Arena fina	Sus partículas deben tener un tamaño máximo de 1mm. Se utiliza en la preparación de mezcla para el tarrajeo de muros, para cielos rasos y para mortero de asentado de ladrillo caravista.
Hormigón	Está compuesto arena gruesa y piedra en proporciones similares. Su costo es más económico que comprar ambos materiales por separado, pero sólo debe usarse para preparar concretos de baja resistencia, como en cimientos, sobrecimientos y falso piso

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

“Así mismo en las encuestas realizadas por Carpio & Quintanilla, indican que las principales canteras con mayor incidencia de uso en agregado grueso y fino de la ciudad de Arequipa” (Carpio & Quintanilla, 2021).

Se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 34

Listado de Canteras de mayor incidencia en la ciudad de Arequipa

Canteras de Agregado grueso y fino

Cantera de Chiguata

Cantera de Huayco

Cantera “Elena de Troya III”

Cantera de Alto Misti

Cantera “La Roca”

Cantera “La Poderosa”

Cantera “Pampa Estrella”

Cantera de Cono Norte

Cantera de Jerusalén

Cantera de Villa Ecológica

Nota: Carpio & Quintanilla, (2021).**4.3.4. Fibra de Polipropileno:**

A nivel nacional hay poco uso de esta tecnología, ya que se tiene poco conocimiento del producto, su forma de aplicación y los beneficios, tales como mejorar el comportamiento a flexión y controlar la fisuración del concreto. El uso de fibras tanto de acero como de polipropileno están siendo utilizados en pavimentos industriales, hormigones de alta resistencia, suelos industriales, carreteras, morteros especiales y elementos prefabricados de diversos países del mundo. En la siguiente tabla se muestran las empresas más conocidas en el mercado peruano que comercializan fibras de acero y fibras de polipropileno como refuerzo de concreto. (Vargas & Yataco, 2020)

Tabla 35
Marcas de fibras a nivel nacional

Empresa	Tipo de fibra	Marca de fibra
Sika Perú S.A.	Acero	SikaFiber CHO 80/60 NB
	Acero	SikaFiber CHO 65/35 NB
	Acero	SikaFiber LHO 45/35 NB
	Macrofibras de Polipropileno	SikaFiber Force-60
	Macrofibras de Polipropileno	SikaFiber Force PP-48
	Macrofibras de Polipropileno	SikaFiber PE
	Macrofibras de Polipropileno	SikaFiber Force PP-65
Maccaferri de Perú S.A.C.	Acero	Wirand FF1
	Acero	Wirand FF3
	Acero	Wirand FS3N
	Macrofibras de Polipropileno	FibroMac
Prodac - Bekaert	Acero	Dramix 3D 80/60 BG
	Acero	Dramix 4D 55/60 BG
	Acero	Dramix RC 65/35 - BN
Z Aditivos S.A.	Acero	Fibra Metálica Z 80/60
	Macrofibras de Polipropileno	Fibra Z de Polipropileno
Chema	Microfibras de Polipropileno	Chema Fibra Ultrafina

Nota: Vargas & Yataco, (2020).

4.3.5. Agua

“El agua debe ser agua potable. La cantidad de agua a utilizarse en las mezclas de concreto es muy importante. Cuando la mezcla no es manejable y se incrementa la cantidad de agua, se pierden propiedades importantes del concreto” (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010).

4.3.6. Refuerzo de acero:

Las barras son de acero corrugado, rectas, de sección circular con relieves que permiten la adherencia con el concreto. Estos se usan en forma combinada con el concreto ya que el acero resiste los esfuerzos de tracción y el concreto los de compresión. (Abanto, 2018)

Figura 67

Varilla de acero usado en construcción.



Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

Según la norma E.070 de albañilería indica que solo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. El acero de construcción se comercializa en varillas que miden 9m de longitud, en grosores de 6mm, 3/8”, 1/2” y 5/8”; también se fabrican en diámetros de 8mm,12mm, 3/4”,1” y 1 3/8”. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Tabla 36

Presentaciones de varillas de acero según diámetro

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

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

En el Perú, las empresas SIDERPERU Y ACEROS AREQUIPA S.A. son las empresas que producen las barras de construcción de grado 60 con un punto de fluencia de 4200 kg/cm². El acero debe cumplir con las siguientes normas ASTM

A615 grado 60, la norma técnica peruana NTP 341.031 grado 60 y el Reglamento nacional de Edificaciones del Perú. (Corporación Aceros Arequipa S.A, 2010)

Tabla 37
Propiedades mecánicas del fierro corrugado ASTM
A615-Grado 60

Límite de Fluencia (fy)	4,280 kg/cm ²
Resistencia a la Tracción (R)	6,320 kg/cm ²
Relación R/fy	> 1.25

Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

4.3.7. Unidades de albañilería

Las unidades de albañilería se comercializan por millares, la industria ladrillera en el Perú según el informe económico de la construcción se menciona que el mercado de ladrillos cerámicos está cubierto en un 50%, solo por 2 ladrilleras. Ladrillos LARK y ladrillos pirámide que cuentan con un 25% y a nivel de provincia destaca Ladrillos diamante con una participación del 18%. (Cámara Peruana de la Construcción, 2016)

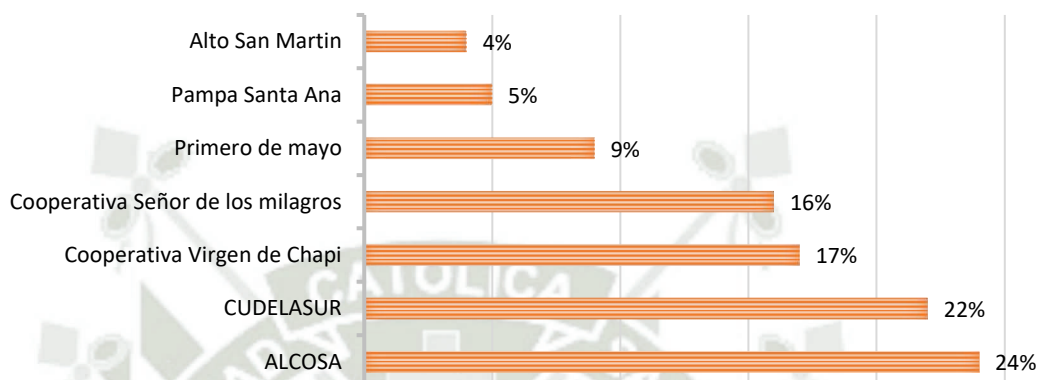
“En el mercado Arequipeño, además de Ladrillera el Diamante, también se identificaron a Ladrilleras Unidas S.A., Ladrillera Choque, Ladrillera Tauro, AQP Ladrillos del sur y Ladrillera Víctor SRL” (Del Carpio, 2016).

No obstante, estas empresas se enfrentan a una alta informalidad ya que la industria ladrillera es bastante informal suministrada por la industria ladrillera artesanal de la ciudad, estas están distribuidas principalmente en los distritos de Mollebaya, Socabaya, Characato, Yarabamba y Paucarpata. (Programa Regional Aire Limpio, 2009)

Existen 208 empresas inscritas en la Dirección Regional de Industrias, de los cuales el 97% se encuentran asociados en 7 gremios ladrilleros existentes:

Gráfico 1

Nivel de asociación de productores Artesanales de Ladrillos - Arequipa



Nota: Programa Regional Aire Limpio, (2009).

4.3.8. Madera

Según el estudio del mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción, CITE madera. Las empresas afirman que la madera más utilizada en el sector de la construcción es el tornillo como material usado durante el proceso de construcción (encofrados) mientras que la caoba o el cedro son usados como parte de los acabados de obra, puertas, marcos de ventana y zócalos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

4.3.8.1. Encofrado

Es una estructura temporal que moldea al concreto, soporta su propio peso más la del concreto fresco recién colocado y las cargas vivas de la construcción incluyendo el peso de los materiales, equipos y personal. Los objetivos básicos del encofrado es la calidad en términos de resistencia, rigidez, posición y dimensiones del concreto y proporcionar seguridad tanto para los trabajadores como para la estructura del concreto. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Para la elaboración de esta investigación se enfatiza el uso de la madera para encofrados, ya que esta partida, dependiendo del tipo de obra tiene un peso ponderado muy variable dentro del presupuesto de obra. Siendo la madera y

subproductos de la madera el material predominante utilizado en encofrados para la edificación de viviendas unifamiliares en el Perú. (Jimenez y otros, 2016)

Tabla 38
Relacion de maderas para la producción de encofrados.

Nombre común	Procedencia
Cachimbo	Huánuco, Loreto, Madre De Dios
Casho	Tingo María
Congona	Ucayali, Loreto, Amazonas, Cusco, Huánuco, Junín, Madre De Dios, Pasco Y San Martin
Copaiba	Loreto Y Ucayali
Cumala	Loreto, Ucayali Y San Martin
Diablo Fuerte	Ceja De Selva
Lupuna	Loreto (Yurimaguas), Ucayali (Pucallpa Y Contamana), Huánuco (Tingo María) Y San Martin (Tarapoto).
Machin	Loreto, Ucayali Y San Martin
Moena	Iquitos, Pucallpa Y Huánuco
Requia	Loreto, San Martin Y Ucayali
Shiringa	Loreto, Ucayali, Huánuco
Tamamuri	Loreto, Ucayali Y Huánuco
Tornillo	Iquitos, Huánuco Y Cusco
Ubos	Loreto, Madre De Dios, San Martin, Ucayali. Huánuco, Junín, Pasco, Cusco Y Apurímac
Ucshaquiro Blanco	Loreto, Madre De Dios, San Martín Y Ucayali
Vilco Colorado	Huánuco
Yachama	Amazonas, Huánuco, Pasco, Junín, Loreto, Madre De Dios Y San Martin
Yacushapana	Amazonas, Cusco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre De Dios, Pasco, Ucayali

Nota: Jimenez y otros, (2016).

El uso de encofrados con madera aserrada se usan tablas de espesores de 1” a 4” con anchos de 4”,6”,8”,10” y 12” y puntales en secciones de 2”x3”,3”x3”,3”x4” y 6”x4” con largos variables en todos los casos. Mientras que los tableros contrachapados denominados comúnmente triplay, las medidas disponibles de las planchas son de 4’ y 8’ y de espesores de 4,6,9,12,15 y 18mm

y son utilizados en encofrados, especialmente en concretos expuestos (caravista). En la tabla 39 se enumeran los triplay más comunes que podemos encontrar en el mercado peruano para el uso en encofrados, entre los que destacan el uso de chapas de Copaiba y Lupuna. (Jimenez y otros, 2016)

Tabla 39
Tipos de triplay comercializados en el Perú.

Tipos de Triplay
Triplay de Lupuna
Triplay de Copaiba
Triplay fenólico de Copaiba
Triplay de copaiba con pegamento MR
Triplay fenólico FILM

Nota: Jimenez y otros, (2016).

4.4. MANO DE OBRA

El régimen de construcción civil establece 3 categorías: Operarios, oficiales y peones.

- a) **Operarios:** Es un técnico calificado con especialidad en la ejecución de trabajos a partir de la lectura de planos. Estos son albañiles, carpinteros, fierros, pintores, electricistas, gasfiteros, plomeros, almaceneros, chóferes, mecánicos, operadores de mezcladoras de winchas y demás trabajadores calificados.
- b) **Oficiales:** son trabajadores que realizan las mismas actividades que los operarios, pero en calidad de ayudantes o auxiliares. Son aquellos que no han alcanzado calificación en el tramo de una especialidad.
- c) **Peones:** Son trabajadores no calificados y estos se ocupan indistintamente en labores diversas de apoyo. (Jimenez y otros, 2016)

Para efectos de los trabajadores que realizan labor de dirección y control de actividades de construcción civil como el capataz o maestro de obra, no se encuentra contemplada como una actividad perteneciente al régimen de construcción civil, de esta forma tanto el capataz como el maestro de obra se encuentran dentro del régimen laboral general de la actividad privada. (Camara peruana de la construcción, 2009)

4.5. Albañilería confinada

En cuanto a las cuadrillas a conformar en albañilería confinada, según la norma E.070 de albañilería confinada especifica que la mano de obra deberá ser calificada con el fin de asegurar la calidad final de la edificación, en obra tanto los grupos de trabajo como la cantidad de sus integrantes dependerá de la magnitud del proyecto a ejecutar. Es posible que una misma persona pertenezca a diferentes cuadrillas, según el grado de especialidad. De la misma manera, internamente, cada grupo, entre sus integrantes, pueden delegar funciones encaminadas a la realización de su tarea específica. Haciendo un pequeño análisis del rendimiento en levantamiento de muros en albañilería confinada, según la Camara peruana de la construcción, el rendimiento promedio de una cuadrilla (0.1 capataz, 1 operario y ½ peón) es de 8,00 m² /día. (Camara peruana de la construcción, 2009)

Tabla 40

Cuadrillas tipo para levantamiento de muro de albañilería

Actividades	Cuadrilla
Trazado y replanteo	0.8 capataz + 1 operario + 1 peón
Asentado de Muro de ladrillo KK	1 capataz + 1 operario + 1 peón
Tarrajeo	1 capataz + 1 operario + 1 peón

Nota: Camara peruana de la construcción, (2009).

4.6. Sistema Covintec

Una de las ventajas de este tipo de sistemas es el fácil y rápido armado de muros y losas, requiriendo menos horas de trabajo y menor personal, en comparación con la mano de obra para sistemas constructivos tradicionales, el sistema Covintec requiere una corta capacitación para la correcta instalación y no requiere de una mano de obra muy especializada para el desarrollo de un proyecto. (Orozco & Puentes, 2016)

Según la empresa Covintec Chile la capacitación del personal tiene corta duración y el rendimiento promedio es de 40m²/día con 2 instaladores, la constructora Valencia también concluyo que la capacitación de las cuadrillas no requiere de mucho tiempo pero que afecta significativamente a la partida de trabajos preliminares, ya que la capacitación a los trabajadores debe incorporarse a dicha partida. (Covintec Chile, 2014)

Tabla 41
Cuadrillas tipo para levantamiento de muro Covintec

Actividades	Cuadrilla
Trazado de la ubicación de paneles	0.8 capataz + 1 operario + 1 peón
Instalación de anclajes	1 capataz + 1 operario + 1 peón
Montaje de paneles	1 capataz + 1 operario + 1 peón
Apuntalamiento de paneles	1 operario + 2 peones
Preparación del mortero	0.1 capataz + 1 operario + 3 peón
Proyección del mortero 1era capa	0.25 capataz + 1 operario + 1 peón
Proyección del mortero 2da capa	0.25 capataz + 1 operario + 1 peón

Nota: Orozco & Puentes, (2016).

4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO

En los componentes estructurales de cada sistema constructivo se observa que tienen diferencias notables, la utilización del cimiento corrido es utilizado en ambos sistemas, el punto diferenciador es el sobrecimiento; en albañilería confinada el sobrecimiento es simple mientras que en Covintec el sobrecimiento debe ser armado, ya que es el elemento en donde se insertan los anclajes inferiores de los paneles que conformarán los muros.

Tabla 42
Componentes estructurales

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
CIMIENTOS	Solado Cimiento corrido Sobrecimiento	Cimiento corrido o losa de cimentación Sobrecimiento armado
ELEMENTOS ESTRUCTURALES (PORTANTES)	Columnas y vigas Muro confinado de ladrillo	Panel Covintec estructural revocado con mortero
TABIQUERÍA	Muros de ladrillo	Panel Covintec light revocado con mortero
LOSAS	Losa aligerada	Losa con panel estructural Covintec

Los principales elementos portantes en ambos sistemas son los muros, en albañilería confinada los elementos de confinamiento son columnas y vigas que sirven para reforzar al muro; haciendo que la función de las vigas y columnas sea de brindarle ductilidad al muro. Por otro lado, el sistema Covintec carece de columnas y vigas, ya que el panel al estar compuesto por una estructura tridimensional reticular de acero corrugado de 4mm, refuerzos de varillas de acero corrugado en puntos específicos de unión y el revoque de concreto hacen posible que los muros tengan una estructura monolítica.

Para los techos, en albañilería confinada se utiliza el tipo de losa aligerada, mientras que en el sistema Covintec, la composición de la losa está compuesta por paneles estructurales unido a un vaciado de concreto simple en la parte superior y un revoque

de mortero en la parte inferior. Se debe tener en cuenta que el sistema Covintec solo puede ser utilizado integralmente en edificaciones hasta 2 pisos, sin embargo, en albañilería confinada la norma limita este sistema hasta 5 pisos.

Tabla 43
Especificaciones de materiales

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	F ^o C KG/CM ²	DOSIFICACIÓN	COVINTEC	F ^o C KG/CM ²	DOSIFICACIÓN	
CIMIENTO	Concreto simple	Solado	80	1:10	Solado	80	1:10
		Falso piso	80	1:8	Falso piso	80	1:8
		Contrapiso	-	1:5	Contrapiso	-	1:5
	Concreto ciclópeo	Cimiento corrido	100	1:10 + 30% PG	Cimiento corrido	100	1:10 + 30% PG
		Sobrecimiento	140	1:8 + 25% PM	Sobrecimiento	140	1:8 + 25% PM
	Concreto armado	Columnas vigas	210	1:2:2 Cemento: Arena: Piedra (1/2")	-	-	-
Losas		210	1:2:2 Cemento: Arena: Piedra (1/2")	-	-	-	
-		-	-	Sobrecimiento armado	210	1:2:2 Cemento: Arena: Piedra (1/2")	
ELEMENTOS PORTANTES	Mortero	Tarrajeo	-	1:4 Cemento: Arena gruesa	Tarrajeo	-	1:4:100gr De fibra de polipropileno
	Unidades constructivas	Unidades de albañilería Ladrillo mecanizado 18 huecos Tipo IV	130	-	Panel Estructural Covintec	70	-
TABQUERÍA	Unidades constructivas	Unidades de albañilería Ladrillo mecanizado pandereta	-	-	Panel Light Covintec	-	-
LOSAS	Acero de refuerzo	Acero corrugado	Fy= 4200 kg/cm ²	-	Malla de acero corrugado de 4mm	Calibre #14	-
	Concreto simple	Contrapiso	-	1:5	Contrapiso	210	1:2:2 Cemento: Arena: Piedra (1/2")
	Concreto armado	Viguetas	210	1:2:2 Cemento: Arena: Piedra (1/2")	-	-	-
	Mortero	Tarrajeo	-	1:5 Cemento: Arena fina	Tarrajeo	100	1:4:100gr De fibra de polipropileno

Ambos sistemas poseen dosificaciones similares hasta las cimentaciones, en el Sistema Covintec el tarrajeo tiene una dosificación diferente cuya función es dar rigidez al panel de poliestireno expandido.

Las resistencias de los elementos estructurales poseen datos similares validando la seguridad y confiabilidad de cada sistema.

Tabla 44

Análisis comparativo de equipos y herramientas

	ALBAÑILERÍA	COVINTEC		ALBAÑILERÍA	COVINTEC
Herramientas de construcción	Paleta		Herramientas manuales	Pico	
	Espátula			Barreta grande	
	Llana			Rastrillo	
	Reglas de madera			Lampa	
	Ganchos para reglas			Piqueta	
	Plancha de empastar			Estacas	
	Badilejo			Buggy o carretilla	
	Frotacho			Comba y martillo	
	Plancha de batir			Pala	
	Latas para agua			Serrucho	
		Lanzadora de mortero			Carretilla
Herramientas de picado *	Punta			Cilindros para agua	
	Punzón			Puntales y madrinas	
	Cinzel			Escoba	
Herramientas de medición y nivelado	Plomada			Bateas para mezcla	
	Manguera de nivel				Pinza, cizalla y gancho
	Cordel				Grapas
	Nivel de mano		Equipos	La mezcladora	
	Escantillón			Andamios	
	Pisón			Amoladora - Esmeril	
	Escuadra			Winche	
	Tendel			La vibradora	Bomba lanza mortero
Reglas				Grapadora	
Flexómetro				Soplete o soplador de calor	
Herramientas para habilitación de fierro	Atortolador				
	Arco y hoja de sierra				
	La trampa				
	El tubo de doblado				
	Mesa para fierro				

Las herramientas y equipos necesarios para cada sistema constructivo son los mismos, con la diferencia de que en el sistema Covintec se debe contemplar el uso de una

lanzadora y bomba lanza mortero, para el revoque final del concreto; una grapadora para la instalación de paneles y mallas de unión; un soplete o soplador de calor para poder realizar la canalización de las instalaciones necesarias.

Tabla 45

Análisis comparativo de proceso constructivo

		ALBAÑILERÍA		COVINTEC	
CIMENTACIÓN	TRAZO Y REPLANTEO	Trazo y alineación con vecinos	CIMENTACIÓN	Trazo y alineación con vecinos	
		Replanteo		Replanteo	
	CIMENTOS (Cimiento corrido)	Excavación de zanjas		CIMENTOS (Cimiento corrido o losa de cimentación)	Excavación de zanjas
		Habilitación y colocación de acero en columnas			Armado de platea de cimentación / vaciado de concreto en zanja (cimiento corrido)
		Vaciado del concreto en zanjas			Vaciado del concreto en platea
	SOBRECIMENTOS	Encofrado de sobrecimientos		SOBRECIMENTOS (Sobrecimiento armado)	Encofrado de sobrecimientos
		Vaciado del concreto en sobrecimientos			Habilitación y colocación de acero en sobrecimiento armado
		Desencofrado del sobrecimiento			Vaciado del concreto en sobrecimientos
					Desencofrado del sobrecimiento
	PISO	Relleno		PISO	Relleno
Falso piso		Falso piso			
Contrapiso		Contrapiso			
CONSTRUCCIÓN PORTANTE	MUROS	Preparación de los materiales	MUROS	Preparación de los materiales	
		Asentado de ladrillo		Instalación y refuerzo de paneles	
	COLUMNAS	Encofrado de columnas	LOSA	Preparación de los materiales	
		Concreto en columnas		Instalación y refuerzo de paneles	
		Desencofrado de columnas		Colocación de puntales	
	INSTALACIONES	Ubicación de instalaciones	INSTALACIONES	Ubicación de instalaciones	
		Canalización		Canalización	
		Reforzamiento con varillas y sellado		Reforzamiento mallas y sellado	
	ESCALERAS	Trazo de escalera	ESCALERAS	Trazo de escalera	
		Encofrado de escalera		Armado de escalera Covintec (módulos de escalera)	
		Colocación del fierro de escalera		Colocación del fierro de escalera	
		Preparación del concreto		Encofrado de escalera	
Vaciado del concreto		Preparación del concreto			
COBERTUR	TECHOS	Encofrado de vigas	REVOCADO	Preparación de materiales	
		Encofrado de losa aligerada		1ra mano (cubrir malla)	
		Fierro en vigas		2da mano (nivelación y acabado)	
		Preparación de la losa			
		Vaciado de concreto en techo			
		Tarrajeo final para casco gris			

En el caso de las cimentaciones, el sistema Covintec contempla losas de cimentación y cimiento corrido, en cambio en albañilería confinada generalmente se usa el cimiento

corrido, viendo que la cimentación en ambos sistemas constructivos pueden ser del tipo de cimiento corrido con la diferencia del predimensionamiento requerido de cada sistema, ya que el sistema Covintec llega a ser más liviano que la albañilería confinada, necesitaría menor altura en el cimiento corrido, se debe tener en cuenta también que la profundidad de la cimentación varía según el tipo de suelo en el que se encuentre ubicado el proyecto.

La secuencia de actividades en cada sistema constructivo varía significativamente, en albañilería confinada el proceso corresponde desde levantar el muro-vaciado de columnas-canalización de las instalaciones-estructuración de las escaleras (en el caso de que lo hubieran)-armado y vaciado de vigas y aligerado, al final se procedería a tarrajear paredes y techos para llegar a casco gris; por otro lado, en Covintec se observa un cambio sustancial, ya que luego de realizar la instalación de los paneles correspondientes a los muros, se debe proceder a instalar los paneles que irán en los techos para luego canalizar las instalaciones, armar la estructura de las escaleras, finalizando con el revoque de concreto en muros y losas para obtener una estructura monolítica.

Tabla 46
Factibilidad de materiales

Materiales	Albañilería confinada		Covintec	
Concreto	Cimentación, columnas, vigas, losa y escaleras.		Cimentaciones, losas y escaleras.	
	Cemento	Premezclado Aditivos	Cemento	Premezclado Aditivos
	Agregados	Piedra de zanja Piedra de cajón Piedra chancada Arena Gruesa Arena fina Hormigón	Agregados	Piedra de zanja Piedra de cajón Piedra chancada Arena Gruesa Arena fina Hormigón
Mortero	Cemento	Premezclado Aditivos	Cemento	Premezclado Fibra de polipropileno
	Agregados	Arena gruesa Arena fina	Agregados	Arena gruesa Arena fina
Unidades de albañilería	Ladrillo para muros portantes-King Kong Ladrillo para tabiques - pandereta Ladrillo para techos		/	
Paneles industriales	/		Panel estructural 1100-76 Panel máster 800 -76 Panel light 600-46	

Acero	Barras lisas Barras corrugadas	Mallas electrosoldadas Barras lisas (Platea de Cimentación) Barras corrugadas (Platea de Cimentación)
Madera	Madera aserrada Triplay (usados en puntales, madrinas y encofrados)	*Madera aserrada (usadas en puntales, madrinas)

En el análisis comparativo de materiales se puede observar que para la mezcla de mortero utilizada en el revoque de los paneles Covintec es necesario adicionar fibra de polipropileno a la mezcla según dosificación, el uso de este material en el mortero es para evitar el agrietamiento producido por la contracción plástica; mejorando la calidad del mortero.

El uso de la madera es más frecuente y en mayor proporción en albañilería confinada, ya que es usada para el encontrado de vigas, columnas y losa aligerada; Por otro lado, en el sistema Covintec el uso de la madera se restringe al encofrado de los paneles estructurados dispuestos como losas.

Con respecto al acero, el uso de este material como barras corrugadas se da en mayor cantidad en albañilería confinada, por las vigas y las columnas de confinamiento; sin embargo, en Covintec se utilizan las mallas electrosoldadas y pequeñas varillas de barras corrugadas para reforzar esquinas, puntos de unión específicas, vanos y extremos de muros.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Se realizará la propuesta hasta nivel de proyecto de un módulo de vivienda social progresiva de 2 niveles. Basándonos en los siguientes documentos:

- Las bases del VIII CONCURSO NACIONAL DE VIVIENDA SOCIAL CONSTRUYE PARA CRECER.
- Reglamentación definida por los decretos supremos de vivienda de interés social.
 - Reglamento nacional de edificación.
 - Manuales de edificación del SCNC.

5. Capítulo V: Descripción de la propuesta

5.1. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

El diseño del módulo de vivienda se desarrolló con la finalidad de obtener una base de comparación por lo cual no necesitaremos un emplazamiento real y específico al tratarse de un prototipo de vivienda social, es por eso que el diseño se centró más en el cumplimiento de la normatividad vigente orientado a programas de interés social del estado.

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Arequipa, el área del terreno se definió según el lote mínimo estipulado en la zonificación residencial definida en la Reglamentación PDM Arequipa, donde especifica que el lote mínimo en la zona Residencial media es de 90m².

Tabla 47

Zonificación residencial densidad media

ZONA RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA RDM-1		
Unifamiliar	Densidad Neta	De 166 a 900 hab/ha
	Lote mínimo	90.00 m ²
	Frente mínimo	8.00 ml
	Altura de edificación	3 pisos
	Coefficiente de edificación	2.10
	Área libre	30 %
	Retiros	Según normatividad de retiros
	Alineamiento de fachada	Según normas de la Municipalidad Distrital correspondiente
	Espacios de Estacionamiento	1 c/2 viviendas
Multifamiliar	Densidad Neta	166 a 1300 hab/ha
	Lote mínimo	150.00 m ²
	Frente mínimo	8.00 ml
	Altura de edificación	4 pisos
	Coefficiente de edificación	2.80
	Área libre	35 %
	Retiros	Según normatividad de retiros
	Alineamiento de fachada	Según normas de la Municipalidad Distrital correspondiente
Espacios de Estacionamiento	1 c/2 viviendas	
Usos Compatibles		CV, CS, E-1, H-1, ZR

Nota: Instituto municipal de planeamiento, (2016).

Mientras que el frente mínimo de lote se especifica en el Decreto supremo N.º 010-2018-vivienda, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Especial de Habilitación Urbana y Edificación como se especifica en la tabla 48, siendo el frente de 6 metros; resultando así un lote de 6.00m de frentera x 15.00m de largo entre medianeras, con un área total de 90 m². (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2018)

Tabla 48
Área mínima y frente mínimo de lotes en habilitaciones urbanas
para proyectos de VIS.

TIPO	ÁREA MÍNIMA DEL LOTE	FRENTE MÍNIMO DE LOTE	TIPO DE VIVIENDA
4	70 m ²	6.00 m	Unifamiliar
5	De acuerdo al proyecto		Unifamiliar / Multifamiliar

Nota: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2018).

Para el diseño de la cimentación de ambos sistemas constructivos, debemos tener en cuenta que el diseño del módulo de vivienda se desarrolló con la finalidad de obtener una base de comparación por lo cual no necesitaremos un emplazamiento real y específico, es por eso que el diseño se centró más en el cumplimiento de la normatividad vigente orientado a programas de interés social del estado.

Figura 68

Ubicación del prototipo de vivienda social progresiva

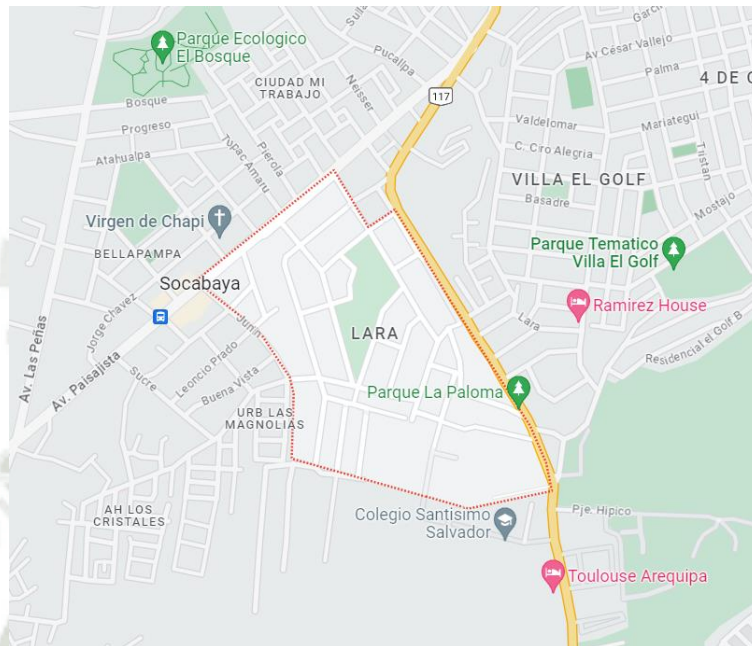
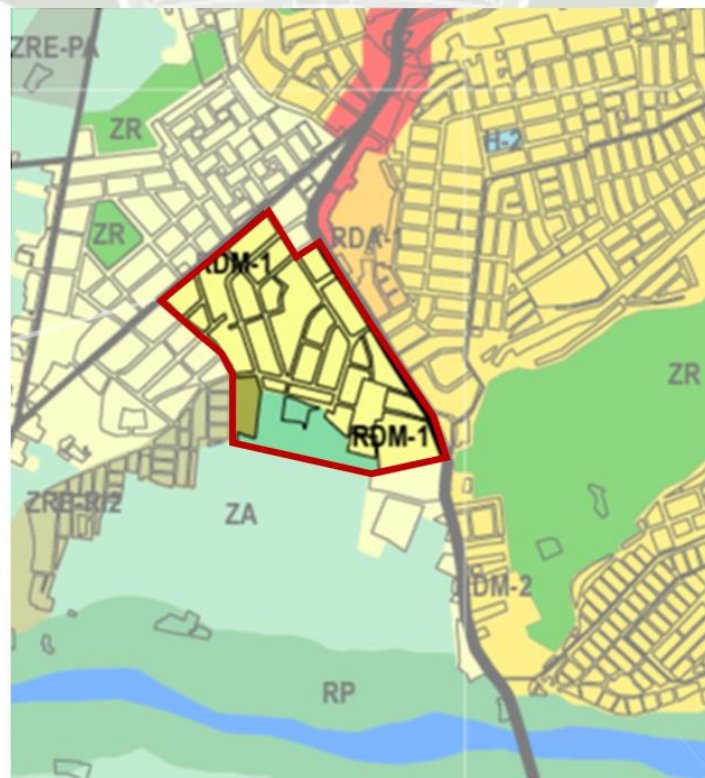


Figura 69

Ubicación del prototipo de vivienda dentro de la zonificación de usos de suelo de Arequipa



Nota: Instituto municipal de planeamiento, (2016).

Se ubicó el prototipo en una zona de alto riesgo sísmico con suelos de baja capacidad portante, elegimos el sector de Lara-Bellapampa en el distrito de Socabaya donde la capacidad portante puede ser menor a 0.7kg/cm^2 y un periodo de vibración de 0.52 seg (tipo de suelo S2), siendo un sector inestable por contenido de materiales piroclásticos, arenas, limos orgánicos y la presencia de un nivel freático que corta la superficie, donde a mayor la profundidad mejora la calidad de suelo ya que se observa un aumento de materiales granulares gravo-arenosos teniendo mejores condiciones para la cimentación. (Nuñez y otros, 2001)

Tabla 49

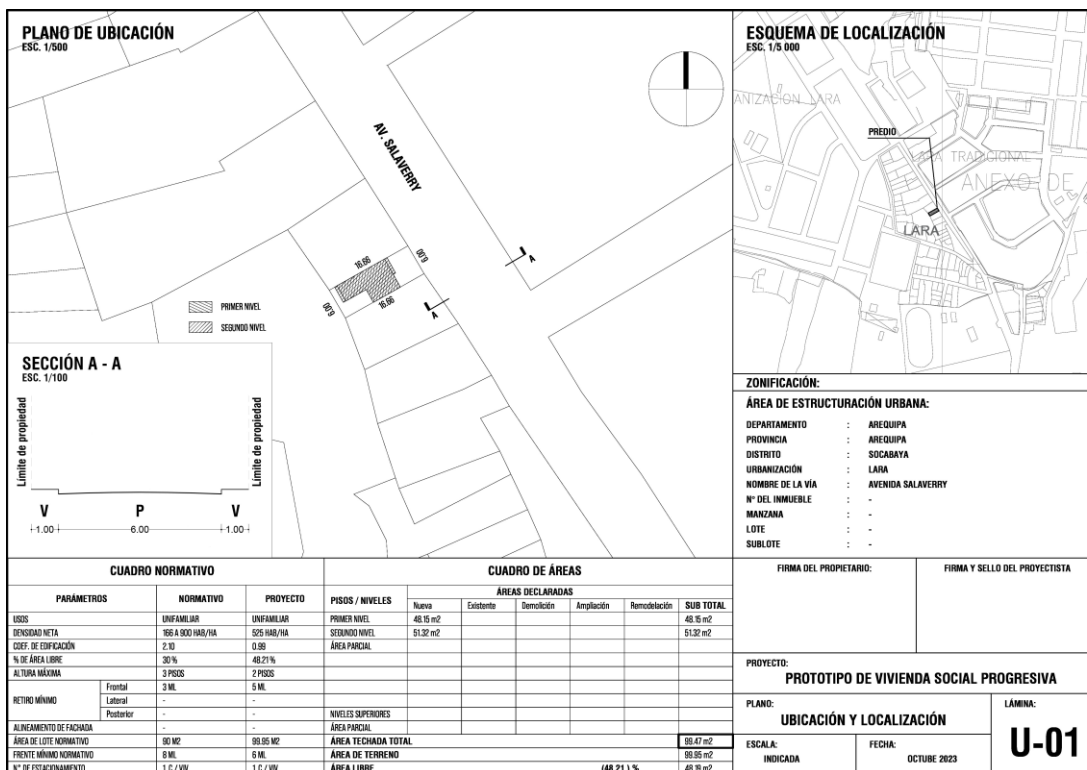
Sectores de Socabaya con suelos de menor capacidad portante

SECTOR	Valor de Capacidad portante del suelo
San Martín de Socabaya	2.00 a 2.50 kg/cm^2 .
Lara - Bellapampa	0.70 a 1.00 kg/cm^2 N.F. 0.80 a 1.20 m.
Socabaya	2.00 a 2.50 kg/cm^2

Nota: Nuñez y otros, (2001).

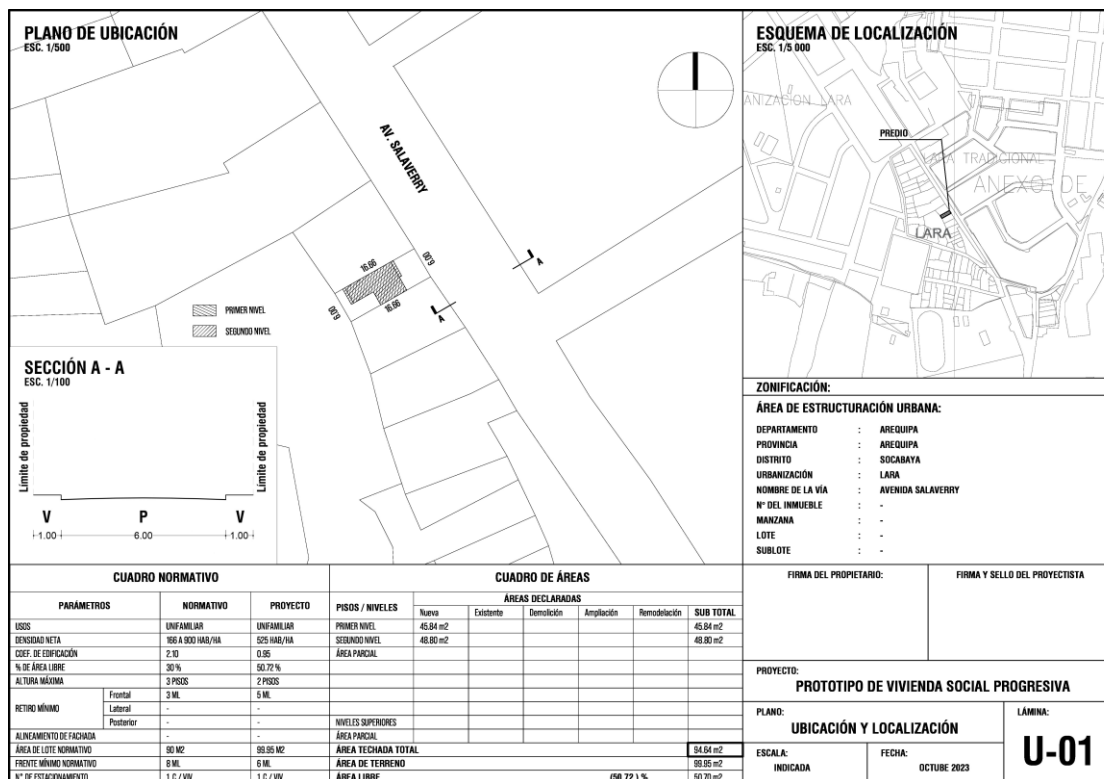
Lamina 1

Plano de ubicación prototipo de albañilería confinada



Lamina 2

Plano de ubicación prototipo sistema Covintec



a

5.1.1. Módulo básico

El proyecto en su primera etapa de módulo básico, en el primer nivel se plantea un área ocupada de 41.02 m² para el módulo básico en Covintec y 42.57 m² para el módulo básico de AC, en su etapa inicial cuenta con un ambiente multiuso con área para cocina con lavadero, sala y comedor, 2 dormitorios, 1 baño, área de lavandería externa y también se tiene en cuenta la ubicación de escaleras para la futura ampliación del segundo piso.

Tabla 50
Cuadro de condiciones técnicas mínimas para la construcción de vivienda social.

VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL – BFH- CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO DAMNIFICADOS	
CUADRO DE CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS	
ÁREA TECHADA	El área techada mínima es de 35 m ² sin considerar aleros, en el cual se debe contemplar los siguientes ambientes: - 01 sala comedor - 01 cocina - 02 dormitorios - 01 servicio higiénico
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Albañilería confinada e= 13-14 cm (ladrillo solido portante mecanizado según Norma E .070 -Capitulo V Tabla 1, del RNE) Albañilería armada Placas de concreto armado con proyección a futura ampliación en segundo nivel.
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Las zapatas, columnas, vigas y losas deberán tener acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y una resistencia mínima de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La unidad de albañilería deberá tener una carga mínima de rotura a la compresión de $f'_b = 130 \text{ kg/cm}^2$.
CERRAMIENTOS VERTICALES	Muros de albañilería confinada, albañilería armada o placas de concreto.
TECHOS	Losa aligerada $h = 0.20 \text{ m}$ o losa armada, impermeabilizada. Acero de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Debe tener sistema de evacuación de aguas de lluvia.
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL BFH - CONSTRUCCIÓN EN SITIO PROPIO DAMNIFICADOS	
CUADRO DE CONDICIONES TÉCNICAS MÍNIMAS	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	Tablero general con mínimo 3 llaves termomagnéticas, tubería PVC SEL pesado, tubería empotrada, placas en tomacorrientes e interruptores de baquelita y Wall sockets en salida de luz con artefacto de iluminación tipo ahorrador
INSTALACIONES SANITARIAS	Red de desagüe de tubería PVC SAL con caja de registro que evacuará a la red pública o en su defecto a un sistema de tratamiento de aguas residuales. Red de agua tubería PVC SAP, roscada.

Nota: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento, (2020).

Figura 70

Prototipo de módulo básico Albañilería confinada

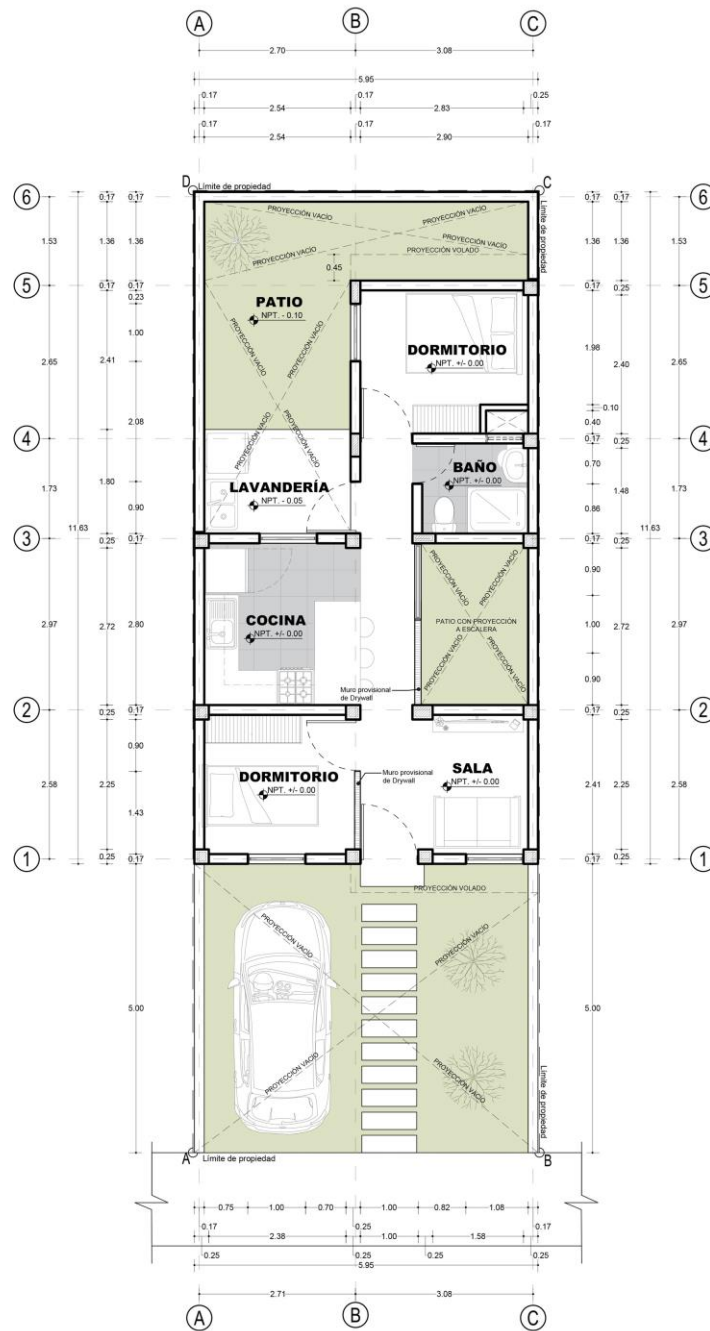
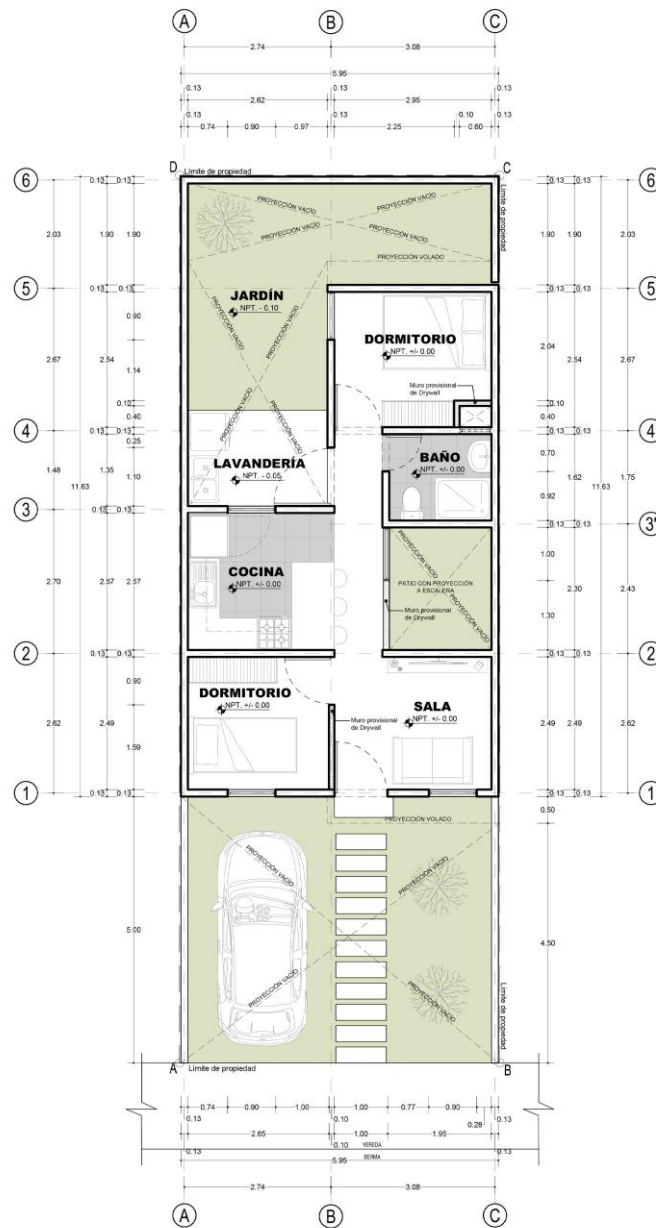


Figura 71
Prototipo de módulo básico Covintec



5.1.2. Módulo con crecimiento progresivo

El crecimiento modular corresponde a un diseño integral de la vivienda donde se prevé las necesidades en el tiempo de sus ocupantes, en el proyecto se amplía la zona de escaleras de acceso hacia el segundo nivel, dejando los espacios de sala-comedor, cocina, estudio y 1 baño completo en el primer nivel; mientras que se proyectan 3 dormitorios (1 principal y 2 secundarios), una pequeña sala de estar y 1 baño completo en el segundo nivel, resultando un total de 99.47m² de área techada para el sistema de AC y 94.64 m² para el sistema Covintec.

En el primer nivel se plantea una expansión del área social incorporando un comedor, el área de servicios se integra hacia un patio sin techar que brinda la iluminación necesaria para la cocina. En el segundo nivel se plantean 3 habitaciones, una principal con baño privado y 2 secundarias con baño compartido, asegurando la ventilación e iluminación necesaria mediante el patio posterior y la calle, mientras que en la parte central se proyecta el área de escaleras que llega a un pasillo de distribución.

Figura 72

Ampliación de módulo básico/ primer nivel en Albañilería confinada

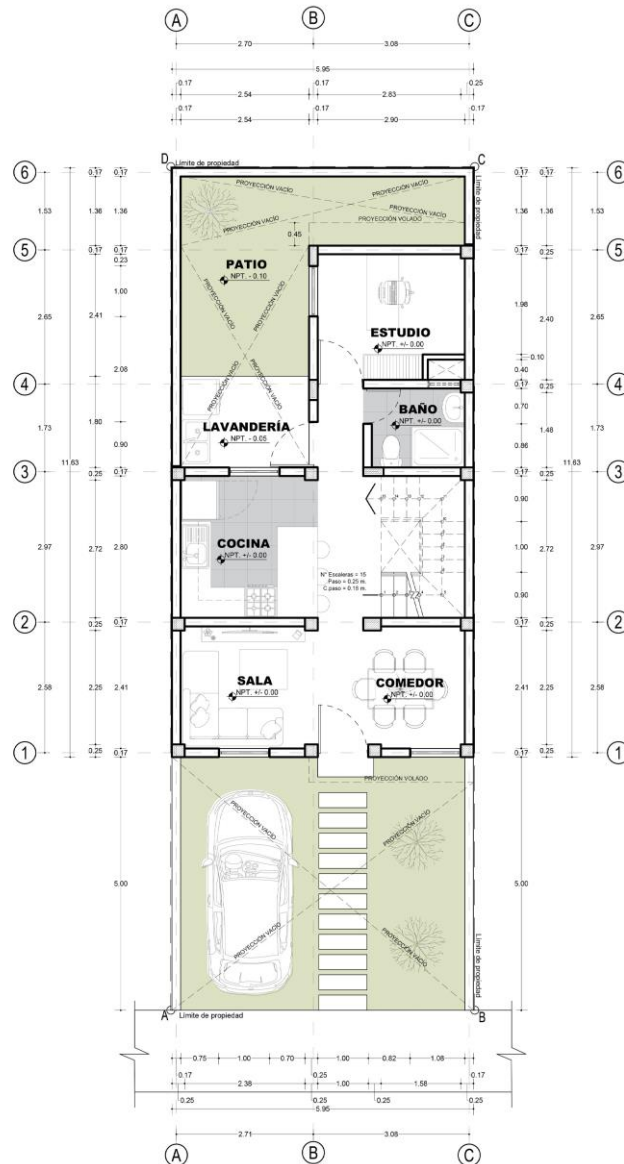


Figura 73

Ampliación de módulo básico/ segundo nivel en AC

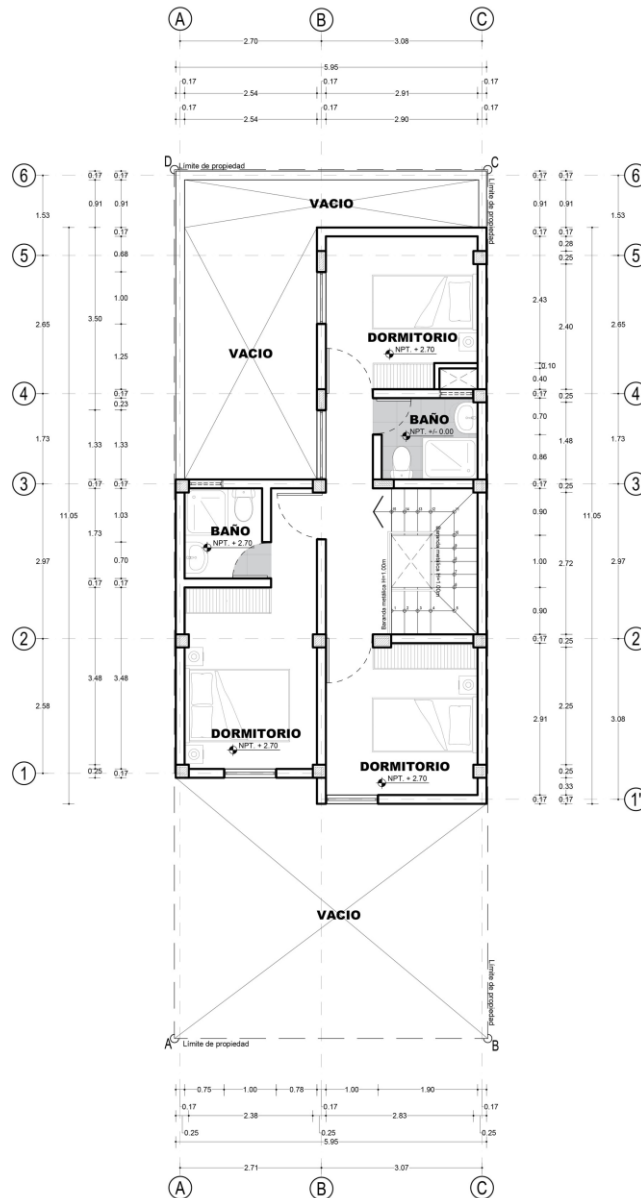


Figura 74

Ampliación de módulo básico/ primer nivel en Covintec

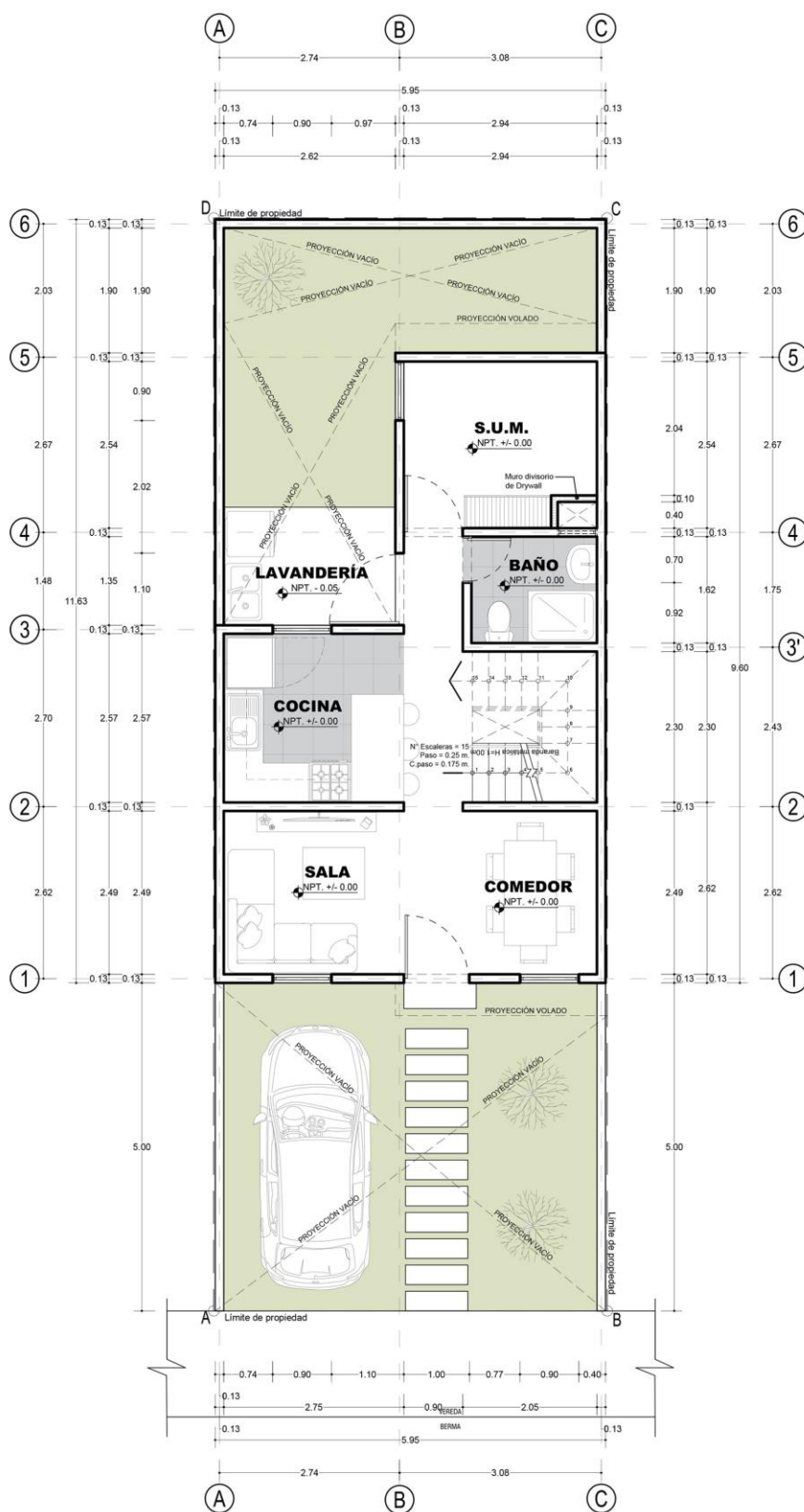
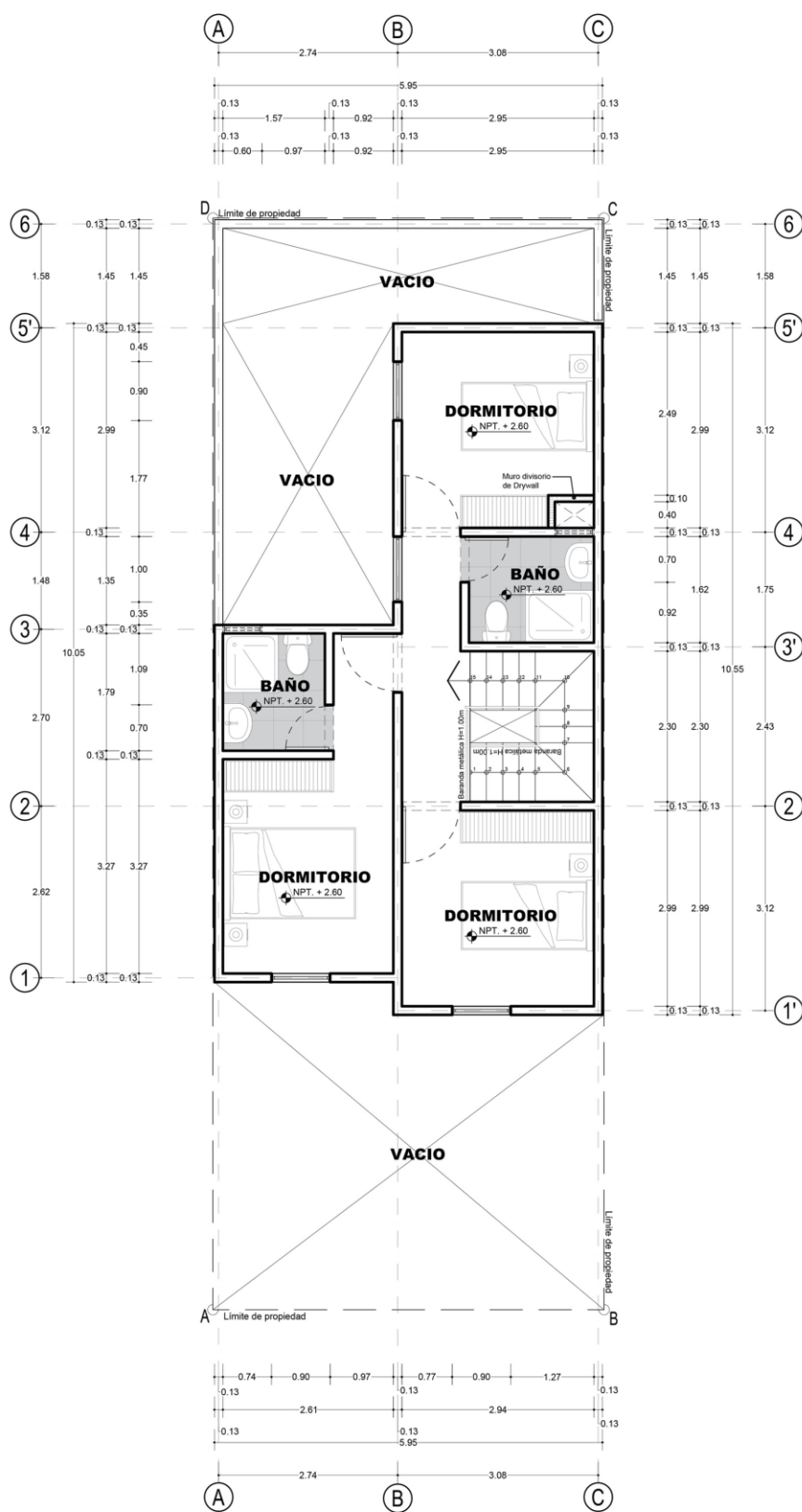


Figura 75

Ampliación de módulo básico/ segundo nivel en Covintec



Lamina 3
Prototipo de vivienda social



Lamina 4

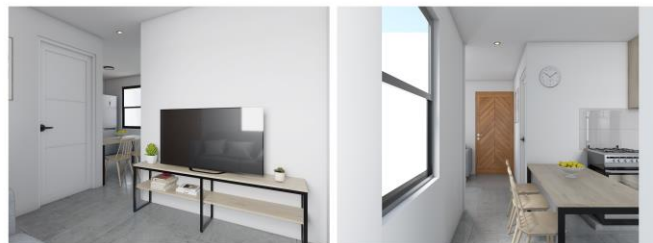
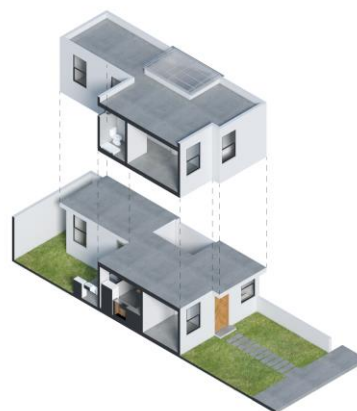
Modulo básico Albañilería confinada

SISTEMA CONSTRUCTIVO | ALBAÑILERÍA CONFINADA

MÓDULO BÁSICO 42.57 M²



PRIMER NIVEL



LEYENDA

- 01 Sala
- 02 Cocina
- 03 Dormitorio cama 1 plaza
- 04 Patio proyección para escaleras
- 05 Baño completo
- 06 Dormitorio cama 2 plazas
- 07 Lavandería
- 08 Patio



Lamina 5

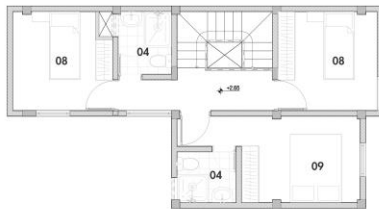
Modulo progresivo Albañilería confinada

SISTEMA CONSTRUCTIVO | ALBAÑILERÍA CONFINADA

MÓDULO PROGRESIVO 99.47 M²



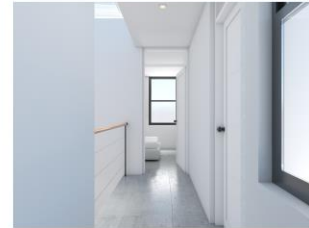
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

LEYENDA

- 01 Comedor
- 02 Sala
- 03 Cocina
- 04 Baño completo
- 05 Sala de usos múltiples
- 06 Lavandería
- 07 Patio
- 08 Dormitorio cama 1 plaza
- 09 Dormitorio cama 2 plazas



Lamina 6

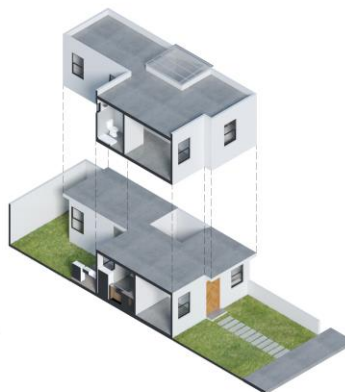
Modulo básico Sistema Covintec

SISTEMA CONSTRUCTIVO | COVINTEC

MÓDULO BÁSICO 41.02 M²



PRIMER NIVEL



LEYENDA

- 01 Sala
- 02 Cocina
- 03 Dormitorio cama 1 plaza
- 04 Patio proyección para escaleras
- 05 Baño completo
- 06 Dormitorio cama 2 plazas
- 07 Lavandería
- 08 Patio

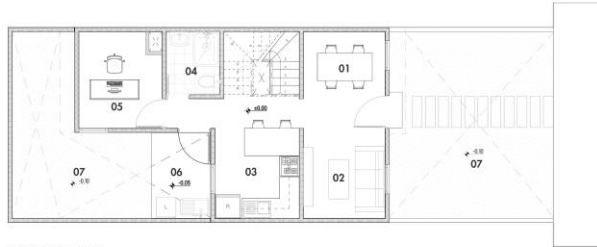


Lamina 7

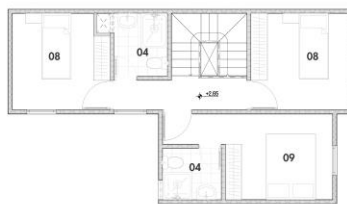
Modulo progresivo Sistema Covintec

SISTEMA CONSTRUCTIVO | COVINTEC

MÓDULO PROGRESIVO 94.64 M²



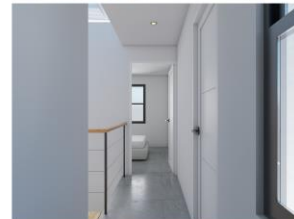
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

LEYENDA

- 01 Comedor
- 02 Sala
- 03 Cocina
- 04 Baño completo
- 05 Sala de usos múltiples
- 06 Lavandería
- 07 Patio
- 08 Dormitorio cama 1 plaza
- 09 Dormitorio cama 2 plazas



5.2. SISTEMA CONSTRUCTIVO

5.2.1. Albañilería confinada

Los elementos estructurales serán de unidades de albañilería, columnas y vigas; los cerramientos verticales de tabiquería también estarán compuestos de albañilería confinada, las losas y techos serán losas aligeradas; así mismo el sistema de escaleras será de hormigón armado.

5.2.2. Sistema Covintec

Los muros son de paneles estructurales de Covintec al igual que en albañilería confinada, cumplen la función de soporte estructural del techo, las tabiquerías interiores también son del mismo sistema de paneles con la diferencia del grosor de panel a utilizar. Los techos y losas estarán compuestas por paneles estructurales Covintec, en el caso del sistema de escaleras se proyectarán a base del mismo sistema. (Covintec Chile, 2021)

5.3. INSTALACIONES SANITARIAS Y ELÉCTRICAS

“El diseño de las instalaciones sanitarias provee los sistemas necesarios para el abastecimiento de agua fría, caliente, evacuación del desagüe cloacal y eliminación de los gases generados en los aparatos sanitarios, destinado para la vivienda de interés social” (Covintec Chile, 2021).

5.3.1. Sistema de agua fría

Sistema de agua fría previsto es con abastecimiento directo desde la red pública, el sistema está dispuesto desde la parte frontal de la vivienda en donde se encuentra el medidor, llega a la pared y luego distribuye el agua de la siguiente manera: el primer ambiente a servir es la cocina. el baño social hay una lavandería externa que se encuentran en el primer piso, en el segundo piso los ambientes a servir son los baños destinados para el uso de las habitaciones, y en el nivel de la azotea subir a un montante para distribuir el agua hacia las termas y elementos de reserva de agua de agua, el punto más desfavorable es la terma que se encuentra en el tercer nivel. (Covintec Chile, 2021)

5.3.2. Sistema de agua caliente

El sistema de agua caliente es abastecido mediante una terma que estará ubicada en el tercer nivel y abastecerá de agua caliente a los baños del segundo y primer nivel, así como también los lavatorios de los espacios de servicio ubicados en el primer nivel. (Covintec Chile, 2021)

5.3.3. Sistema de Desagüe

Se contará con una caja de registro primaria (ubicado en la vereda exterior) con una CT (cota de tapa) de +0.00 y una CF (cota de fondo) de -0.695 con una pendiente de $s=1\%$. En el sistema de desagüe se ha colocado una caja de registro adicional ubicado en el patio interior con CT= +0.00 y CF=-0.6. (Covintec Chile, 2021)

5.3.4. Instalaciones eléctricas

El proyecto comprende las instalaciones eléctricas para alumbrado y toma corriente de cada 1 de los ambientes de la vivienda como son la sala, cocina, comedor, lavandería, jardín posterior, dormitorios, baños y escaleras contemplados en el proyecto de arquitectura. El suministro de energía eléctrica para la vivienda unifamiliares de conexión trifásica de 220 v, 60 Hz, La cual será tomada desde la caja porta medidor por medio de un alimentador hasta el tablero general ubicado en el ambiente de la cocina tal como se indica en el plano del proyecto. Los alimentadores al tablero de distribución serán con conductores de cobre tipo THW empotrados en el piso con tuberías de PVC clase pesada. (Covintec Chile, 2021)

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO

El capítulo aborda las posibilidades de diseño y la flexibilidad de cada sistema constructivo, para los criterios de estructuración se tomará información de la normativa para la albañilería confinada y para el caso del sistema Covintec se tomó información de los manuales técnicos.

Para el presente objetivo de la investigación esta disgregado en 7 ítems los cuales servirán para identificar las principales características arquitectónicas de cada sistema constructivo, algunos ítems están relacionados con el proyecto de vivienda social progresivo propuesto.

6. Capítulo VI: Análisis Arquitectónico

6.1. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN

6.1.1. Sistema de albañilería confinada

“Para este sistema se consideran las distancias máximas entre elementos estructurales que nos indica la norma técnica E.070. Tal como se muestra en la tabla 51” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Tabla 51

Normas peruanas que condicionan la estructuración de albañilería confinada

Normativa	Albañilería confinada
Norma de albañilería E.070 Artículo 20	La distancia máxima centro a centro entre columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5m.
Norma de albañilería E.070 Artículo 20	El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.
Aceros Arequipa	La medida o distancia entre elementos horizontales (vigas) no debe ser mayor a 3m.

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006).

6.1.2. Sistema Covintec

“Para este sistema constructivo se tomó en cuenta la distancia máxima entre los muros portantes conformados por los paneles de EPS, los datos fueron tomados de Covintec Chile. Se muestra en la siguiente tabla 52” (Covintec Chile, 2014).

Tabla 52

Normas peruanas que condicionan la estructuración de Sistema Covintec

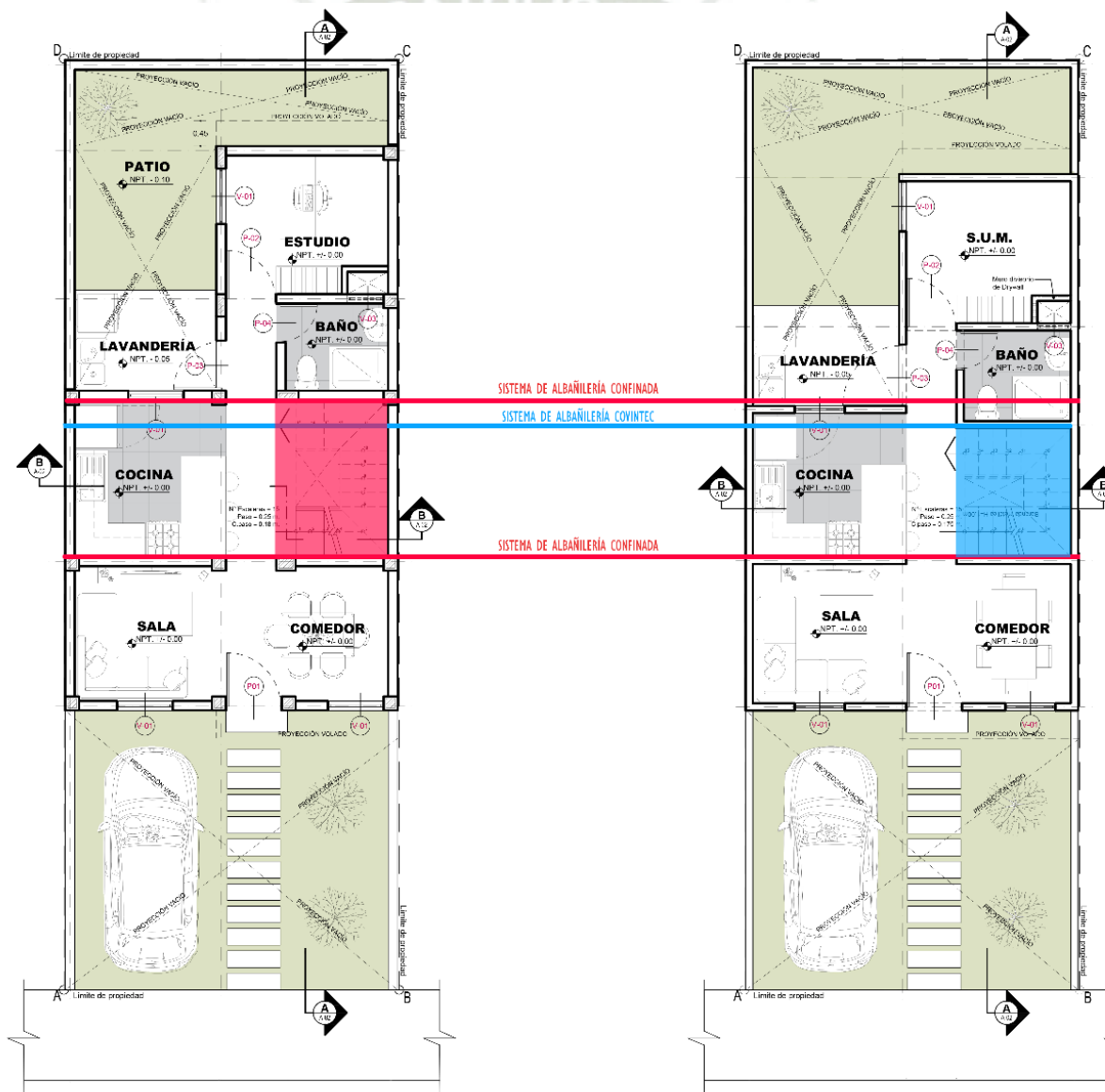
Manual	Covintec
Catalogo técnico Covintec	Luces de entrepiso 4.0 m. Luces de cubierta 4.5 m.
Catalogo técnico Covintec	Malla de refuerzo superior en losas será de 1/4 la distancia entre muros. Malla de refuerzo inferior en losas será de 2/3 la distancia entre muros.

6.1.3. Condicionamiento estructural

En el desarrollo del proyecto se tuvo una diferencia entre ambos proyectos y es que en la disposición de las escaleras fue diferente a pesar de que el diseño responde a las mismas exigencias y cumple con las mismas funciones, la escalera en el módulo de Covintec pudo adecuarse de una manera más eficiente al diseño que la del sistema de AC. Así como se muestra en la figura 74.

Figura 76

Diferencia en disposición de escalera entre sistemas



Esta variación se da por que en el sistema Covintec la escalera descansa directamente en la losa con el panel estructural Covintec tal como se puede observar en la figura 75, sin embargo, en el sistema de AC la escalera se ve obligada a descansar en una viga que pueda soportar las cargas necesarias y transmitir las a las columnas y lo podemos observar en la figura 76.

Figura 77

Encuentro de escalera con losa Covintec

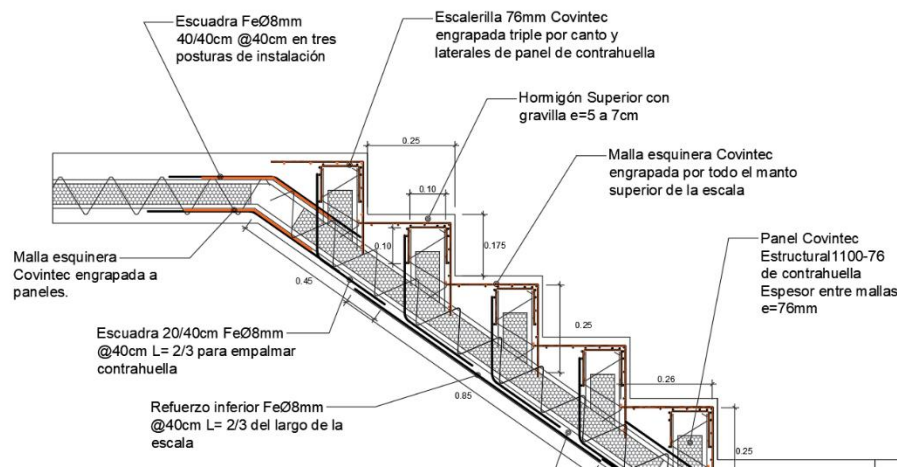
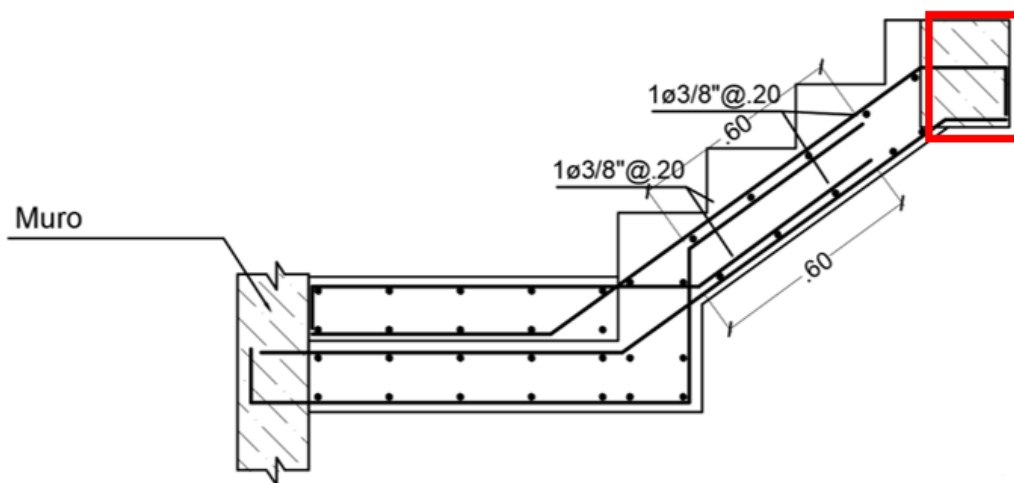


Figura 78

Encuentro de escalera con viga en el sistema AC



6.2. VANOS

6.2.1. Vanos en albañilería confinada

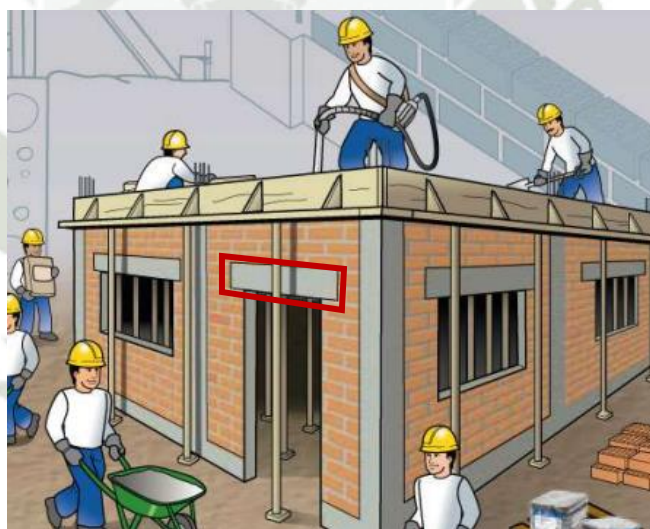
Para este sistema se hicieron observaciones a edificaciones existentes que estén desarrolladas albañilería confinada para evidenciar el funcionamiento de los vanos así como se observa en la figura 77 en este sistema constructivo el vano no requiere de refuerzos superiores ya que las vigas de amarre cumplen la función de dintel por lo que es recomendable que la abertura del vano sea de piso a techo en caso de puertas y en ventanas el vano se alargue hasta el techo, esto con la finalidad de evitar fisuras y crear puntos vulnerables de la estructura, por otro lado en vanos bajos si se necesitaría de un refuerzo de un dintel para no perder el confinamiento y debilitar el muro como se puede observar en la figura 78.

Según la norma técnica E.070, los muros portantes deben tener “Una longitud mayor o igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.” Para lo cual la longitud del vano deberá cumplir con esta parte. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Figura 79
Vanos en albañilería confinada



Figura 80
Dintel de refuerzo



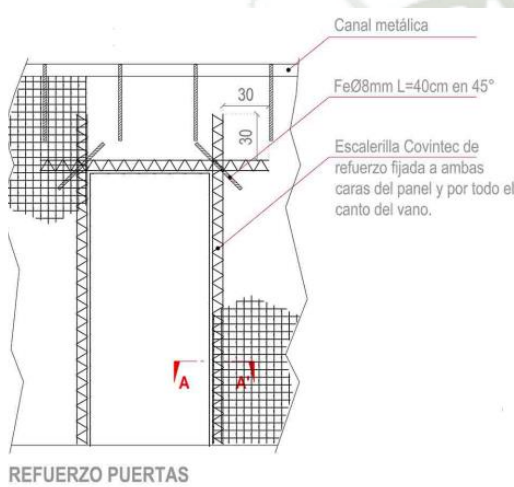
Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

6.2.2. Vanos en Covintec

En el sistema Covintec se debe contar con una escalerilla de refuerzo en la parte superior según el documento técnico Covintec Chile, 2014 esta debe ser de 30 cm, así como se muestra en las figuras 79 y 80 esto con la finalidad de evitar agrietamientos y fisuras en lugares vulnerables. la dimensión del vano se hará en base al predimensionamiento estructural previo de los paneles.

Figura 81

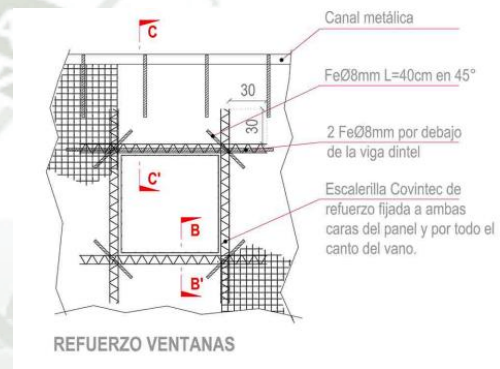
Refuerzo con escalerilla Covintec



Nota: Covintec Chile, (2014).

Figura 82

Refuerzo con escalerilla Covintec



Nota: Covintec Chile, (2014).

6.3. PORCENTAJE DE MUROS

6.3.1. Sistema de albañilería confinada

Este sistema tiene un grosor de muro que con el acabado puede llegar a tener 17 cm, con los componentes de ladrillo King Kong y el tarrajeo para el acabado final. En este ítem se tomó el diseño propuesto para hacer el cálculo de porcentaje de muros resultado que se muestra en la tabla 53 y en la tabla 54.

Tabla 53

Porcentaje de muros del sistema de albañilería confinada para módulo base

Módulo base	Área total de la vivienda	Área total de muros	Diferencia de áreas	% de área de muros
Albañilería confinada	42.57 m ²	7.06 m ²	35.51 m ²	16.58 %

Tabla 54**Porcentaje de muros del sistema de albañilería confinada para módulo evolutivo**

Módulo evolutivo	Área total de la vivienda	Área total de muros	Diferencia de áreas	% de área de muros
Albañilería confinada	95.64 m ²	15.46 m ²	80.18 m ²	16.16 %

6.3.2. Sistema Covintec

Este sistema compuesto por paneles de EPS con malla electrosoldada de acero corrugado de 4mm y mortero tiene un grosor de muro terminado de 13 cm, el porcentaje de muros del diseño propuesto se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 55**Porcentaje de muros del sistema Covintec para módulo base**

Módulo base	Área total de la vivienda	Área total de muros	Diferencia de áreas	% de área de muros
Covintec	41.02 m ²	5.34 m ²	35.68 m ²	13.01 %

Tabla 56**Porcentaje de muros del sistema Covintec para módulo evolutivo**

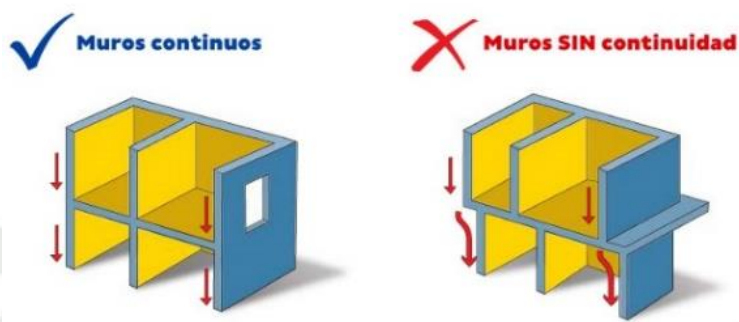
Módulo evolutivo	Área total de la vivienda	Área total de muros	Diferencia de áreas	% de área de muros
Covintec	95.64 m ²	11.60 m ²	84.04 m ²	12.13 %

6.3.3. Continuidad de muros

La continuidad de muros estructurales debe tomarse en cuenta para ambos sistemas constructivos, Los muros que sean estructurales en el sistema de albañilería confinada deberán tener una continuidad obligatoria hacia los pisos superiores, como lo recomienda la Norma de albañilería E.070, por otro lado, los muros de tabiquería los cuales no son portantes no necesitan ser continuos en todos los pisos de la edificación obligatoriamente. así como se muestra en la figura 81.

Figura 83

Continuidad estructural en albañilería confinada

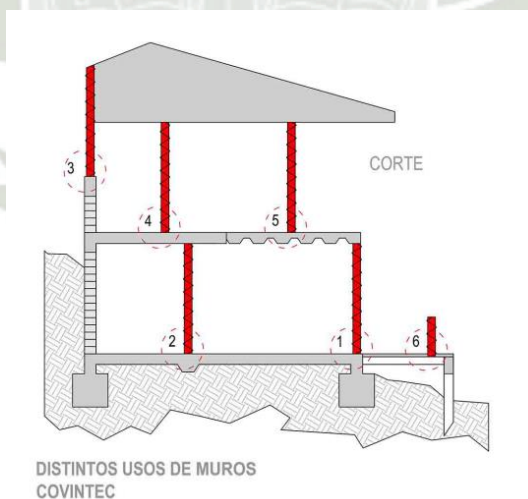


Nota: Corporación Aceros Arequipa S.A, (2010).

En el sistema Covintec los muros internos al igual que la tabiquería confinada no necesariamente deberán tener una continuidad de muros, pero su disposición deberá tener un criterio estructural para la correcta distribución de cargas de la edificación. Como se puede observar en la figura 82 que los paneles también son compatibles con diferentes tipos de losas.

Figura 84

Continuidad estructural en muros Covintec



Nota: Covintec, (2015).

6.4. FLEXIBILIDAD

6.4.1. Remodelación

En el sistema de Albañilería confinada los muros portantes o estructurales no pueden ser modificados, los únicos elementos que pueden ser removidos de acuerdo al requerimiento del usuario son los muros de tabiquería, así como lo indica la Norma Técnica E.070. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

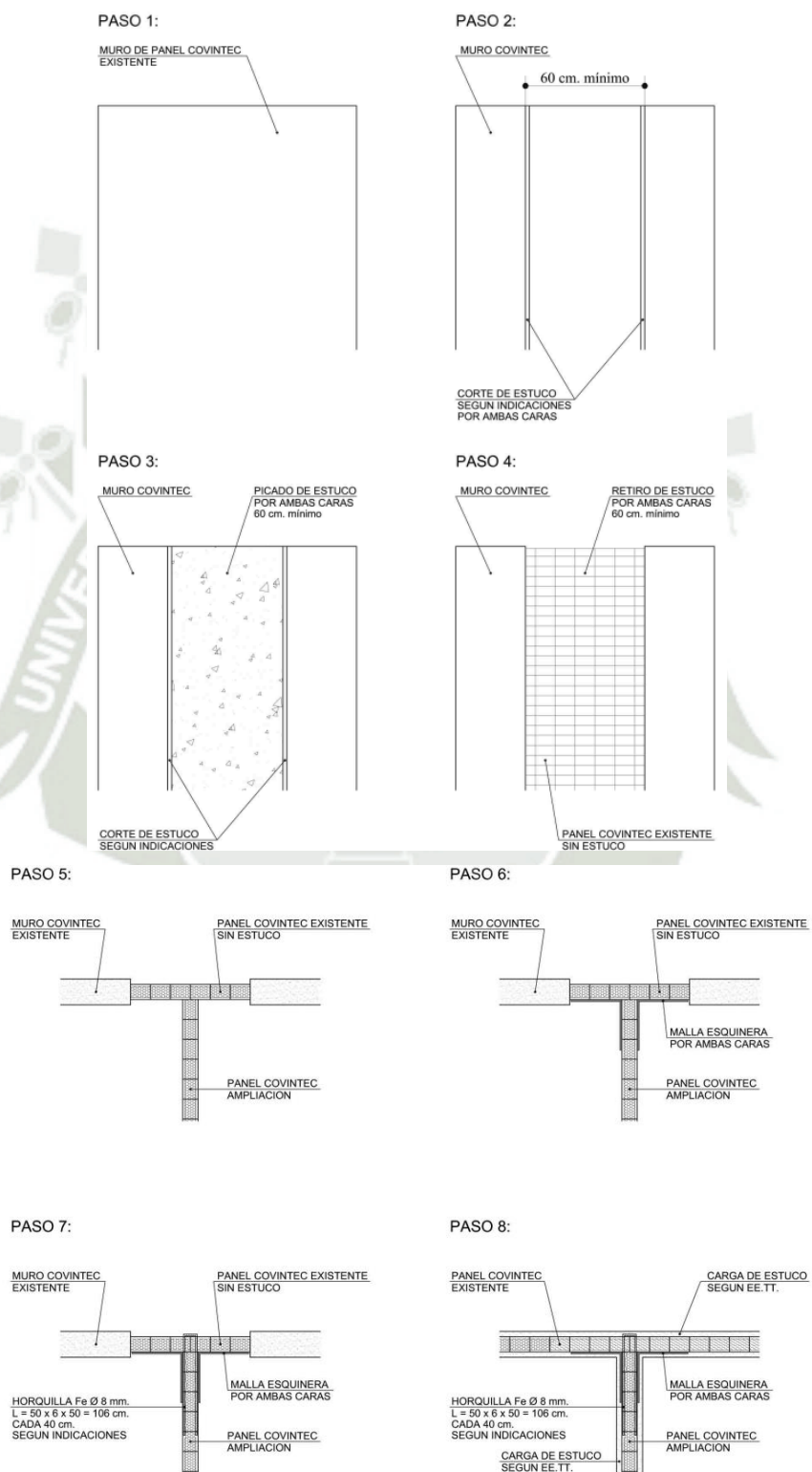
Para generar nuevos vanos en el sistema de albañilería el procedimiento será marcar la zona y posteriormente picar o usar herramientas mecánicas que faciliten la labor. Para esta parte lo ideal es agregar columnetas que confinen el vacío del vano.

En el sistema Covintec los paneles máster o estructurales estarán distribuidos según el predimensionamiento estructural del proyectista, los paneles light cuya función es de tabiquería pueden ser removidos de acuerdo a los requerimientos del usuario así mismo pueden ser agregados nuevos paneles a un muro Covintec ya existente, así como se muestra en la figura 83.

En el sistema Covintec para agregar nuevos elementos primero se debería identificar la zona de trabajo y seguido hacer un corte en el muro de una distancia de 60 cm, se procede a picar el concreto hasta dejar visible la malla electrosoldada, se limpiará para dejar el mínimo de residuos en el panel de EPS y se armara el muro adicional el cual contara con mallas de refuerzo en puntos específicos y estará listo para posteriormente aplicar el concreto lanzado.

Figura 85

Adición de un nuevo panel Covintec a muro existente



Nota: Covintec Chile, (2014).

6.5. ACABADOS

La calidad final de un acabado dependerá de la calidad del material y de un correcto procedimiento constructivo, así como un correcto tratamiento, para este ítem se verán los acabados que pueden ofrecer los sistemas y la capacidad de adaptarse a diferentes tipos de acabados.

6.5.1. Acabados en albañilería confinada

Este sistema puede presentar 2 tipos de acabados básicos que pueden ser muros con tarrajeo al cual posteriormente se le puede agregar capas de pintura, papel tapiz o algún enchape y un muro de ladrillo caravista que dependiendo de una mano de obra calificada puede tener un acabado de buena calidad.

Una parte importante para obtener buenos resultados en esta etapa es haber logrado un correcto procedimiento constructivo tanto en las estructuras viendo las dosificaciones correctas y haciendo los curados respectivos, así como la colocación de hiladas de ladrillos siguiendo las normativas adecuadas. Todo esto con el fin de evitar agrietamientos o filtraciones de humedad que puedan perjudicar el acabado final.

Figura 86

Acabado en ladrillo caravista



Figura 87

Ladrillo Caravista



6.5.2. Acabados en Covintec

Este sistema posee un acabado básico ya que por la naturaleza de su proceso constructivo genera muros ya con tarrajeo listos para aplicar capas de pintura como también papel tapiz o algún tipo de enchapado, cabe mencionar que es de suma importancia realizar un correcto proceso constructivo dado que en este sistema los muros funcionan como un elemento monolítico que sin un correcto curado o sin una correcta dosificación pueden presentar fisuras o filtraciones de humedad que comprometan el panel de EPS y la malla de acero corrugado de 4mm es por eso que se requieren 2 manos de lanzado de concreto para poder brindar una correcta protección al panel.

Figura 88

Vivienda hecha con Covintec con acabado de pintura y enchape en la fachada



Nota: Covintec Mexico, (2021).

6.6. IMAGEN

Este ítem evalúa la facilidad del sistema constructivo para realizar composición de formas y volúmenes en el proyecto, viendo también que el proyectista pueda tener mayor libertad al conceptualizar el proyecto sin que el sistema sea un factor delimitante y sin recurrir al desarrollo de estructuras complejas.

6.6.1. Composición de fachadas

Por lo general el sistema de AC no permite volúmenes que excedan los 3m de alto por nivel o tener volados mayores a 50 cm ya que al superar algunas de estas dimensiones el sistema puede cambiar a un aporricado.

Figura 89

Fachada de vivienda unifamiliar en Albañilería Confinada



Figura 90**Fachada de vivienda unifamiliar en Albañilería Confinada**

El sistema Covintec por la naturaleza de sus materiales permiten una mayor flexibilidad lo que genera una mayor libertad al momento de conceptualizar un proyecto, ya que para dar formas un tanto complejas solo se requiere cortar el panel a la dimensión requerida y unirlo de manera adecuada al resto del proyecto, además que por el bajo peso de sus paneles este permite volados de mayor dimensión pudiendo llegar hasta 70 cm sin la necesidad de usar pórticos, así como se muestra en la figura 89.

Figura 91**Fachada de vivienda en Covintec**

Nota: Covintec Mexico, (2021).

Figura 92

Composición de fachada en Covintec



Nota: Covintec Mexico, (2021).

6.7. FACILIDAD PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS

En este ítem se analiza la facilidad con la que se logra instalar tuberías para las distintas especialidades que conforman el proyecto, además de la cantidad de residuos que pueda generar cada sistema.

6.7.1. Sistema de Albañilería confinada

En este sistema el procedimiento para la instalación de tuberías consiste en el ranurado de los muros con herramientas mecánicas, con las amoladoras generamos las canaletas para la posterior colocación de las tuberías las cuales son cubiertas con el tarrajeo final.

Viendo este ítem podemos reconocer 2 puntos importantes siendo el primero el tema de seguridad al colocar las instalaciones en este sistema el uso de la amoladora

puede representar un riesgo ya que se pueden desencadenar accidentes por varios factores como mal uso del equipo, falla del equipo por falta de mantenimiento, etc. El otro punto es la generación de residuos y la contaminación que se genera ya sea auditiva y de levantamiento de partículas generadas por el polvo al cortar muros de ladrillo.

6.7.2. Sistema Covintec

En el sistema Covintec el procedimiento para el empotrado de tuberías resulta ser más sencillo, el cual consiste en ranurar el panel de poliestireno con una pistola de calor generando así el espacio requerido para las instalaciones.

En este sistema la seguridad al momento de ranurar los paneles implica un menor riesgo ya que al usar la pistola de calor no tenemos el riesgo de cortaduras o salpicadura de esquirlas a los ojos. En cuanto a la generación de residuos y contaminación este sistema no genera residuos ya que no se retira material si no que se derrite el poliestireno en dirección a la canaleta y la contaminación es de menor impacto ya que la pistola de calor no genera ruidos muy altos y no levanta partículas al ser un proceso anterior al tarrajeo final.

CAPÍTULO VII

COMPORTAMIENTO Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El desarrollo de este capítulo se dividió en 2 partes: En la primera parte se procedió a analizar el comportamiento estructural de la vivienda ante sismos mediante el software ETABS que sirve para realizar el análisis estructural y el dimensionamiento de edificaciones.

La segunda parte de este capítulo consta de la recopilación y análisis de ensayos de laboratorio realizados a los materiales de cada sistema constructivo. En el caso del sistema Covintec, nos basamos en los informes de laboratorio brindados por la empresa Covintec Chile; mientras que los ensayos realizados al sistema de albañilería confinada, nos basamos en la investigación de Chavez, (2017), quien estudia diferentes unidades de albañilería, entre ellas a los ladrillos de la empresa Diamante, el cual tomamos como referencia para la presente tesis y en datos secundarios de la investigación de Juárez & Neira, (2020), que contrasta unidades de albañilería a base de arcilla y a base de materiales PET.

7. Capítulo VII: Comportamiento estructural

7.1. DISEÑO ESTRUCTURAL

Para realizar el análisis y diseño estructural de la edificación indicada para cada sistema constructivo en concordancia con la normativa vigente, para tal fin se creó un modelo tridimensional de la misma en el cual se realizó un análisis estático y dinámico en el programa ETABS.

7.1.1. GENERALIDADES

7.1.1.1. NORMATIVA EMPLEADA

El diseño de los elementos estructurales se ha realizado siguiendo los lineamientos y especificaciones de las siguientes normas del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- E.020 Cargas 2006
- E.030 Diseño Sismorresistente 2019
- E.050 Suelos y Cimentaciones 2018
- E.060 Concreto Armado 2009
- E.070 Albañilería 2006. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021)

7.1.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN CONSIDERACIÓN

Para el presente proyecto se ha realizado un estudio de suelos, del cual se han obtenido las siguientes propiedades para el diseño de las cimentaciones:

Tabla 57

Resumen de estudio de suelos

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO:	
Tipo de suelo:	Arena mal graduada con limo y grava (SP-SM)
Peso unitario:	1.44 gf/cm ³
Ángulo de rozamiento interno:	30.00°
Cohesión:	0.00 kgf/cm ²
ZAPATAS	
Profundidad de cimentación mínima:	1.80 m
Capacidad portante admisible:	1.91 kgf/cm ²

7.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL SISTEMA COVINTEC

7.1.2.1. CARGAS UTILIZADAS

Se considerarán las siguientes cargas, acorde a la norma E.020:

Tabla 58

Especificaciones de Panel Covintec

PANEL COVINTEC	
Resistencia especificada a la compresión:	$f'c = 70 \text{ kgf/cm}^2$
Peso específico:	$\gamma = 2500 \text{ kg/cm}^3$
Módulo de elasticidad:	$E_c = 15000\sqrt{f'c} \text{ (ACI.318)}$
Fluencia de acero de refuerzo:	$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 59

Especificaciones de malla de Acero Corrugado de 4mm

MALLA DE ACERO CORRUGADO DE 4MM	
Fluencia de acero de refuerzo:	$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$
Límite de fluencia del acero:	$E = 490 \text{ [MN/m}^2\text{]} = 50 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}$
Máxima deformación unitaria en compresión:	$\epsilon_{cu} = 0.00107$

Tabla 60

Especificaciones de Concreto

CONCRETO	
Resistencia especificada a la compresión:	$f'_c = 70 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad:	$E_c = (2.5)^{1.5} \cdot 4000 \sqrt{f'_c} = 132288 \text{ kgf/cm}^2$
Peso específico:	$\gamma = \text{comprendidos entre } 1,5 \text{ [T/m}^3\text{]} \text{ y } 2,5 \text{ [T/m}^3\text{]}$

Tabla 61

Especificaciones de acero de refuerzo

ACERO DE REFUERZO	
Resistencia especificada a la fluencia	$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad:	$E_s = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$
Deformación unitaria al inicio de la fluencia:	$\epsilon_y = 0.0021$

Nota: Benites et al, (2021).

7.1.2.2. ESTRUCTURACIÓN Y PRE-DIMENSIONAMIENTO

En base al diseño arquitectónico, se definió el sistema estructural y la ubicación de sus componentes, permitiendo que los ocupantes del edificio puedan utilizar sus instalaciones de manera satisfactoria y a la vez lograr que la estructura cumpla con la filosofía, principios y concepción estructural del diseño sismorresistente estipulados en la norma E.030. (Benites et al, 2021)

Es así como en función a la propuesta arquitectónica se observa que en la vivienda la presencia de elementos que tienen continuidad vertical y de otros que no la tienen, siendo éstos últimos no útiles como elementos portantes.

- **Techos:** En el primer techo, para una luz máxima en planta de 3.12 m se tiene $3.12/25 = 0.1248$ m, por lo que se ha considerado una losa aligerada con panel estructural Covintec para losas de 15 cm con tarrajeo.
- **Muros:** Los muros que se han propuesto son los paneles estructurales de 13 cm. Estas placas resistirán principalmente cargas de gravedad.

7.1.2.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

7.1.2.3.1. MODELO ESTRUCTURAL

Para predecir la respuesta estructural se crearon modelos tridimensionales de la vivienda. Los diferentes elementos fueron modelados con la geometría y propiedades definidas en los párrafos anteriores. Asimismo, se asignó un diafragma rígido en los techos horizontales y se consideraron las bases empotradas.

Figura 93
Vista 3D del modelo de vivienda

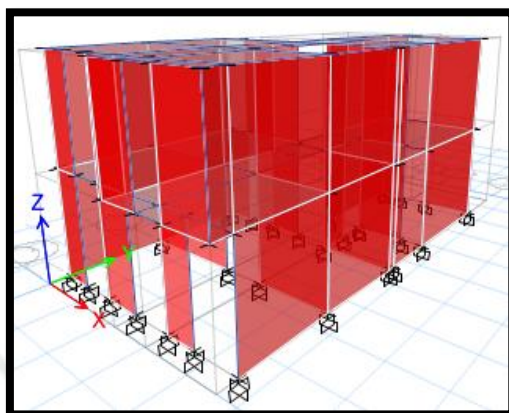
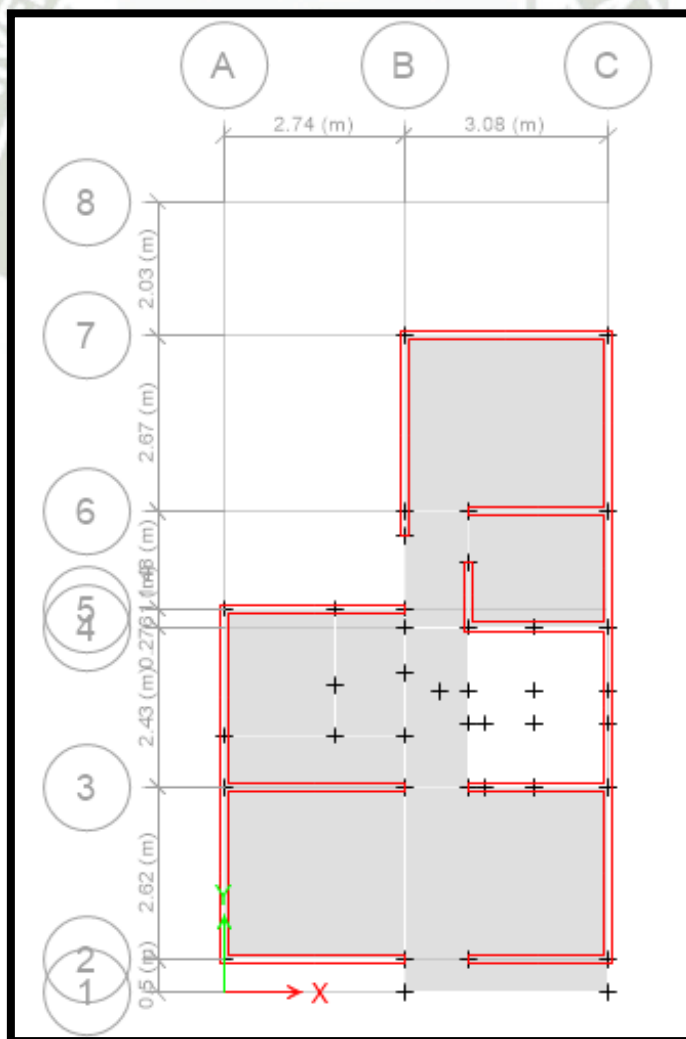


Figura 94
Vista en planta del primer techo



7.1.2.4. ANÁLISIS POR CARGAS DE GRAVEDAD

7.1.2.4.1. ASIGNACIÓN DE CARGA MUERTA Y CARGA VIVA

Respecto a la carga muerta, el peso propio se incluye automáticamente en el modelo, a excepción de las losas aligeradas y el piso terminado donde la carga por unidad de área se incluye manualmente. Para el caso de tabiquería se agregan cargas lineales con ubicación y magnitud acorde a lo estipulado en los planos de arquitectura. Respecto a la carga viva se incluyen las cargas por unidad de área acorde a la utilización de los ambientes.

7.1.2.5. ANÁLISIS POR CARGAS SÍSMICAS

Para el análisis por cargas sísmicas se utilizó el análisis dinámico modal espectral en ambas estructuras, para el cual se considera una fracción del amortiguamiento crítico de 0.05 para todos los modos y se incluye la excentricidad accidental igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. (Benites et al, 2021)

Figura 95

Asignación de carga muerta

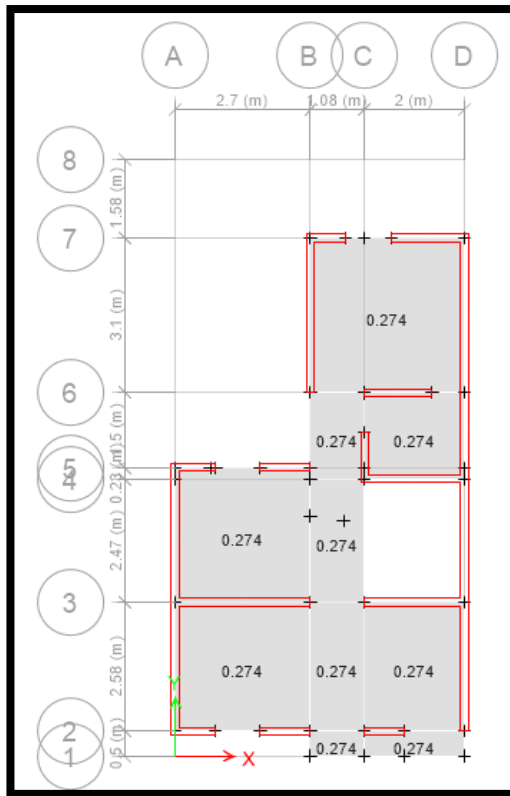
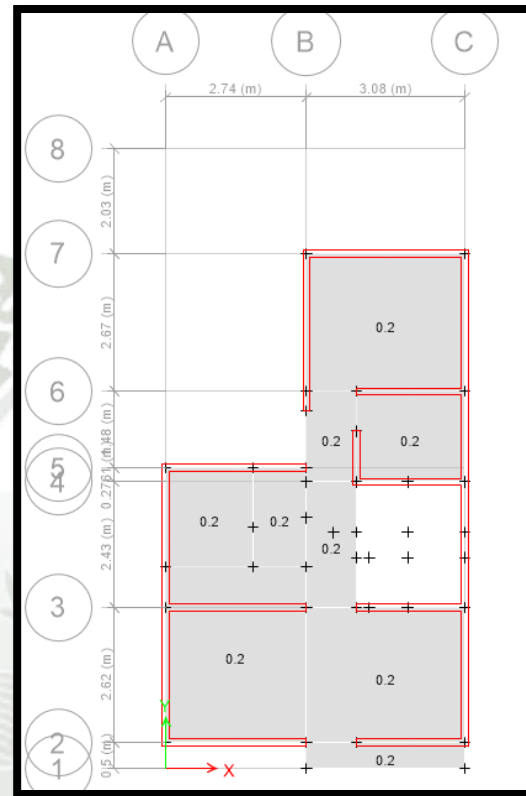


Figura 96

Asignación de carga viva



7.1.2.6. PARÁMETROS SÍSMICOS DIRECCIÓN X & Y

Tabla 62

Parámetros sísmicos dirección X&Y

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA	4	
CATEGORÍA EDIFICACIÓN	C Edificaciones Comunes	
PERFIL SUELO	A.3 Suelos blandos	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Sistema Covintec	
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
C	2.5	Factor de Amplificación Sísmica
Tp (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
Tl (s)	2.0	Periodo de zona con desplazamiento constante
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo
REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
Ro	6	Coficiente Básico de Reducción de Fuerzas
Ia	1	Factor de Irregularidad en Altura
Ip	1	Factor de Irregularidad en Planta
R	6	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas
TIPO	Estructura Regular	

Nota: Benites et al, (2021).

7.1.2.7. PESO SÍSMICO

“Para edificaciones esenciales, el peso sísmico se calculará en base al 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva” (Benites et al, 2021).

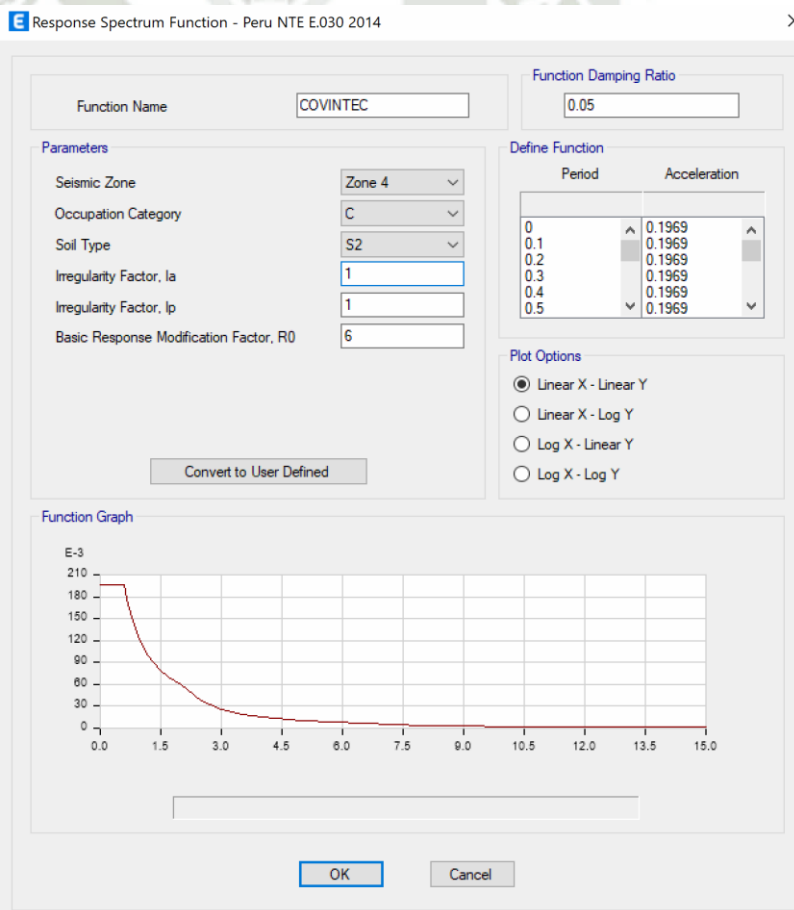
7.1.2.8. MODO DE VIBRACIÓN

Para el análisis se consideraron múltiples modos de vibración, cumpliéndose con obtener una suma de masas efectivas mayor al 90% de la masa total.

Tabla 63
Modos de vibración

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0.158	0.882	8E-05	88.2%	0.0%	0.0001	0.01%
2	0.148	0.0025	0.254	88.5%	25.4%	0.621	62.11%
3	0.136	1.8E-07	0.655	88.5%	90.9%	0.246	86.71%
4	0.066	0.0821	8E-06	96.7%	90.9%	0.0001	86.72%
5	0.05	0.0025	0.0062	96.9%	91.5%	0.0457	91.29%
6	0.045	1.12E-06	0.033	96.9%	94.8%	0.0063	91.92%

7.1.2.8.1. ESPECTRO DE DISEÑO DIRECCIÓN X & Y



7.1.2.9. VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO (DRIFTS)

En la verificación de derivas de entrepiso para el análisis estructural, revisamos los desplazamientos laterales, este parámetro se conoce como factor de ductilidad de entrepiso, se define como la relación del máximo desplazamiento del entrepiso antes del colapso y el que corresponde al desplazamiento en el cual se presenta la primera fluencia en alguna sección. Este parámetro resulta una de las medidas representativas más importantes para comparar el comportamiento de distintos sistemas estructurales que están sometidas a fuerzas laterales y así determinar el grado de daño que puede presentarse. Según la norma peruana A.030 de diseño sismorresistente los límites de distorsión para cada piso según el material predominante se especifican en la siguiente tabla. (Calderon & Gamarra, 2020)

Tabla 64

Límites para la distorsión de entrepiso según la norma E.030

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Nota: Calderon & Gamarra, (2020).

Para el caso del sistema Covintec, para poder contrastar este parámetro contemplamos el factor en edificaciones de concreto armado la deriva admisible es de 0.007. Cabe recordar que los desplazamientos laterales inelásticos se calculan multiplicando los desplazamientos laterales elásticos por $0.75 \cdot R$. (Benites et al, 2021)

Dirección X				
NIVEL	Elástico	Inelástico	Según norma	Cumple
	Max Drift	Max Drift		
1° Techo	0.000033	0.00007425	0.007	Si
2° Techo	0.000032	0.000072	0.007	Si

Dirección Y				
NIVEL	Elástico	Inelástico	Según norma	Cumple
	Max Drift	Max Drift		
1° Techo	0.000009	0.00002025	0.007	Si
2° Techo	0.000014	0.0000315	0.007	Si

7.1.2.10. CORTANTE BASAL MÍNIMO

“El cortante basal dinámico no podrá ser menor que el 80% del cortante basal estático. De no cumplirse lo anterior se deberán escalar proporcionalmente todas las demás fuerzas, salvo los desplazamientos” (Benites et al, 2021).

Tabla 65

Cortante basal mínima Sistema Covintec

Z	0.45	ZUCS/R	0.20625
U	1	P (tonf)	64.07
C	2.5	Vb est (tonf)	13.214
S	1.05	% Vb	80%
R	6	Vb min (tonf)	10.57155

Dirección	X	Y
Vb Dinámico (tonf)	22.34	24.72

7.1.3. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

7.1.3.1.1. CARGAS UTILIZADAS

Se considerarán las siguientes cargas, acorde a la norma E.020:

Tabla 66
Cargas utilizadas en el diseño estructural

CARGA MUERTA (CM):	
Peso específico de elementos de concreto armado	2.4 tonf/m ³
Peso específico de tabiquería de albañilería con tarrajeo	1.9 tonf/m ³
Losa aligerada unidireccional de 20 cm	0.30 tonf/m ²
Piso terminado	0.10 tonf/m ²
CARGA VIVA (CV):	
Sobrecarga en viviendas:	0.20 tonf/m ²

Nota: Benites et al, (2021).

7.1.3.2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Las especificaciones consideradas para el diseño estructural son las siguientes:

Tabla 67
Especificaciones de Concreto

CONCRETO	
Resistencia especificada a la compresión:	$f_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad:	$E_c = 15000\sqrt{f_c} = 217370.65 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de Poisson	$\mu = 0.15$
Máxima deformación unitaria en compresión:	$\epsilon_{cu} = 0.003$
Módulo de ruptura:	$f_r = 2\sqrt{f_c} = 28.983 \text{ kgf/cm}^2$

Nota: Benites et al, (2021).

Tabla 68
Especificaciones de acero de refuerzo

ACERO DE REFUERZO	
Resistencia especificada a la fluencia	$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$
Módulo de elasticidad:	$E_s = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$
Deformación unitaria al inicio de la fluencia:	$\epsilon_y = 0.0021$

Nota: Benites et al, (2021).

7.1.3.3. ESTRUCTURACIÓN Y PRE-DIMENSIONAMIENTO

En base al diseño arquitectónico, se definió el sistema estructural y la ubicación de sus componentes, con el fin de lograr que la estructura cumpla con la filosofía, principios y concepción estructural del diseño sismorresistente estipulados en la norma E.030. (Benites et al, 2021)

Es así que en función a la propuesta arquitectónica se observa que en la vivienda la presencia de elementos que tienen continuidad vertical y de otros que no la tienen, siendo éstos últimos no útiles como elementos portantes.

- **Columnas:** Se han propuesto columnas de 15x15 cm, para coincidir con el ancho de las vigas y confinar los muros de albañilería. Estas columnas serán usadas para confinamiento de los muros.
- **Vigas:** Las vigas serán de 15x15 cm, pues estas servirán para confinamiento y para transmitir las cargas a los muros de albañilería.
- **Techos:** En el primer techo, para una luz máxima en planta de 3.12 m se tiene $3.12/25 = 0.1248 \text{ m}$, por lo que se ha considerado una losa aligerada de 20 cm.
- **Muros:** Los muros que se han propuesto son de albañilería. Los cuales cumplen con la normativa vigente de albañilería. Considerando la norma E.070, los muros de albañilería tendrán un espesor no menor de $2.59\text{m}/20 = 0.1295\text{m}$, para cual para la vivienda se tomó un espesor de 0.15 m. Estos resistirán principalmente cargas de gravedad.

- **Densidad de muros reforzados:** Para poder desarrollar las estructuras es necesario determinar si se cuenta con la densidad mínima de los muros reforzados.

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo
N	2	Número de pisos
Z.U.S.N/56	0.016875	Densidad mínima de muros reforzados

MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, PRIMER NIVEL							
EJE X				EJE Y			
MUROS	L (m)	t (m)	L.t	MUROS	L (m)	t (m)	L.t
MURO 1	2.9	0.15	0.435	MURO 1	5.45	0.15	0.8175
MURO 2	4.75	0.15	0.7125	MURO 2	3.05	0.15	0.4575
MURO 3	3.84	0.15	0.576	MURO 3	9.6	0.15	1.44
MURO 4	1.44	0.15	0.216				
MURO 5	2.05	0.15	0.3075				
TOTAL			2.247	TOTAL			2.715
ÁREA (m2)			41	ÁREA (m2)			41
ΣLt/Ap			0.0548	ΣLt/Ap			0.0662

MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA, SEGUNDO NIVEL							
MUROS			L (m)	t (m)			L.t
MURO 1	3.77	0.15	0.5655	MURO 1	5.45	0.15	0.8175
MURO 2	2	0.15	0.3	MURO 2	7.35	0.15	1.1025
MURO 3	3.91	0.15	0.5865	MURO 3	10.55	0.15	1.5825
MURO 4	1.44	0.15	0.216				
MURO 5	2.05	0.15	0.3075				
TOTAL	1.9755	TOTAL	3.5025				
ÁREA (m2)			48.8	ÁREA (m2)			48.8
ΣLt/Ap			0.0404	ΣLt/Ap			0.0718
MUROS			L (m)	t (m)			L.t

Cumpliendo en ambos sentidos la densidad mínima de muros reforzados

7.1.3.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

7.1.3.4.1. MODELO ESTRUCTURAL

Para predecir la respuesta estructural se crearon modelos tridimensionales de la vivienda. Los diferentes elementos fueron modelados con la geometría y propiedades definidas en los párrafos anteriores. Asimismo, se asignó un diafragma rígido en los techos horizontales y se consideraron las bases empotradas.

Figura 97

Vista 3D del modelo de vivienda Albañilería confinada

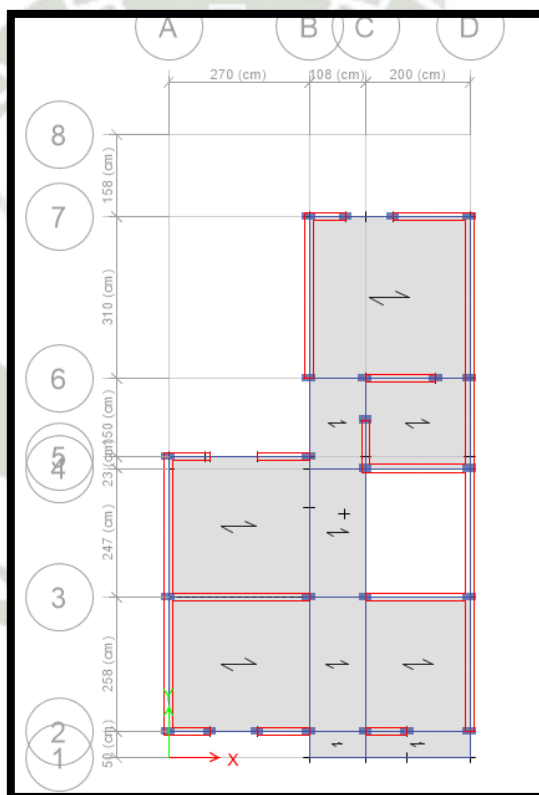
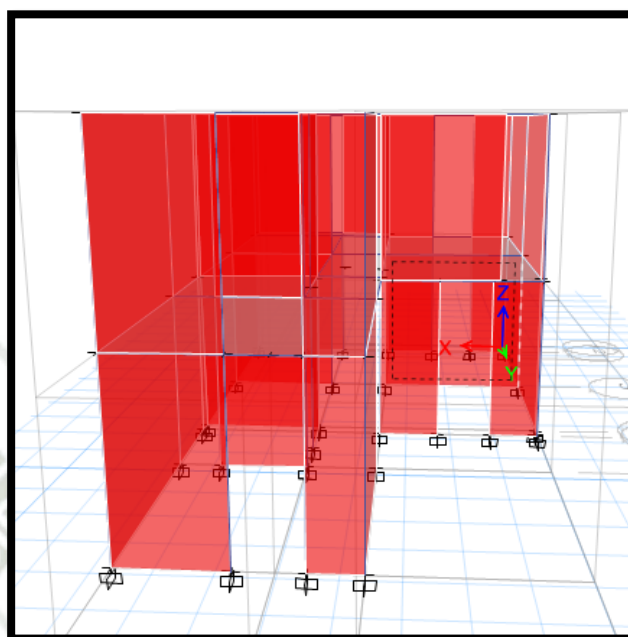


Figura 98**Vista en planta del primer techo**

7.1.3.5. ANÁLISIS POR CARGAS DE GRAVEDAD

7.1.3.5.1. ASIGNACIÓN DE CARGA MUERTA Y CARGA VIVA

Respecto a la carga muerta, el peso propio se incluye automáticamente en el modelo, a excepción de las losas aligeradas y el piso terminado donde la carga por unidad de área se incluye manualmente. Para el caso de tabiquería se agregan cargas lineales con ubicación y magnitud acorde a lo estipulado en los planos de arquitectura. Respecto a la carga viva se incluyen las cargas por unidad de área acorde a la utilización de los ambientes.

Figura 99

Asignación de carga muerta

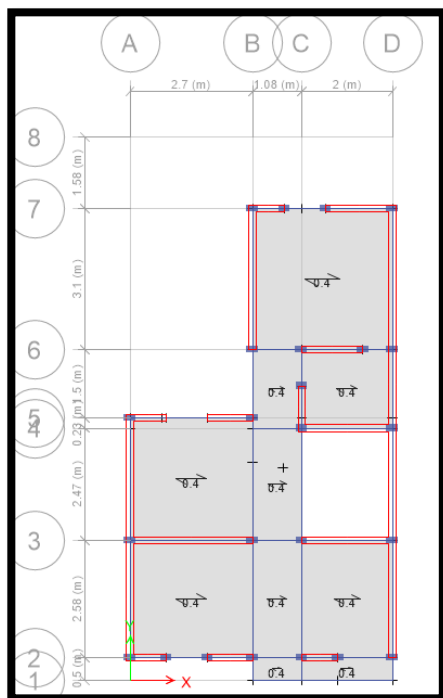
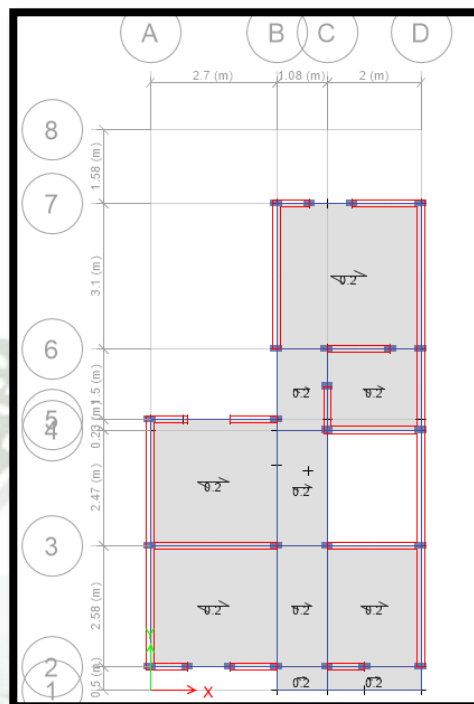


Figura 100

Asignación de carga viva



7.1.3.6. ANÁLISIS POR CARGAS SÍSMICAS

Para el análisis por cargas sísmicas se utiliza el análisis dinámico modal espectral en ambas estructuras, para el cual se considera una fracción del amortiguamiento crítico de 0.05 para todos los modos y se incluye la excentricidad accidental igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. (Benites et al, 2021)

7.1.3.7. PARÁMETROS SÍSMICOS DIRECCIÓN X & Y

Tabla 69

Parámetros sísmicos dirección X&Y

DATOS DE LA EDIFICACIÓN		
ZONA SÍSMICA	4	
CATEGORÍA EDIFICACIÓN	C Edificaciones Comunes	
PERFIL SUELO	A.3 Suelos blandos	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Albañilería Armada o Confinada	
COEFICIENTES SÍSMICOS		
Z	0.45	Factor de Zona
U	1	Factor de Uso
C	2.5	Factor de Amplificación Sísmica
Tp (s)	0.6	Periodo que define la plataforma en el espectro
Tl (s)	2.0	Periodo de zona con desplazamiento constante
S	1.05	Factor de Amplificación del Suelo
REGULARIDAD ESTRUCTURAL		
Ro	3	Coefficiente Básico de Reducción de Fuerzas
Ia	1	Factor de Irregularidad en Altura
Ip	1	Factor de Irregularidad en Planta
R	3	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas
TIPO	Estructura Regular	

Nota: Benites et al, (2021).

7.1.3.8. PESO SÍSMICO

“Para edificaciones esenciales, el peso sísmico se calculará en base al 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva” (Benites et al, 2021).

7.1.3.9. MODO DE VIBRACIÓN

“Para el análisis se consideran múltiples modos de vibración, cumpliéndose con obtener una suma de masas efectivas mayor al 90% de la masa total” (Benites et al, 2021).

Tabla 70
Modos de vibración

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0.189	0.9403	0.0026	94.03%	0.26%	0.0051	0.51%
2	0.181	0.0041	0.8718	94.44%	87.44%	0.0951	10.02%
3	0.167	0.001	0.0963	94.53%	97.07%	0.8658	96.61%
4	0.078	0.0547	0.00001329	100.00%	97.07%	0.0005	96.65%
5	0.07	0.000007913	0.0261	100.00%	99.68%	0.003	96.95%
6	0.066	0.00001301	0.0032	100.00%	100.00%	0.0305	100.00%



7.1.3.10. ESPECTRO DE DISEÑO DIRECCIÓN EN X&Y

E Response Spectrum Function - Peru NTE E.030 2014 ×

Function Name:

Function Damping Ratio:

Parameters

Seismic Zone:

Occupation Category:

Soil Type:

Irregularity Factor, I_a:

Irregularity Factor, I_p:

Basic Response Modification Factor, R₀:

Define Function

Period	Acceleration
0	0.4125
0.1	0.4125
0.2	0.4125
0.3	0.4125
0.4	0.4125
0.5	0.4125

Plot Options

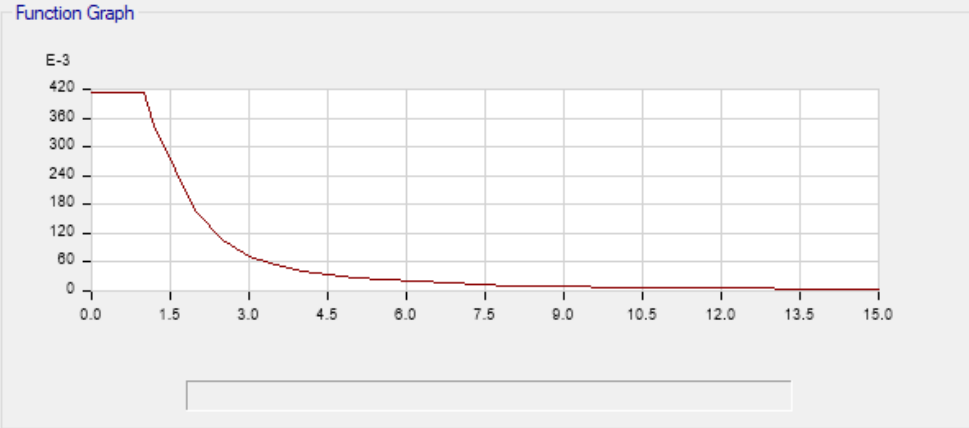
Linear X - Linear Y

Linear X - Log Y

Log X - Linear Y

Log X - Log Y

Function Graph



7.1.3.11. VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO (DRIFTS)

“Para edificaciones de albañilería la deriva admisible es de 0.005. Cabe recordar que los desplazamientos laterales inelásticos se calculan multiplicando los desplazamientos laterales elásticos por $0.75 \cdot R$ ” (Benites et al, 2021).

Tabla 71

Limites para la distorsión de entrepiso según la norma E.030

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

Nota: Benites et al, (2021).

Para el caso del sistema de albañilería confinada, para poder contrastar este parámetro contemplamos el factor en edificaciones de concreto armado la deriva admisible es de 0.005. Cabe recordar que los desplazamientos laterales inelásticos se calculan multiplicando los desplazamientos laterales elásticos por $0.75 \cdot R$. (Benites et al, 2021)

Dirección X				
NIVEL	Elástico	Inelástico	Según norma	Cumpl e
	Max Drift	Max Drift		
1° Techo	0.000657	0.00147825	0.005	Si
2° Techo	0.00106	0.002385	0.005	Si

Dirección Y				
NIVEL	Elástico	Inelástico	Según norma	Cumpl e
	Max Drift	Max Drift		
1° Techo	0.000461	0.00103725	0.005	Si
2° Techo	0.001099	0.00247275	0.005	Si

7.1.3.12. CORTANTE BASAL MÍNIMO

“El cortante basal dinámico no podrá ser menor que el 80% del cortante basal estático. De no cumplirse lo anterior se deberán escalar proporcionalmente todas las demás fuerzas, salvo los desplazamientos” (Benites et al, 2021).

CORTANTE BASAL ESTÁTICO			
Z	0.45	ZUCS/R	0.4125
U	1	P (tonf)	95.44
C	2.5	Vb est (tonf)	39.369
S	1.05	% Vb	80%
R	3	Vb min (tonf)	31.4952

CORTANTE BASAL DINAMICO		
Dirección	X	Y
Vb Dinámico (tonf)	32.13	34.52

7.2. ENSAYOS REALIZADOS AL SISTEMA COVINTEC

Para los ensayos realizados al sistema recurrimos a datos secundarios obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de IDIEM(Laboratorios de la sección física de la construcción del instituto de ensayos de materiales de la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile.) de la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile. Este sistema fue evaluado de acuerdo a la norma chilena NCh806.EOf71 Arquitectura y construcción – Paneles prefabricados – Clasificación y requisitos; ya que se aplica a paneles prefabricados destinados a constituir elementos de un edificio, en donde se establece una clasificación según su construcción, materiales y resistencia mecánica. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

7.2.1. PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

7.2.1.1. ESTABILIDAD DIMENSIONAL

El poliestireno expandido está sometido a variaciones dimensionales debido a la influencia térmica, evaluándose a través del coeficiente de dilatación térmica, independientemente de su densidad, este coeficiente se sitúa entre 0.05 y 0.07 mm por metro de longitud y grado Kelvin. Esto quiere decir que una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2m de longitud sometido a un salto de 20°C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2.8mm. (Martinez, 2012)

7.2.1.2. DENSIDAD

Siendo el poliestireno expandido una espuma rígida de gran trabajabilidad caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente; una de las principales propiedades del EPS que lo hace atrayente como relleno ligero es su baja densidad, ya que gran parte de las propiedades mecánicas del mismo dependen de su densidad aparente, en el Perú aún no existe una norma que regule el uso de Poliestireno expandido en la construcción, por lo que para este punto nos basamos en la norma chilena NCh1070 Of.84 Aislación Térmica – Poliestireno expandido. Esta norma establece requisitos que debe cumplir el poliestireno expandido en general, sea en forma de material granulado, perlas, bloques, placas y planchas. El poliestireno expandido en planchas y bloques se deberán

fabricar con las siguientes densidades nominales aparentes de 10 –15 – 20 – 25- 30 – 40 kg/m³. La densidad del poliestireno usada en el Sistema Covintec es de 10 kg/m³, según su comportamiento mecánico y forma de uso, el panel se clasifica según la norma NCh1070 Of.84 Aislación Térmica – Poliestireno expandido como Tipo B ya que es poliestireno expandido rígido en planchas, comprensible, capaz de recibir carga moderada y este material presenta densidades de 10 a 20kg/m³. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

7.2.1.3. ABSORCIÓN DE HUMEDAD

Al contrario de otros materiales de construcción, el poliestireno expandido no es higroscópico, según la norma NCh1070 Of.84 Aislación Térmica – Poliestireno expandido la absorción máxima volumétrica de agua será inferior o igual al 5%. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

“Según Martínez, incluso sumergiendo el material durante 28 días en su totalidad en agua, la absorción del material oscila entre 1% y 3% de su volumen” (Martínez, 2012).

7.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO A PROBETAS DE MORTERO

7.2.2.1. Estudio de mortero

En el informe sobre estudio de mortero para revestimiento de paneles estructurales Covintec se analizaron la dosificación y la granulometría más adecuada para el revestimiento de los paneles; siendo el espesor de la carga de mortero de 2,5cm, los criterios usados para la selección de mezclas fueron: resistencia a compresión 140 kg/cm²; fluidez superior a 120 y una retentividad superior a 70%. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Los componentes de las mezclas son cemento, cal y arena; la granulometría del agregado que se eligió fue arena del tamiz N°4 (4,76mm de abertura) y los ensayos de flexo compresión y compresión se hicieron con probetas de 28 días.

Tabla 72

Ensayos en mezclas con cemento Melón corriente

Mezcla	1:0,25:4		1:0,5:4		1:0,5:5		1:0:3		1:0:4		1:1:6	
	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie
Densidad (Kg/dm ³)	2.14	2.17	2.11	2.14	2.13	2.14	2.16	2.17	2.14	2.16	2.10	
Fluidez (%)	112	143	118	142	118	143	117	146	103	120	122	
Retentividad	72	80	80	82	84	83	58	69	53	33	82	
% razón A/C	0.79	0.81	0.96	0.95	0.99	1.07	0.56	0.61	0.68	0.67	1.30	
Flexo tracción (kg/cm ²)	71	68	71	64	55	50	115	96	48	81	38	
Compresión (kg/cm ²)	153	155	147	134	110	91	293	275	174	179	70	

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 73

Ensayos en mezclas con cemento Polpaico corriente

Mezcla	1:0,25:4		1:0,5:4		1:0,5:5		1:0:3		1:0:4		1:1:6	
	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie	1° serie	2° serie
Densidad (Kg/dm ³)	2.16	2.16	2.17	2.13	2.14	2.16		2.20	2.17		2.14	
Fluidez (%)	108	138	116	126	114	139		139	120		36	
Retentividad	52	74	56	74	63	70		63	33		70	
% razón A/C	0.74	0.80	0.75	0.89	0.96	1.03		0.58	0.67		1.11	
Flexo tracción (kg/cm ²)	70	69	84	59	59	52		99	81		44	
Compresión (kg/cm ²)	165	170	203	137	121	105		248	179		76	

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

La mezcla 1:0:3, siendo la más rica en cemento; da las resistencias más altas, pero con retentividades bajas haciendo que la mezcla sea dura y difícil de trabajar; las mezclas de 1:0:4 dan resistencias moderadas, pero con poca retentividad. Las mezclas más pobres, 1:1:6 resultaron con resistencias bajas, pero con gran retentividad; por otro lado, la mezcla 1:0,5:5, resultó con resistencias del orden de 110 kg/cm² y buena retentividad. Por último las mezclas 1:0,25:4 cumple con todos los requisitos de resistencia a compresión 140 kg/cm² (170 kg/cm²); fluidez superior a 120 (138) y una retentividad superior a 70% (74%), mientras que la mezcla 1:0,5:4 está muy cerca de cumplir los requisitos. El uso de la cal en la construcción peruana no es convencional; lo que es más común en la realidad de la construcción en Chile; país desde donde se importan los paneles. En la entrevista realizada a la empresa de Covintec

ubicada en la ciudad de Tacna, afirmo que en la adaptación del Sistema Covintec a la realidad peruana, el uso de la cal es descartado ya que el uso de esta afectaba a la apariencia final de los muros e impedía obtener un acabado liso en las paredes, otra desventaja fue que la aplicación de la cal en el mortero hace que se incremente la cantidad de agua en las mezclas de mortero. (Covintec Tacna, 2022)

De acuerdo a la con la norma técnica E 0.70 de albañilería, los materiales aglomerantes del mortero pueden ser cemento portland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo a las normas; de no contar con cal hidratada normalizada se podrá utilizar el mortero sin cal respetando las proporciones cemento arena indicadas en la tabla 4 de la norma; los componentes del mortero deberán tener las siguientes dosificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Tabla 74
Tipos de mortero según norma E070. Albañilería

TABLA 4				
TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006)

7.2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO A PANELES PREFABRICADOS COVINTEC

7.2.3.1. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE MUROS SIN ESTUCAR

En este ensayo se tomaron como muestras 6 probetas, donde cada una consiste en una plancha de poliestireno expandido de 54mm de espesor reforzado por una malla acma compuesta de alambre de diámetro 2mm. Los resultados de los ensayos se muestran en la siguiente tabla. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Tabla 75

Ensayo de compresión axial sobre muros sin estucar

Muestra del panel (N°)	Perdida de proporcionalidad			Distancias alambre mallas	Carga máxima	Tipo de falla
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Espesor total (cm)		Kg/m ²	
M1	122.50	246.00	72.50	50x50	1004	Por torsión y alabeo
M2	122.50	246.00	72.50	50x50	963	por rotura en tercio superior
M3	122.00	246.00	72.50	50x50	820	Por torsión con aplastamiento en cabeza superior
S1	122.00	245.00	72.50	50x102	377	por rotura en tercio superior
S2	122.00	244.00	72.50	50x102	348	por rotura en tercio superior
S3	122.00	244.00	72.50	50x102	497	por rotura en tercio inferior

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

7.2.3.2. ENSAYO A COMPRESIÓN

De acuerdo a la norma chilena NCH801.Of2003, este ensayo consiste en someter a un módulo aislado del panel, colocado en forma vertical y simplemente apoyado en sus extremos superior e inferior, a la acción de carga vertical aplicada de manera excéntrica. La carga de compresión se aplica de forma incremental y cuasi-estática, mediante ciclos de carga-descarga. Durante este ensayo se mide la deformación longitudinal y la deflexión transversal del panel bajo carga máxima y al descargar. Se ensayaron 3 muestras del panel estructural y 3 muestras del panel máster de Covintec, con las siguientes características: dimensiones de 1.22 m de largo x 2.44 m de alto x 110 mm de espesor y 330 kg de masa con revestimientos de mortero de 20 a 30 mm de espesor con dosificación 1:4 (cemento: arena), reforzada con polipropileno de 2 gr por litro de agua, en las siguientes tablas se presentan las características del mortero usados en cada tipo de panel galvaniza. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 76
Características mecánicas del mortero de cemento del
revestimiento panel estructural

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la flexotracción (Mpa)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1	7	2188	2.0	7.2
2	28	2203	3.4	12.7
3	28	2207	3.5	13.1

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 77
Características mecánicas del mortero de cemento del
revestimiento panel máster

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la flexotracción (Mpa)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1	7	2145	1.6	4.8
2	28	2148	2.7	8.4
3	28	2133	2.5	8.7

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

En la tabla 76 y tabla 77, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo de compresión excéntrica, donde se indican las cargas y las deformaciones asociadas a los estados límites de pérdida de proporcionalidad en el comportamiento de carga-deflexión y la resistencia máxima a la compresión de los paneles estructurales y máster respectivamente. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 78

Resultados del ensayo de compresión excéntrica al panel estructural

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad				Resistencia máxima			
	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Deformación axial (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Deformación axial (mm)
1	-	-	-	-	122.3	98.6	3.2	1.3
2	-	-	-	-	201.8	162.7	4.3	2.2
3	52.6	42.4	1.4	0.1	156.8	126.5	7.4	2.2
f'b Promedio	52.60	42.40	1.40	0.10	156.80	126.50	7.40	2.20
δ Desviación estándar	30.37	24.48	0.81	0.06	39.87	32.14	2.18	0.52
Prom-δ	22.23	17.92	0.59	0.04	116.93	94.36	5.22	1.68

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 79

Resultados del ensayo de compresión excéntrica al panel máster

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad				Resistencia máxima			
	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Deformación axial (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Deformación axial (mm)
1	94.00	75.10	2.20	0.53	164.80	131.60	4.72	1.19
2	133.80	106.90	2.39	0.25	233.70	186.70	4.75	0.46
3	113.50	90.70	2.66	0.67	152.40	121.70	4.51	1.02
f'b Promedio	113.77	90.90	2.42	0.48	183.63	146.67	4.66	0.89
δ Desviación estándar	19.90	15.90	0.23	0.21	43.80	35.02	0.13	0.38
Prom-δ	93.87	75.00	2.19	0.27	139.83	111.65	4.53	0.51

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Como conclusión, en el ensayo de compresión excéntrica al panel estructural no fue posible establecer la clasificación de las muestras 1 y 2 debido a que no fue posible determinar el límite de proporcionalidad dado lo irregular de su comportamiento carga-deflexión (curvatura no uniforme).

El panel presenta una curvatura concentrada en su extremo superior, que aumenta hacia el centro conforme se incrementa la carga, este patrón de curvatura puede deberse, en parte, a que los revestimientos exterior e interior no se encuentran unidos de forma rígida (solo están unidos por medio del tejido de alambre transversal).

Según la norma NCh806.EOf71, los paneles se clasificarán, según su resistencia a la compresión (RC), en los grados y sub-grados que se indican en la siguiente tabla. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

Tabla 80**Clasificación teórica de panel según su resistencia a compresión**

Grado RC	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	1 000 a 3 000	mínimo 500
2	3 000 a 8 000	mínimo 1 500
3	8 000 ó más	mínimo 4 000

Subgrado RC	Deformación admisible ¹⁾ mm
a	14 a 21
b	7 a 14
c	7 ó menos

Nota: Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, (1999).

La muestra N° 3 del panel estructural fue la única que se pudo clasificar en Grado RC 3 y Subgrado RC c según la norma NCh806.EOf71, debido a que la carga de pérdida de proporcionalidad del panel es de 4323,6 kg/ml el cual es mayor al valor mínimo para el grado 3 especificado en la norma que es de 4000 kg/ml y Subgrado c puesto que su deformación admisible es menor 7 mm. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

La carga de pérdida de proporcionalidad promedio del panel máster es de 9269,22kg/ml y deformación admisible es menor 7 mm clasificándose también en Grado RC 3 y Subgrado RC c, según la norma NCh806.EOf71.

Figura 101

Vista general del montaje del ensayo de compresión al panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 102**Modo de falla del panel**

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 103**Falla típica del panel**

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

7.2.3.3. ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL

De acuerdo a la norma chilena NCH802.Of2003, este ensayo consiste en someter al panel a la acción de una carga horizontal cuasi-estática, cíclica e incremental aplicada en el plano del panel (a nivel superior). En cada ciclo de carga, se mide la deformación horizontal en la dirección de carga (a nivel superior) y el deslizamiento y la rotación en la base, tanto bajo carga máxima como al retirar la carga. Se ensayaron 3 muestras del panel estructural y 3 muestras del panel máster de Covintec, con las siguientes características: dimensiones de 2.48 m de largo x 2.44 m de alto x 110 mm de espesor con revestimientos de mortero de 20 a 30 mm de espesor con dosificación 1:4 (cemento: arena), reforzada con polipropileno de 2 gr por litro de agua. Cada muestra se conforma de dos módulos de 1.24 m de largo x 2.44 m de alto, unidos a través de 2 trozos de mallas de unión, el panel se ancla a un sobrecimiento de hormigón armado de 300mm alto x 150 mm de ancho y 2.50 m de largo, el anclaje se realiza a través de barras de acero para hormigón armado de 8 mm de diámetro. Se colocan dos líneas de barras de acero coincidentes interior y

exterior respectivamente espaciados longitudinalmente a 600mm, embebidas 300 mm en el sobrecimiento y 400 mm en el mortero de revestimiento, el sobrecimiento va anclado a una viga de cimiento de hormigón armado de 300mm x 400mm y 2.8m de largo. En las siguientes tablas se detallan las características del mortero de revestimiento y la viga de cimentación usado en los ensayos. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

Tabla 81

Características del mortero de cemento de revestimiento panel estructural

Probeta	Edad (días)	Resistencia a la flexo-tracción (Mpa)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1	9	2	5.9
2	9	2	4.5
3	9	2	4.6

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 82

Características del mortero de revestimiento panel máster

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (mm)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2258	1.8	6.6
2	28	2246	3.1	11.1
3	28	2260	3.3	10.8

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 83

Características hormigón sobrecimiento

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (mm)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2250		9.0
2	28	2240	180.0	15.6
3	28	2220		14.5

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 84

Características hormigón viga de fundación panel estructural

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (mm)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2410		20.5
2	28	2400	80.0	30.2
3	28	2420		29.1

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 85

Características hormigón viga de fundación panel máster

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (mm)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2330		33.2
2	28	2310	10.0	42.2
3	28	2310		43.0

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

En la tabla 86 y tabla 87, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo horizontal, donde se indican las cargas y las deformaciones asociadas a los estados límites de pérdida de proporcionalidad en el comportamiento de carga horizontal y la resistencia máxima a la carga horizontal de los paneles estructurales y máster respectivamente. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 86

Resultados del ensayo de carga horizontal al panel estructural

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad			Resistencia máxima		
	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deformación horizontal (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deformación horizontal (mm)
1	8.20	3.30	1.20	25.40	10.20	3.70
2	10.70	4.30	1.20	26.80	10.80	5.90
3	6.50	2.60	0.70	25.30	10.20	5.00
f'b Promedio	6.50	2.60	0.70	25.30	10.20	5.00
σ Desviación estándar	2.11	0.85	0.29	0.84	0.35	1.11
Prom-σ	4.39	1.75	0.41	24.46	9.85	3.89

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 87

Resultados del ensayo de carga horizontal al panel máster

Muestra del panel (N°)	Perdida de proporcionalidad			Resistencia máxima		
	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deformación horizontal (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deformación horizontal (mm)
1	15.35	6.19	0.58	48.41	19.52	5.62
2	16.48	6.65	0.46	49.48	19.95	5.34
3	12.35	4.98	0.18	39.83	16.06	3.38
f'b Promedio	14.73	5.94	0.41	45.91	18.51	4.78
σ Desviación estándar	2.13	0.86	0.21	5.29	2.13	1.22
Prom-σ	12.59	5.08	0.20	40.62	16.38	3.56

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

“Según la norma NCh806.EOf71, los paneles se clasificarán, de acuerdo a su comportamiento bajo cargas horizontales (RH), en los grados y sub-grados que se indican” (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014).

Tabla 88

Clasificación teórica de panel según su resistencia a carga horizontal

Grado RH	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	500 a 1 000	mínimo 250
2	1 001 a 2 000	mínimo 500
3	2 001 ó más	mínimo 1 000

Subgrado RH	Deformación admisible ²⁾ mm
a	30 a 40
b	15 a 30
c	15 ó menos

Nota: Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, (1999)

Las muestras del panel estructural se clasifican en Grado RC 1 y Subgrado RC c según la norma NCh806.EOf71, debido a que la carga de perdida de proporcionalidad promedio del panel es de 265,13 kg/ml y cumple con el valor mínimo para el grado 1 especificado en la norma que es de 250 kg/ml y

Subgrado c puesto que su deformación admisible es menor 15 mm. La carga de pérdida de proporcionalidad promedio del panel máster es de 605,71 kg/ml clasificándose también en Grado RC 2 siendo 500 kg/m lo mínimo y Subgrado RC c debido a que la deformación admisible es menor 15 mm, según la norma NCh806.EOf71. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Figura 104

Vista general del montaje del ensayo de carga horizontal al panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 105

Colocación del revestimiento de mortero



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 106**Modo de falla del panel**

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 107**Falla típica del panel**

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

7.2.3.4. ENSAYO A FLEXIÓN FUERA DE PLANO

De acuerdo a la norma chilena NCH803.Of2003, este ensayo consiste en someter a un módulo aislado del panel, colocado en forma horizontal y simplemente apoyado en sus extremos de menor longitud, a la acción de carga aplicada perpendicular a su plano. Durante este ensayo se mide la deflexión o deformación transversal del panel (al centro) bajo carga máxima y al descargar (deflexión residual o permanente). Se ensayaron 3 muestras del panel estructural y 3 muestras del panel máster de Covintec, con las siguientes características: dimensiones de 1.22 m de largo x 2.44 m de alto x 110 mm de espesor y 330 kg de masa con revestimientos de mortero de 20 a 30 mm de espesor con dosificación 1:4 (cemento: arena), reforzada con polipropileno de 2 gr por litro de agua. En las tablas 89 y 90, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo, donde se indican las cargas y las deflexiones asociadas a los estados límites de pérdida de proporcionalidad en el comportamiento de carga y la resistencia máxima a la flexión fuera de plano. En las tablas 81 y 82 se presentan

las características del mortero utilizado para dicho ensayo en cada tipo de panel.
(Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 89

Resultados del ensayo de flexión fuera del plano al panel estructural

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad			Resistencia máxima		
	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)
1	2.80	2.30	1.30	15.80	12.90	46.80
2	2.80	2.30	1.40	16.60	13.60	52.80
3	2.70	2.20	0.80	15.90	13.10	42.80
f'b Promedio	2.77	2.27	1.17	16.10	13.20	47.47
σ Desviación estándar	0.06	0.06	0.32	0.44	0.36	5.03
Prom-σ	2.71	2.21	0.85	15.66	12.84	42.43

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 90

Resultados del ensayo de flexión fuera del plano al panel máster

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad			Resistencia máxima		
	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)
1	2.87	2.30	1.98	7.70	6.16	35.32
2	2.89	2.31	0.66	8.16	6.53	26.43
3	1.89	1.51	0.32	9.09	7.27	45.60
f'b Promedio	2.55	2.04	0.99	8.32	6.65	35.78
σ Desviación estándar	0.57	0.46	0.88	0.71	0.57	9.59
Prom-σ	1.98	1.58	0.11	7.61	6.09	26.19

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

“Según la norma NCh806.EOf71, los paneles se clasificarán, de acuerdo a su comportamiento bajo cargas horizontales (RT) flexión, en los grados y subgrados que se indican” (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999).

Tabla 91

Clasificación teórica de panel según su resistencia a flexión

Grado RT	Carga de rotura kg/ml	Límite de proporcionalidad kg/ml
1	500 a 1 000	mínimo 250
2	1 000 a 1 500	mínimo 500
3	1 500 ó más	mínimo 1 000

Subgrado RT	Deformación admisible ³⁾ mm
a	50 a 100
b	25 a 50
c	25 ó menos

Nota: Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, (1999)

Como conclusión, el panel estructural y el panel máster no clasifican de acuerdo a su comportamiento a la flexión según la norma NCh806.EOf71, debido a que la carga de perdida de proporcionalidad promedio del panel es 231,48 kg/ml y 208,02 kg/ml respectivamente siendo menor que el valor mínimo especificado en la norma que es de 254,93 kg/ml. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

Figura 108

Vista general del montaje del ensayo de flexión al panel



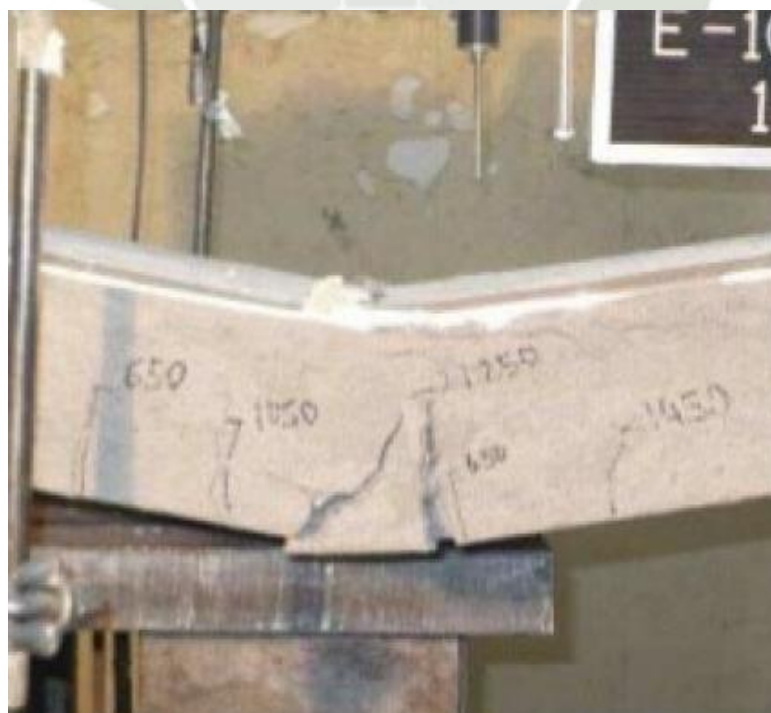
Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 109
Modo de falla del panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 110
Falla típica del panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

7.2.3.5. ENSAYO A FLEXIÓN DE LOSA

De acuerdo a la norma chilena NCH803.Of2003, este ensayo consiste en someter a un módulo aislado del panel, colocado en forma horizontal y simplemente apoyado en sus extremos de menor longitud, a la acción de carga aplicada perpendicular a su plano. Durante este ensayo se mide la deflexión o deformación transversal del panel (al centro) bajo carga máxima y al descargar (deflexión residual o permanente). Se ensayaron 3 muestras del panel estructural de Covintec, con las siguientes características: dimensiones de 3.04 m de largo x 1.22 m de ancho x 15 mm de espesor con revestimientos de mortero inferior (cielo) estuco de mortero de 45mm a 50mm de espesor, de dosificación 1:4 (cemento: arena), reforzada con polipropileno de 2 gr por litro de agua; mortero superior (piso) compuesto por concreto normal de 50 mm a 65 mm de espesor, pre dosificado en seco. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

En las siguientes tablas se detallan las características del hormigón:

7.3. ENSAYOS REALIZADOS PARA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Para la mayoría de los ensayos de unidades de albañilería, nos basamos en la investigación de Chavez, quien estudia diferentes unidades de albañilería, entre ellas a los ladrillos de la empresa Diamante, el cual tomamos como referencia para la presente tesis. (Chavez, 2017)

Tabla 92
Características del mortero de cemento de revestimiento de
cielo

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la flexotracción (Mpa)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2145	1.6	4.8
2	28	2148	2.7	8.4
3	28	2133	2.5	8.7

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 93
Características del hormigón de revestimiento de piso

Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Asentamiento (mm)	Compresión cubica 20 (Mpa)
1	7	2230	150.0	6.6
2	28	2240		10.8
3	28	2260		10.4

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

En la tabla 94, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo, donde se indican las cargas y las deflexiones asociadas a los estados límites de pérdida de proporcionalidad en el comportamiento de carga y la resistencia máxima a la flexión fuera de plano. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 94

Resultados del ensayo de flexión fuera de plano al panel de losa

Muestra del panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad			Resistencia máxima		
	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)	Carga total aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada (kN/m)	Deflexión central (mm)
1	4.77	3.82	1.04	67.97	54.38	-
2	7.10	5.68	1.47	67.74	54.19	34.36
3	5.11	4.09	0.54	65.22	52.18	27.66
f^b Promedio	5.66	4.53	1.02	66.98	53.58	31.01
σ Desviación estándar	1.26	1.01	0.47	1.53	1.22	4.74
Prom-σ	4.40	3.52	0.55	65.45	52.36	26.27

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

La falla del panel se debe a la rotura por flexión y corte (falla combinada) del revestimiento de hormigón y de mortero en la zona de unión de los módulos de panel (zona de discontinuidad en el armazón de alambre). En la muestra N°1, la medición de la deflexión se interrumpe antes de alcanzar la carga máxima (falla). Como conclusión, el panel estructural usado como losa se pudo clasificar en Grado RC 2 y Subgrado RC c según la norma NCh806.EOf71, debido a que la carga de pérdida de proporcionalidad promedio del panel es 461,93 kg/ml siendo menor que el valor mínimo especificado en la norma que es de 500 kg/ml y Subgrado b puesto que su deformación admisible esta entre 25 a 50 mm. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Figura 111

Vista general del montaje del ensayo de flexión de panel de losa



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 112

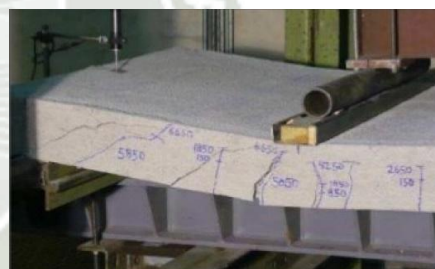
Modo de falla del panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Figura 113

Falla típica del panel



Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

7.4. ENSAYOS DE LABORATORIO A UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

7.4.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL

El ensayo de variación dimensional determina el espesor de las juntas de la albañilería, cabe recordar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo requerido de 10 mm, la resistencia a compresión y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente. Este ensayo consiste en medir cada muestra el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara. Para los ensayos se usaron unidades mecanizadas de arcilla Diamante H-9 de 24x14x9cm, a continuación, en la siguiente tabla se detallan los resultados: Según la **tabla 1** de la norma **E 0.70 de albañilería**, la variación dimensional de las muestras de la ladrillera El Diamante se clasifica como **Tipo V**, por lo que no tendrá una reducción significativa de la resistencia, siempre y cuando se cumpla con el requerimiento de 10 mm de junta horizontal como mínimo y como máximo de 15 mm. (San Bartolomé, 1998)

Tabla 95
Medidas de Unidad de albañilería King Kong

Largo	Ancho	Altura
24.00	14.00	9.00

Tabla 96
Variación Dimensional Ladrillera El Diamante

Unidad	LARGO				ANCHO				ALTURA				PROMEDIO			VARIACIÓN DIMENSIONAL		
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4	LARGO	ANCHO	ALTURA	V% LARGO	V% ANCHO	V% ALTO
L-1	24.00	24.00	24.15	23.70	14.20	13.90	14.10	14.00	9.00	9.00	9.20	9.30	23.96	14.05	9.13	0.16	-0.36	-1.39
L-2	24.00	24.00	24.00	23.90	14.10	14.10	14.10	13.90	9.15	9.10	9.10	9.00	23.98	14.05	9.09	0.10	-0.36	-0.97
L-3	24.10	24.00	23.90	24.00	14.10	13.90	14.10	14.20	9.00	8.90	9.00	9.00	24.00	14.08	8.98	0.00	-0.54	0.28
L-4	23.90	23.80	24.00	23.70	14.00	14.00	14.00	14.00	9.00	8.95	9.10	9.00	23.85	14.00	9.01	0.62	0.00	-0.14
L-5	24.00	23.80	24.00	23.80	14.00	14.00	14.10	14.20	8.90	8.90	9.00	9.00	23.90	14.08	8.95	0.42	-0.54	0.56
L-6	23.90	23.80	24.00	23.90	14.10	14.10	14.10	13.90	9.00	9.00	9.00	8.95	23.90	14.05	8.99	0.42	-0.36	0.14
L-7	23.90	23.90	24.10	23.80	14.00	14.10	14.00	14.00	9.00	8.90	9.00	9.00	23.93	14.03	8.98	0.31	-0.18	0.28
L-8	24.10	24.00	24.00	24.00	14.00	14.10	14.10	13.90	9.00	9.00	9.10	9.00	24.03	14.03	9.03	-0.10	-0.18	-0.28
L-9	24.10	24.10	24.00	23.90	14.10	14.00	14.00	14.10	9.00	9.00	9.05	8.90	24.03	14.05	8.99	-0.10	-0.36	0.14
L-10	24.00	24.00	24.00	24.00	14.10	14.10	14.10	14.20	9.10	9.00	9.00	8.90	24.00	14.13	9.00	0.00	-0.89	0.00
PROMEDIO													23.96	14.05	9.01	0.18	-0.38	-0.14
CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD													v	v	v			

Nota: Chávez, (2017).

7.4.1.1. ALABEO

Tanto la variación dimensional como el alabeo que tenga un ladrillo podría disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos generando cangrejeras en las zonas más alabeadas, produciendo incluso fallas de tracción por flexión en la unidad. En este ensayo se midió la concavidad y la convexidad con una regla y una cuña graduada como se estipula en la Norma 331.018 de ITINTEC, en la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos. (San Bartolomé, 1998)

Tabla 97
Alabeo-Ladrillera El diamante

Unidad	Diagonal 1		Diagonal 2		Diagonal 3		Diagonal 4		Promedio		Tipo
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	
L-1	0.00		0.00		1.00		1.00		0.50	0.00	V
L-2	0.00		0.00		1.00		1.00		0.50	0.00	V
L-3	0.50		0.50		0.00		0.00		0.25	0.00	V
L-4	0.00		0.00		1.00		1.00		0.38	0.00	V
L-5	0.00		0.00		1.00		1.00		0.50	0.00	V
L-6	0.00		0.00		1.50		1.50		0.75	0.00	V
L-7	0.00		0.00		2.00		2.00		0.88	0.00	V
L-8	2.50		2.00		0.00		0.00		1.13	0.00	V
L-9	1.50		2.00		0.00		0.00		0.88	0.00	V
L-10	0.00		0.00		2.00		2.00		1.13	0.00	V
									0.69	0.00	V

Nota: Chávez, (2017).

Como conclusión en ladrillo de la empresa el diamante tiene 0.69 mm cóncavo y 0.00 mm de convexidad de alabeo promedio por lo que según la norma E 0.70 de albañilería confinada se clasifica como tipo V.

7.4.1.2. DENSIDAD

“Al igual que el Poliestireno expandido se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades, a mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica” (Chavez, 2017).

Según la norma ITINTEC 331.018 este ensayo consiste en hallar el peso seco del ladrillo, calentando las muestras en un horno con temperaturas entre 110°C y 115°C, enfriándolos a temperatura ambiente. Luego se procede a saturar las muestras en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, luego se procede a medir el peso de la muestra y se procede a realizar el cálculo de la densidad.

Tabla 98

Densidad Ladrillera El diamante

Unidad	Peso(gr)			Volumen (cm3)	Densidad (gr/cm3)
	Seco	Saturado	Saturado sum		
M-1	4086.50	4466.20	2178.10	2288.10	1.79
M-2	3871.00	4157.90	2016.60	2141.30	1.81
M-3	4188.00	4447.70	2129.30	2318.40	1.81
M-4	4161.50	4465.00	2167.30	2297.70	1.81
M-5	3924.00	4411.20	2162.50	2248.70	1.75
Promedio					1.79

Nota: Chávez, (2017).

7.4.1.3. ABSORCIÓN

En ensayo de absorción en las unidades de albañilería se realiza para obtener la durabilidad de las unidades, si una unidad tiene un alto índice de absorción quiere decir que será más porosa y por consecuencia menos resistente a la intemperie, en la siguiente tabla se detallan los resultados. (Chavez, 2017)

Tabla 99

Absorción Ladrillera El diamante

Unidad	Peso(gr)		% Absorción
	Seco	Saturado	
M-1	3345.00	3900.90	16.62
M-2	3499.50	3982.20	13.79
M-3	3501.50	3973.10	13.47
M-4	3542.50	3949.90	11.50
M-5	3579.50	3946.50	10.25
Promedio			13.13

Nota: Chávez, (2017).

Según la norma técnica E 0.70 de albañilería, el límite máximo de absorción de arcilla es de 22%, el porcentaje de absorción de a muestra de la ladrillera El Diamante es de 13.13%. Los ladrillos que tienen una succión excesiva no logran uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo; el mortero, debido a su rápida pérdida de agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece sin lograr un contacto completo con la cara del siguiente ladrillo y como resultado es una adhesión pobre e incompleta con uniones permeables al agua y de baja resistencia. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

7.5. ENSAYO A COMPRESIÓN DE UNA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Este ensayo se realizó con testigos de medidas de unidades secas, según las especificaciones de la norma ITINTEC 331.018 y 331.19, en las superficies de asiento se colocaron un capping de yeso para nivelar y distribuir la carga aplicada Los resultados se detallan en la siguiente tabla. (Chavez, 2017).

Tabla 100
Ensayo de resistencia a compresión de una unidad-
Ladrillera El diamante

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Ppiston (kg)	Área neta(cm ²)	f'b(Kg/cm ²)
1	11.95	14.05	33280.00	167.90	198.22
2	11.96	14.03	39950.00	167.77	235.44
3	12.01	14.03	32230.00	168.48	191.30
4	12.01	14.05	30570.00	168.78	181.13
5	12.00	14.13	31010.00	196.50	182.95
f'b Promedio					197.81
σ Desviación estándar					22.12
Prom-σ					175.69
CLASIFICACION DE LA UNIDAD					IV

Nota: Chávez, (2017).

Figura 114
Preparación de ladrillo



Nota: Chávez, (2017).

Figura 115
Ensayo a compresión de unidad de albañilería



Nota: Chávez, (2017).

El promedio de la desviación estándar de la resistencia a compresión es de 175.69 kg/cm² en donde según la norma técnica E 0.70 de albañilería se clasifica como tipo IV ya que sobrepasa el mínimo de resistencia a compresión es de 130 kg/cm². (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

7.6. ENSAYOS DE LABORATORIO A PROBETAS DE MORTERO

7.6.1. ENSAYO A COMPRESIÓN

Para este ensayo en unidades de albañilería, nos basamos en datos secundarios de la investigación Juárez & Neira, que contrasta unidades de albañilería a base de arcilla y a base de materiales PET, realizaron ensayos de resistencia a compresión de mortero con dosificación 1:4 (cemento y arena gruesa) clasificado como Tipo 2 especificado en la norma E 0.70 de albañilería, a las edades de 7, 14 y 28 días. (Juárez & Neira, 2020)

Tabla 101

Tipos de mortero según norma

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006).

Tabla 102

Ensayo de resistencia de probetas de mortero

Edad	Resistencia promedio	Desviación estándar (δ)	Resistencia característica ($f'b$)	Coefficiente de variación
7 días	110.20	2.81	107.38	2.55
14 días	118.39	7.79	110.60	6.58
28 días	140.00	1.98	138.02	1.41

Nota Juarez & Neira, (2020).



Figura 116**Ensayo de resistencia a la compresión de probeta de mortero**

Nota Juarez & Neira, (2020).

Como conclusión la resistencia final del concreto líquido de las muestras a la edad de 28 días es de 138.02 Kg/cm² contrastado con la norma técnica E 0.70 de albañilería que exige que la resistencia mínima deberá ser de 140 kg/cm².

7.7. ENSAYOS DE LABORATORIO A PRISMAS DE ALBAÑILERÍA**7.7.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA**

La resistencia a la compresión axial está definida como la carga máxima entre el área de la sección transversal, siendo una de las principales propiedades de las unidades de albañilería ya que valores altos son indicadores de buena calidad y durabilidad para fines estructurales. En la siguiente tabla se detallan los resultados a la resistencia de compresión axial de pilas de albañilería de la ladrillera El Diamante. (Chavez, 2017)

Tabla 103

Ensayo de resistencia a compresión axial f'm Ladrillera Diamante

Pila	Área (cm ²)	Pmax (kg)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Coefficiente corrección	F'm (kg/cm ²)
P-1	336.67	27260	80.97	2.09	0.743	60.16
P-2	336.85	29670	88.08	2.07	0.740	65.18
P-3	337.80	32140	95.15	2.09	0.743	70.69
P-4	333.90	33000	98.83	2.10	0.744	73.53
P-5	336.39	26960	80.14	2.04	0.736	58.99
f'b Promedio						65.71
σ Desviación estándar						6.37
Prom-σ						59.34

Nota: Chávez, (2017).

Figura 117

Ensayo de pilas ladrillera El Diamante



Nota: Chávez, (2017).

La norma técnica E 0.70 de albañilería, en la tabla 101, para el ensayo de compresión axial de pilas, nos dan valores teóricos de f'm; el promedio de la resistencia axial soportada es de 65.71 kg/cm², y el valor teórico para pilas de

ladrillo King Kong industrial es de 65 kg/cm² cumpliendo con la norma.
(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Tabla 104

Clasificación teórica de albañilería según sus resistencias características

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006).

7.7.2. ENSAYO DE CORTE DIAGONAL DE MURETES CON LADRILLOS DE ARCILLA

En este ensayo se refleja la adherencia entre la unidad y el mortero, para lo cual se elaboró un murete de 60 x 60cm, con unidades colocadas en 6 hiladas de 2.5 ladrillos por hilada unidas por juntas de 1.5cm, con un mortero de dosificación 1:4 sin la incorporación de cal, en la siguiente tabla se detallan los resultados de los ensayos realizados. (Chavez, 2017)

Tabla 105

Ensayo de resistencia al corte V'm Ladrillera Diamante

Muestra	Largos		Espesor (cm)	Carga aplicada Pu (kg)	Área neta (cm ²)	Presión V'm (kg/cm ²)
	L1 (cm)	L2 (cm)				
P-1	59.10	60.10	14.10	12848	840.36	10.81
P-2	59.40	59.90	14.00	17520	835.10	14.83
P-3	59.90	60.30	14.20	14951	853.42	12.39
f'b Promedio						12.68
σ Desviación estándar						2.03
Prom-σ						10.65

Nota: Chávez, (2017).

Figura 118

Ensayo a compresión Diagonal la adherencia es óptima.



Nota: Chávez, (2017).

Figura 119

Ensayo a compresión Diagonal falla es escalonada a través de las juntas.



Nota: Chávez, (2017).

Al igual que para el ensayo de compresión axial de pilas, la norma técnica E 0.70 de albañilería nos da valores teóricos con respecto a la resistencia de corte diagonal de muretes, la resistencia promedio de corte diagonal es de 12.68 kg/cm² y el valor teórico para muretes de ladrillo King Kong industrial es de 8.1 kg/cm² cumpliendo con la norma. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS CONFORT AMBIENTAL

En el desarrollo de este capítulo tomamos 2 factores importantes que influyen en el confort ambiental de las viviendas: El confort térmico y confort acústico que en gran medida se ven condicionados por el sistema constructivo aplicado al proyecto.

Para los ensayos respectivos se recopilamos datos cuantitativos de los elementos constructivos de cada sistema para cada tipo de confort y se procedió al cálculo respectivo; considerando solo los elementos envolventes mas no el mobiliario como factores determinantes en los cálculos.

8. Capítulo VIII: Análisis de confort ambiental.

8.1. AISLAMIENTO TÉRMICO

Para el siguiente análisis se identificará los componentes de los elementos constructivos de cada sistema, esto con la finalidad de calcular la transmitancia térmica y realizar una comparación entre ambos sistemas. Los cálculos de transmitancia térmica se realizarán en elementos constructivos como: Muros, pisos y techos. Los datos tomados para este análisis están en la norma técnica EM.110. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

Para determinar el aislamiento de cada sistema constructivo tomamos como indicador los valores de transmitancia térmica $W/m^2 K$; cabe resaltar que mientras más baja la transmitancia térmica, mejor aislamiento térmico posee el material, puesto que son inversamente proporcionales. El cálculo realizado se aplica en las caras sólidas de los elementos constructivos que están en contacto con el exterior como muros de fachada, suelos expuestos al aire exterior y las cubiertas. (Chavez, 2017)

Fórmula para el cálculo de transmitancia térmica

$$U = 1/R_T (W/m^2K)$$

En donde la resistencia térmica de cada elemento (R)

$$R = e/k$$

Siendo:

e: Espesor en (m) de la capa que compone el elemento constructivo

k: Conductividad térmica del material específico que compone la capa

los valores térmicos para poder calcular la transmitancia térmica serán tomados de Norma Técnica EM.110. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

Para lo cual la suma de las resistencias de cada capa nos da la resistencia total (R_T)

En donde:

R_T (m^2K/W) la resistencia total del elemento constructivo analizado.

$$R_T = R_{si} + R_l + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo:

$R_1+R_2+\dots+R_n$ las resistencias térmicas de cada capa del elemento constructivo.

R_{si} la resistencia térmica superficial que corresponden al aire interior.

R_{se} la resistencia térmica superficial que corresponden al aire exterior.

Como referencia de comparación tomamos los siguientes valores de transmitancia térmica, dados por la norma peruana EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética en donde plantean los valores máximos de transmitancia térmica por zonas bioclimáticas, detallado en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que la ciudad de Arequipa se encuentra situada en la zona bioclimática meso andino. (Chavez, 2017)

Tabla 106

Valores límites máximos de transmitancia térmica según norma peruana

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2014).

8.1.1. SISTEMA COVINTEC

Para este análisis en muros se consideran las siguientes capas de materiales: Panel de poliestireno expandido, mortero y pintura como se muestra en siguiente la tabla y la siguiente figura esquemática de un muro Covintec.

Figura 120
Componentes muro Covintec

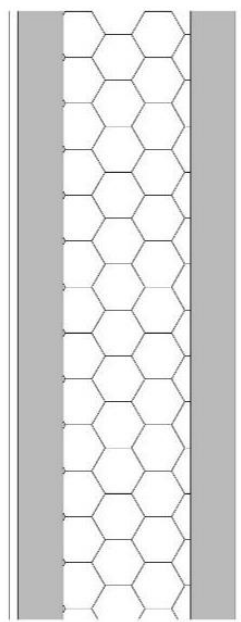


Tabla 107

Cálculo de resistencia térmica de Muros Covintec

ELEMENTO: MURO		LOCALIDAD: AREQUIPA		PROVINCIA: AREQUIPA	
Zona bioclimática: Meso andino					
Materiales	N° de capas	ESPEJOR	ESPEJOR TOTAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	RESISTENCIA TÉRMICA
		m	m	W/mK	m ² K/W
Panel de EPS	1	0.076	0.076	0.033	2.303
Mortero	2	0.027	0.054	1.400	0.039
Pintura	2	0.005	0.010	0.23	0.043
			e total: 0.13		
					R_T: 2.605
					U= 0.383

Para el elemento de piso/techo consideramos las siguientes capas de materiales: Panel de poliestireno expandido, mortero, concreto armado y pintura como se ve en la imagen 121 y la tabla 108.

Figura 121

Componentes de losa Covintec

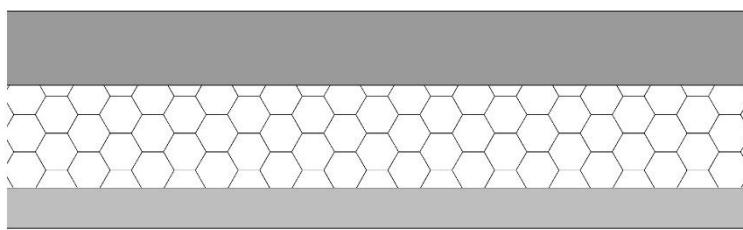


Tabla 108

Cálculo de resistencia térmica de piso/techo Covintec

ELEMENTO: PISO /		LOCALIDAD:		PROVINCIA: AREQUIPA	
TECHO		AREQUIPA			
Zona bioclimática: Meso andino					
Materiales	N° de capas	ESPESOR	ESPESOR TOTAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	RESISTENCIA TÉRMICA
		m	m	W/mK	m ² K/W
Panel EPS	1	0.120	0.120	0.033	3.636
Mortero	1	0.030	0.030	1.400	0.021
Concreto armado	1	0.050	0.050	1.630	0.031
Pintura	1	0.005	0.005	0.23	0.022
			e total: 0.205		R _T : 3.93
					U= 0.254

La verificación del cálculo de la transmitancia térmica de los elementos constructivos del sistema Covintec especificado según la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética se identificó la zona bioclimática donde se encuentra el proyecto y verificamos los valores de transmitancias máximas para muros, techos y pisos correspondientes a la zona bioclimática.

Tabla 109

Comparación de valores de transmitancias térmicas máximas

Ubicación	Arequipa		
	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
4. Meso andino	2.36	2.21	2.63
Sistema Covintec	0.383	0.254	0.254

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2014).

Se aprecia que en la tabla 107 la transmitancia térmica en muros tiene un valor de 0.383 m²K/W y en la tabla 108 la transmitancia térmica para pisos y techos es de 0.254 m²K/W. Siendo ambos valores muy inferiores a los valores máximos establecidos por la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética, lo que indica que el sistema brinda un buen confort térmico sin necesidad de aislantes térmicos adicionales. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

8.1.2. SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Para este análisis de confort térmico de albañilería confinada, en muros se consideran las siguientes capas de materiales: ladrillo común, mortero y pintura.

Figura 122

Componentes de muro de albañilería confinada

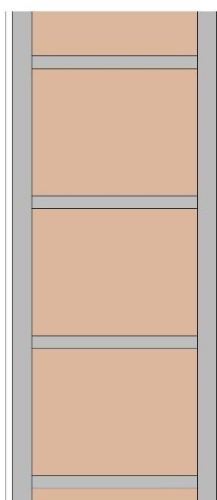


Tabla 110

Cálculo de resistencia térmica de Muros de albañilería confinada

ELEMENTO: MURO		LOCALIDAD: AREQUIPA		PROVINCIA: AREQUIPA	
Zona bioclimática: Meso andino					
Materiales	N° de capas	ESPEJOR	ESPEJOR TOTAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	RESISTENCIA TÉRMICA
		m	m	W/mK	m ² K/W
Ladrillo común	1	0.130	0.130	0.470	0.276
Mortero	2	0.015	0.030	1.400	0.021
Pintura	2	0.005	0.010	0.23	0.043
			e total: 0.16		
					R_T: 0.560
					U= 1.79

Para el elemento de piso/techo consideramos las siguientes capas de materiales: Ladrillo de arcilla para techo, mortero, concreto armado, concreto simple y pintura como se ve en la imagen 123 y la tabla 111.

Figura 123

Componentes de losa aligerada de albañilería confinada

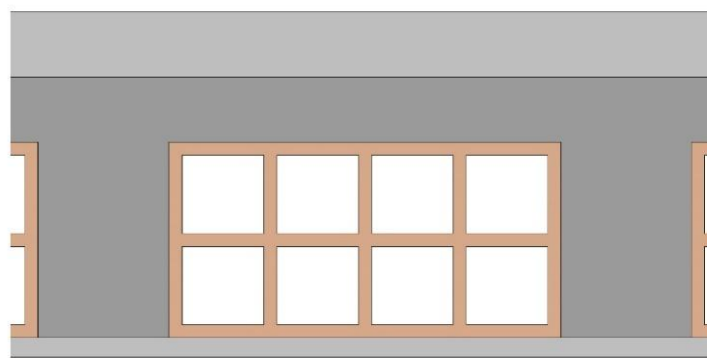


Tabla 111

Cálculo de resistencia térmica de piso/techo Covintec

ELEMENTO: TECHO		PISO /		LOCALIDAD: AREQUIPA	PROVINCIA: AREQUIPA	
Zona bioclimática: Meso andino						
Materiales	N° de capas	ESPESOR	ESPESOR TOTAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	RESISTENCIA TÉRMICA	
		m	m	W/mK	m ² K/W	
Ladrillo para techo	1	0.150	0.150	0.350	0.429	
Mortero	1	0.015	0.015	1.400	0.011	
Concreto armado	1	0.050	0.050	1.630	0.030	
Concreto simple	1	0.050	0.050	1.510	0.033	
Pintura	1	0.005	0.005	0.23	0.022	
			e total: 0.27			R _T : 0.705
						U= 1.42

Para proceder con la verificación del cálculo de la transmitancia térmica de los elementos constructivos del sistema de AC especificada según la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética se identificó la zona bioclimática donde se encuentra el proyecto y verificamos los valores de transmitancias máximas para muros, techos y pisos correspondientes a la zona bioclimática.

Tabla 112

Comparación de valores de transmitancias térmicas máximas

Ubicación	Arequipa		
	Transmitancia a térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
4. Meso andino	2.36	2.21	2.63
Albañilería Confinada	1.79	1.42	1.42

Nota: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2014).

Se aprecia que en la tabla 110 que la transmitancia térmica en muros tiene un valor de 1.79 m²K/W y en la tabla 111 la transmitancia térmica para pisos y techos es de 1.42 m²K/W. Siendo ambos valores inferiores a los valores máximos establecidos por la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética, lo cual nos indica que no se requieren de aislantes térmicos adicionales para poseer un correcto confort térmico. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

8.2. AISLAMIENTO ACÚSTICO

Para la determinación del aislamiento acústico de los paneles del Sistema Covintec y el sistema de albañilería confinada recurrimos a información secundaria basada en la norma internacional ISO 717 – 1 “Acoustics – Rating of sound insulation in building elements. Airborne sound insulation” para lo que debemos tener en cuenta que esta norma, el aislamiento acústico tiene como indicador al índice de reducción acústica aparente ponderado ($R'w$). En la presente tesis, el punto de aislamiento acústico consta de 2 partes; la primera parte se realizó una recopilación de informes sobre ensayos al sistema Covintec elaborados en el laboratorio de acústica de IDIEM en la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la universidad de Chile y para el sistema de albañilería nos basamos en el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico del ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, ya que este documento se basa en informes de inspección realizados por consultores acústicos a las soluciones constructivas, entre ellas la albañilería confinada y el sistema Covintec. La segunda parte consta de la predicción del índice de reducción acústica aparente ponderado ($R'w$) mediante el programa INSUL V9, es un software de predicción de aislamiento acústico desarrollado en Nueva Zelanda, este sistema permite predecir la cantidad de aislamiento existente en paredes, suelos y techos según el material utilizado. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 1999)

8.2.1. REVISIÓN DE INFORMES DE LABORATORIO Y EL LISTADO OFICIAL DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO DE CHILE

8.2.1.1. SISTEMA COVINTEC

El ensayo consiste en colocar una probeta en un marco porta-muestras el cual recibe a la probeta, una vez instalada la solución constructiva, el laboratorio queda dividido en dos recintos adyacentes acústicos aislados. En uno de ellos se genera ruido rosa, todas las mediciones se hicieron en bandas de tercio de octava entre 100 Hz y 5000 Hz. La probeta del panel estructural Covintec tiene las siguientes dimensiones 1.62 m de alto x 0.42 m de ancho, sometidos a un nivel de presión sonora de 105dB (A) en banda ancha de ruido rosa. Los resultados se indican en las siguientes tablas. (Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, 2014)

Tabla 113

Aislación acústica con filtro panel estructural

Frecuencia central en Hz.	R' (dB)	Frecuencia central en Hz.	R' (dB)
100	26,8	630	48,1
125	30,5	800	52,2
160	31,4	1000	50,6
200	36,4	1250	53,1
250	35,4	1600	52,7
315	35,7	2000	53,0
400	40,4	2500	48,2
500	45,0	3150	48,7

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

Tabla 114
índice de reducción acústica

Tipo de panel	Rango 100 a 5000 Hz
Panel estructural	45 dB

Nota: Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales, (2014).

De acuerdo con la norma chilena NCh 352 Aislación acústica construcciones de uso habitacional – requisitos mínimos y ensayos nos brinda valores de referencia subjetivos que van desde “muy tranquilo” hasta “inadmisible”, asignando un rango en dB como se muestra a continuación. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2000)

Tabla 115

Valores de referencia de aislamiento acústico norma chilena NCh 852

AMBIENTE	NIVEL
Muy tranquilo	30 dB o menos
Tranquilo	30 – 40 dB
Moderadamente tranquilo	40 – 50 dB
Ruidoso	50 – 60 dB
Muy ruidoso	60 – 70 dB
Insoportable	70 – 80 dB
Inadmisible	Más de 80 dB

Nota: Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, (2000).

Por consiguiente, la probeta del panel estructural presenta una acústica global de 47 dB; en general este elemento tiene un aislamiento acústico entre 50 – 30 dB puede ser colocado en tipos de ambientes clasificados como “muy tranquilo”, “tranquilo” y “moderadamente tranquilo” según la tabla anterior. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2000)

8.2.1.2. SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA

“Según el listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico del ministerio de vivienda y urbanismo de Chile para albañilería confinada nos brindan las siguientes soluciones constructivas con sus respectivos índices de reducción acústica” (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2014).

Tabla 116

Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico del MVUC – Albañilería confinada

Descripción de la solución de muros de albañilería	Índice de reducción acústica dB (A)
Titán Reforzado Estructural	46
Titán Termoacústico	46
Extra-Titán Termoacústico	46
Super Titán Termoacústico Estructural	46
Extra-Titán Termoacústico Estructural	46
Extra-Titán Reforzado Estructural	45
Extra-Titán Medianero Estructural	47
Gran Titán Reforzado estructural	46
Gran Titán Termo acústico	46
Gran Titán Medianero Estructural	46
Gran Titán Reforzado Estructural Térmico	46
Súper Titán Reforzado Estructural	45
Santiago 7	46
Santiago 9	47
Santiago 11	46
Santiago 14	45
Santiago Medianero Acústico	48
Santiago Te 9	47
Ladrillo Sansón 10	47
Ladrillo Sansón 29 x 15,4 x 11,3	49
Ladrillo Rudy 29 x 14 x 11,3 cm, estucado ambas caras	48
Ladrillo Rudy 29 x 17,5 x 7,1 cm	48
Ladrillo Rudy 29 X 17,5 X 11,3 cm	47
Titán Kon Aiken 30 x 150 x 9 cm	47
Ladrillo “THC 10” 310 x 150 x 100 mm sin revestimiento	49
Ladrillo “THC 11” 310 x 150 x 113 mm sin revestimiento	47

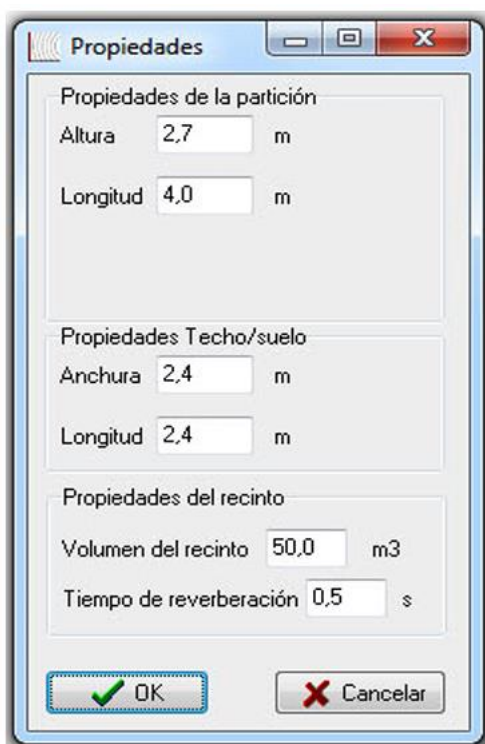
Nota: Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, (2014).

Los valores de índice de reducción acústica fluctúan entre 45 y 49 dB (A) para las diferentes soluciones constructivas a base de albañilería confinada, por lo que según la norma chilena NCh 352 Aislación acústica construcciones de uso habitacional – requisitos mínimos y ensayos, estas soluciones tienen un aislamiento acústico entre 50 – 30 dB pueden ser colocados en tipos de ambientes clasificados como “muy tranquilo”, “tranquilo” y “moderadamente tranquilo” según la tabla 115. (Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile, 2014)

8.2.2. PREDICCIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO MEDIANTE INSUL V9

“El programa INSUL V9 para realizar una simulación considera el aislamiento que tendría una partición específica dentro de un recinto. De esta manera, se procedió a elegir las propiedades estándar para el cálculo de aislamiento acústico para ambos sistemas” (Vásquez, 2016).

Figura 124
Propiedades del recinto



Propiedades de la partición		
Altura	2,7	m
Longitud	4,0	m

Propiedades Techo/suelo		
Anchura	2,4	m
Longitud	2,4	m

Propiedades del recinto		
Volumen del recinto	50,0	m ³
Tiempo de reverberación	0,5	s

Una vez colocadas las propiedades tanto del recinto como de los materiales constructivos, el software procede con el cálculo inmediato del valor de índice de reducción sonora en bandas de octava para tener la curva de aislamiento y además nos entrega el valor de reducción global con sus correcciones para ruido rosa y ruido de tráfico. Cabe mencionar que, si bien los ensayos de laboratorio nos ayudan a determinar un índice de reducción equivalente ponderado, debemos tener en cuenta que el índice de reducción acústica de cada material no es lineal, el material responde de diferentes maneras según a las frecuencias a las que es sometido. (Vásquez, 2016)

8.2.2.1. SISTEMA COVINTEC

Procedemos a colocar los datos de cada material del sistema.

Tipo: Muro de separación vertical estructural

Material base: EPS Poliestireno expandido

Revestimiento: Concreto proyectado (cemento +arena)

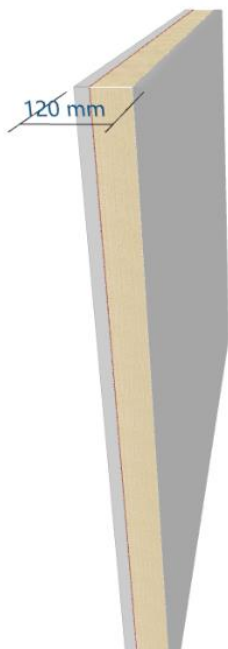


Tabla 117

Datos del muro panel Covintec

Datos de la pared	
Densidad (Kg/m ³)	10
Espesor mm	70
Módulo de Young (GPa)	8,9
Datos del revestimiento	
Densidad (Kg/m ³)	2207
Espesor mm	25
Módulo de young (GPa)	7,29

Tabla 118
índice de reducción acústica panel Covintec

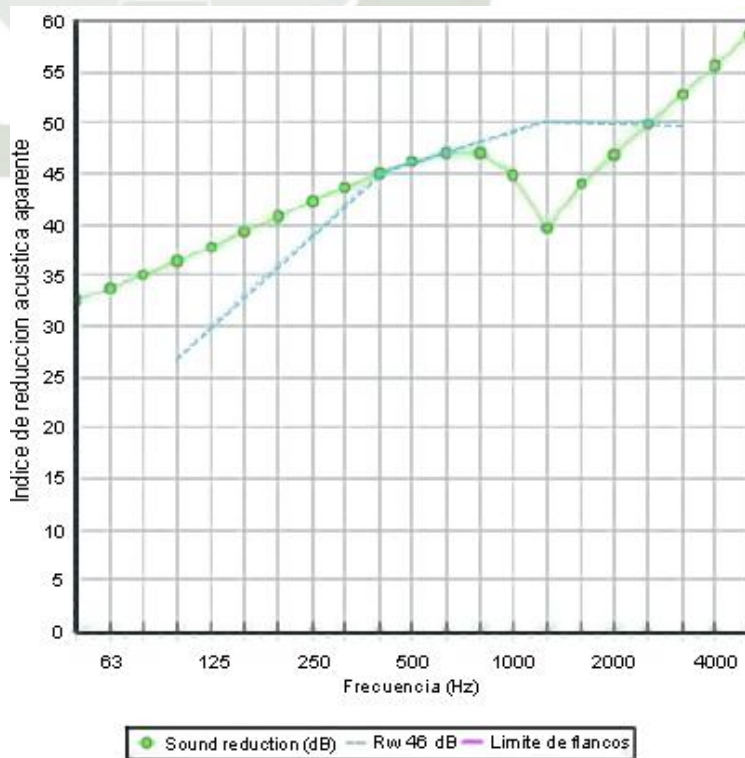
Rw	46 dB
C	-1 dB
Ctr	-2 dB

Tabla 119
Reducción acústica por octavas panel Covintec

frec. (Hz)	R(dB)	R(dB)
50	33	
63	34	34
80	35	
100	36	
125	38	38
160	39	
200	41	
250	42	42
315	44	
400	45	
500	46	46
630	47	
800	47	
1000	45	43
1250	40	
1600	44	
2000	47	46
2500	50	
3150	53	
4000	56	55
5000	59	

Gráfico 2

Índice de reducción acústica Covintec



8.2.2.2. SISTEMA ALBAÑILERÍA CONFINADA

Procedemos a colocar los datos de cada material del sistema.

Tipo: Muro de separación vertical estructural

Material base: Ladrillo King Kong mecanizado

Revestimiento: Concreto proyectado (cemento +arena)

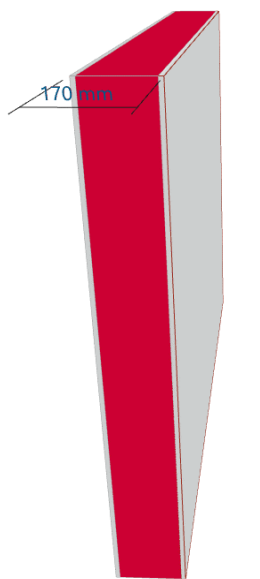


Tabla 120
Datos del muro de albañilería

Datos de la pared	
Densidad (Kg/m ³)	1900
Espesor mm	140
Módulo de young (GPa)	8,9
Datos del revestimiento	
Densidad (Kg/m ³)	2170
Espesor mm	10
Módulo de young (GPa)	7,29

Tabla 121
índice de reducción acústica de Albañilería

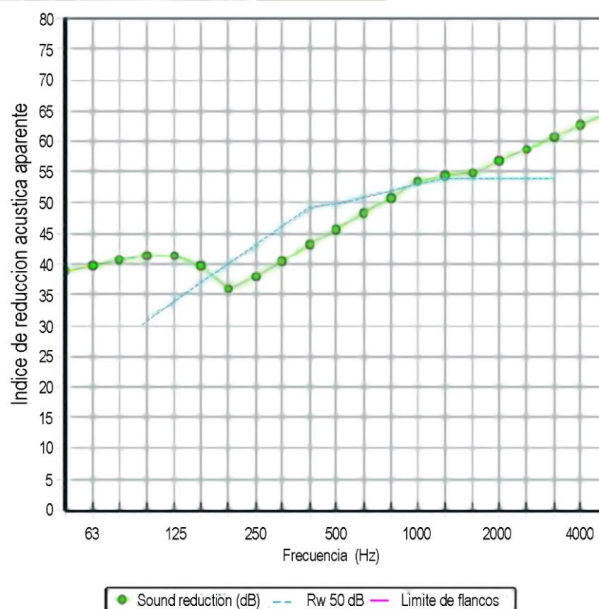
Rw 50 dB
C -1 dB
Ctr -4 dB

Tabla 122
Reducción acústica por octavas de Albañilería

frec. (Hz)	R(dB)	R(dB)
50	39	
63	40	40
80	41	
100	41	
125	41	41
160	40	
200	36	
250	38	38
315	41	
400	43	
500	46	45
630	48	
800	51	
1000	53	53
1250	54	
1600	55	
2000	57	56
2500	59	
3150	61	
4000	63	62
5000	65	

Gráfico 3

Índice de reducción acústica Albañilería



Entendiendo el sonido como energía, entre más baja la frecuencia más complicada se vuelve el tratamiento y más ineficientes resultan los elementos de separación entre ambientes ya que sin duda es donde hay más nivel de energía; esta cantidad de energía no puede ser absorbida por los elementos constructivos atravesando paredes, losas y puertas con mayor facilidad. (Barti, 2014)

Esto se debe a que frecuencias menores a 125Hz se trasladan por aire y por masa teniendo una longitud de onda más amplia, entre más amplia la longitud de onda es más difícil de frenar; por otro lado 1000 a 3000 Hz son frecuencias más fáciles de frenar ya que tienen longitudes de onda más cortas.

La predicción del programa con respecto al sistema Covintec resulta un índice de reducción acústica de 46 dB y según el Gráfico 2 podemos observar que en los paneles Covintec a frecuencias medias tiene un aislamiento aceptable, mientras por otro lado el comportamiento del material a frecuencias bajas no contribuye a un aislamiento óptimo.

Por otro lado, del sistema de albañilería confinada resulta un índice de reducción acústica de 50 dB, y según el Gráfico 3 el comportamiento del sistema es más efectivo que el sistema Covintec en frecuencias medias y también proporciona mejor aislamiento en frecuencias bajas ya que el ladrillo presenta una densidad más elevada al poliestireno expandido.

CAPÍTULO IX

PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

Se realizaron los presupuestos y cronogramas de construcción para cada sistema constructivo, de las partidas de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y de gas en donde se tomaron en cuenta los precios unitarios y rendimientos basándonos en la revista de costos y presupuesto de la revista Costos para el sistema de albañilería confinada, mientras que para el sistema Covintec se tomó información de los precios y rendimientos de las empresas distribuidoras y proyectos referenciales realizados.

Cabe señalar también que el presupuesto se realizó teniendo en cuenta la construcción hasta casco gris, no tomando en cuenta las partidas de acabados, ya que estas son partidas que no son de relevancia para la realización de este capítulo para no generar redundancia. Para el análisis de la incidencia de las partidas en los presupuestos solo se tomó en cuenta el valor del costo directo, ya que son los costos que inciden directamente en la ejecución de obra.

9. Capítulo IX: Presupuesto y programación de obra

9.1. SISTEMA COVINTEC

9.1.1. PRESUPUESTO GENERAL

Respecto al presupuesto obtenido, se utilizaron datos recopilados de proyectos anteriores brindados por la empresa Covintec Tacna y Covintec México. El presupuesto total para el módulo final resulta de S/ 161,395.88 nuevos soles incluyendo IGV, lo que refleja un costo de S/1,705.37 por m².

De igual manera se tiene un costo directo de S/115,912.01 y el costo por m² es de S/1,224.77 solo con respecto al costo directo, teniendo en cuenta que el módulo progresivo cuenta con un área total de 94.64 m² de área construida.

Tabla 123

Resumen de presupuesto total de Sistema Covintec

PARTIDAS	SISTEMA COVINTEC
Arquitectura	S/44,799.89
Estructuras	S/48,266.21
Instalaciones Sanitarias	S/11,432.43
Instalaciones eléctricas	S/9,993.40
Instalaciones de gas	S/1,420.08
Costo Directo	S/115,912.01
Gastos generales 10%	S/11,591.20
Utilidad 8%	S/9,272.96
Subtotal	S/136,776.17
IGV	S/24,619.71
Presupuesto total	S/161,395.88
Costo por m ² respecto a PT	S/1,705.37
Costo por m ² con respecto a CD	S/1,224.77

Tabla 124

Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo

SISTEMA COVINTEC	
Mano de obra	S/26,757.83
Materiales	S/83,531.43
Equipo	S/5,622.75
Costo directo	S/115,912.01

Dentro de las partidas presupuestadas tenemos las especificadas en la **tabla 123**, teniéndose en cuenta que para las obras de concreto se consideró que la mezcla se realice con una mezcladora de concreto y para el revocado y lanzado de concreto para la partida de tarrajeos con una bomba lanza mortero.

La partida de muros estructurales no se contempla en el presupuesto de arquitectura ya que los muros Covintec al tener una lógica estructural muy similar a los muros de ductilidad limitada se consideran como partida de estructuras, mientras que la partida de proyección de concreto para el revocado del tarrajeo final de los muros, si se contempló como una partida de la especialidad de Arquitectura.

Tabla 125

Partidas presupuestadas Sistema Covintec

ESTRUCTURAS	MOVIMIENTO DE TIERRAS	Excavación de zanjas para cimientos Relleno compactado c/equipo mat/propio Acarreo interno, material procedente de excavaciones Eliminación material excedente
ESTRUCTURAS	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	Cimientos corridos $f'c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$ Falso piso
	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	Sobrecimiento armado y colocación de varillas de anclaje
	OBRAS COVINTEC	Habilitación y montaje de paneles estructurales en losas Habilitación y montaje de paneles estructurales Habilitación y montaje de paneles light
	TARRAJEOS (PROYECCIÓN DE MORTERO)	Tarrajeo en muro: interior y exterior Tarrajeo pulido en losa maciza y aligerada
ARQUITECTURA	ELÉCTRICAS	Salidas de luz y tomacorrientes Salida para comunicaciones y señales

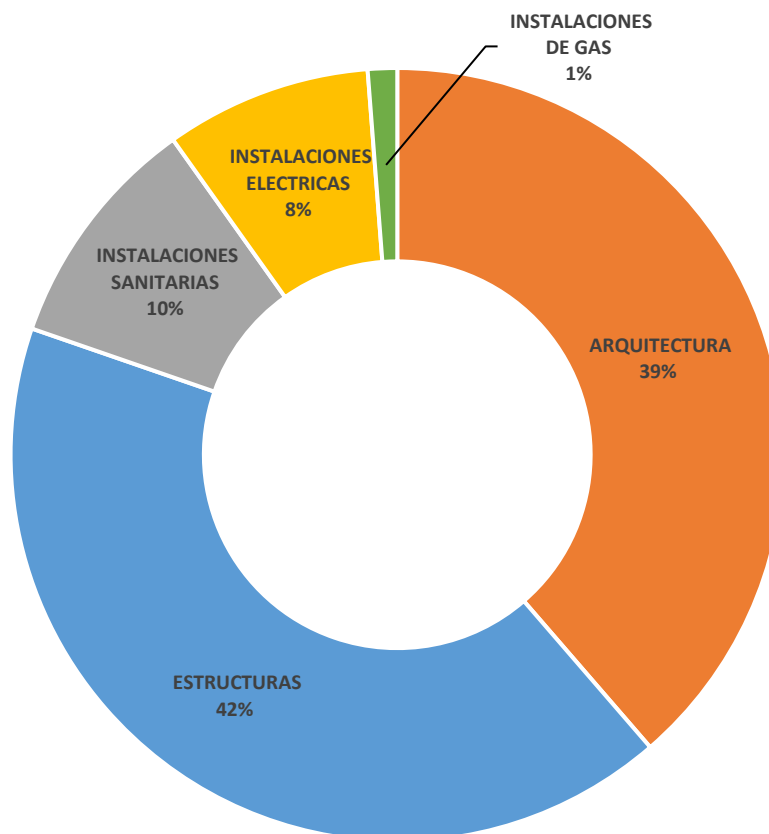
AGUA Y DESAGÜE	Cajas de paso
	Instalaciones sanitarias (Empalme a red existente, excavación de zanjas, salidas de desagüe, cajas de registro, tuberías y sumideros)
	Sistema de agua fría (salidas de agua fría, tuberías, etc.)
GAS	Sistema de agua caliente (salidas de agua fría, tuberías, etc.)
	Tuberías
	Válvula reguladora de gas/bronce

9.1.1.1. INCIDENCIAS DE PARTIDAS EN EL PRESUPUESTO

Al analizar el presupuesto del Sistema Covintec, en el Gráfico 4 podemos observar el porcentaje que ocupan las partidas de las diferentes especialidades del proyecto, siendo la especialidad de estructuras la que mayor incidencia tiene en el costo directo del presupuesto con un 42%, seguido por la partida de arquitectura con un 39% como las más significativas.

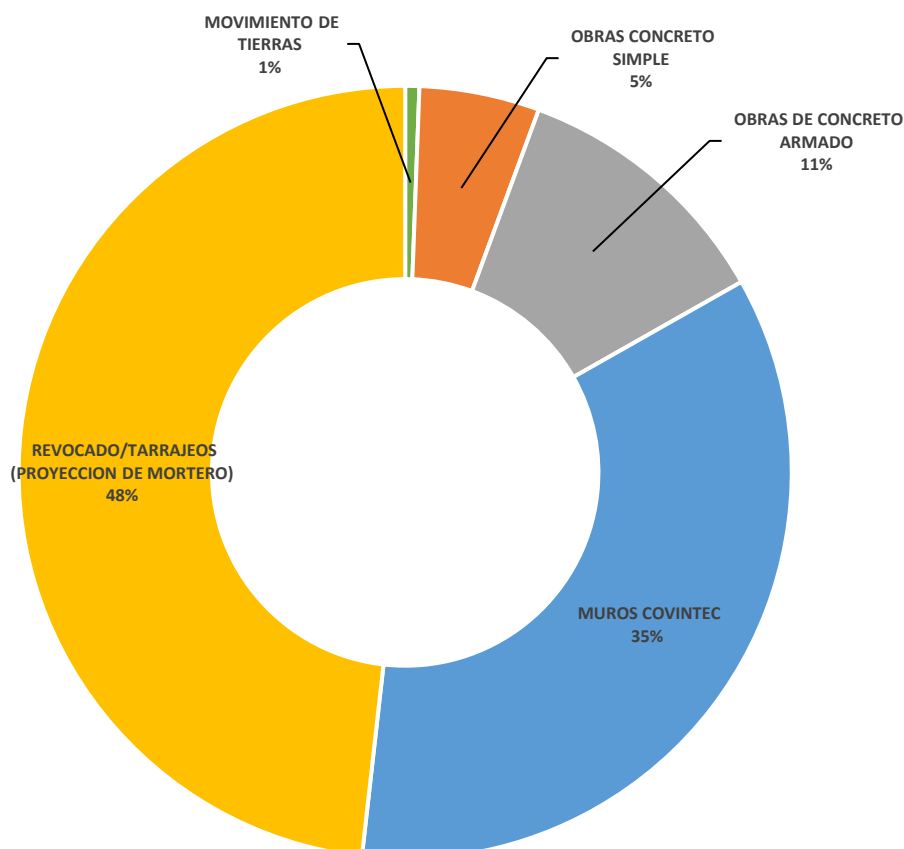
Gráfico 4

Incidencia de partidas generales en el costo directo



La partida con más incidencia en la especialidad de estructuras del sistema Covintec es la partida de Muros debido a que la Habilitación y montaje de paneles estructurales Covintec con un 35% unida a la partida de proyección de mortero con un 48% perteneciente a la partida de arquitectura, ya que son los principales componentes estructurales y requieren elementos como vigas o columnas adicionales al sistema.

Gráfico 5
Incidencia de partidas de estructuras



Con respecto a la distribución de costos de mano de obra materiales y equipo, se observa que los materiales representan un 72% del costo directo, seguido por la mano de obra con un 23% y equipos con un 5%. La incidencia de los equipos

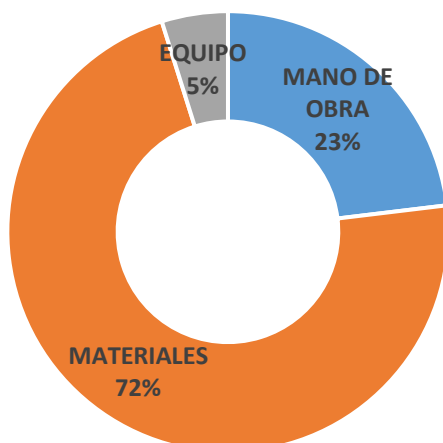
utilizados en el sistema Covintec hacen que la mano de obra se reduzca considerablemente.

Para precio total de los paneles estructurales de Covintec se tomó en cuenta el costo del flete de material desde la ciudad de Tacna en donde se encuentra el punto de distribución en la ciudad de Tacna para lo cual se calculó el costo de flete según los Índices Unificados de Precios de la Construcción para las seis (6) Áreas Geográficas, correspondientes al 2023 y por la cotización realizada a una empresa de transporte de carga.

Según lo cotización realizada a una empresa de carga el precio de transporte por 4 toneladas es de S/1880 lo que el valor de cada panel tiene un costo de flete de S/ 4.70, siendo hasta un 2.35% más sobre su precio final.

Gráfico 6

Incidencia de mano de obra, materiales y equipos en el costo directo



9.1.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN

El cronograma del módulo de Sistema Covintec, se consideró el inicio de obra el 01 de mayo del 2023 y la culminación en 108 días calendarios y 93 días laborables, es decir el 16 de agosto del 2023.

Además, se consideró una cuadrilla formada por 2 operarios, 1 oficial y 1 peón bajo la supervisión de 1 capataz, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas.

Gráfico 7

Incidencia de partidas en el cronograma

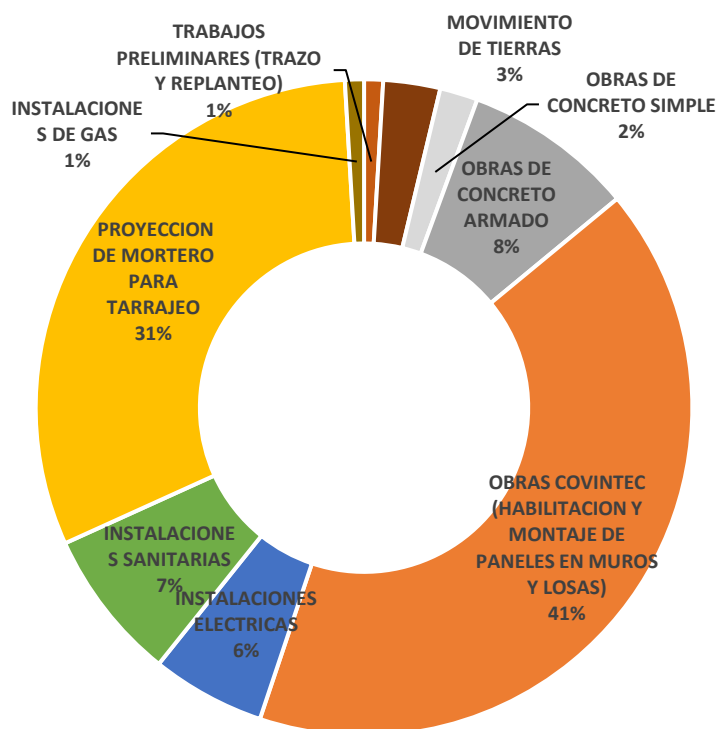


Tabla 126

Cuadro resumen de cada partida según su duración

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN
1. OBRAS PROVISIONALES	1 día
2. TRABAJOS PRELIMINARES (TRAZO Y REPLANTEO)	1 día
3. MOVIMIENTO DE TIERRAS	3 días
4. OBRAS DE CONCRETO SIMPLE (CIMENTOS CORRIDOS $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$) Y FALSO PISO	2 días
5. OBRAS DE CONCRETO ARMADO (SOBRECIMIENTO ARMADO)	9 días
6. OBRAS COVINTEC (HABILITACIÓN Y MONTAJE DE PANELES EN MUROS Y LOSAS)	44 días
7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6 días
8. INSTALACIONES SANITARIAS	8 días
9. PROYECCIÓN DE MORTERO PARA TARRAJEO	33 días
10. INSTALACIONES DE GAS	1 día
Duración total	108 días

9.2. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

9.2.1. PRESUPUESTO GENERAL

Respecto al presupuesto obtenido, se tomaron en cuenta los precios unitarios y rendimientos basándonos en la revista de costos y presupuesto de la revista Costos. El presupuesto total para el módulo final de albañilería confinada resulta de S/200,542.19 nuevos soles incluyendo IGV, lo que refleja un costo de S/2,016.11 por m². De igual manera se tiene un costo directo de S/144,026.28 y el costo por m² es de S/1,447.94 solo con respecto al costo directo, teniendo en cuenta que el módulo progresivo cuenta con un área total de 99.47 m² de área construida.

Tabla 127

Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada

PARTIDAS	ALBAÑILERÍA CONFINADA
Arquitectura	S/63,467.77
Estructuras	S/56,455.34
Instalaciones Sanitarias	S/12,184.69
Instalaciones eléctricas	S/10,498.40
Instalaciones de gas	S/1,420.08
Costo Directo	S/144,026.28
Gastos generales 10%	S/14,402.63
Utilidad 8%	S/11,522.10
Subtotal	S/169,951.01
IGV	S/30,591.18
Presupuesto total	S/200,542.19
Costo por m ² respecto a PT	S/2,016.11
Costo por m ² con respecto a CD	S/1,447.94

Tabla 128

Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo

ALBAÑILERÍA CONFINADA	
Mano de obra	S/46,578.68
Materiales	S/94,282.78
Equipo	S/3,164.82
Costo directo	S/144,026.28

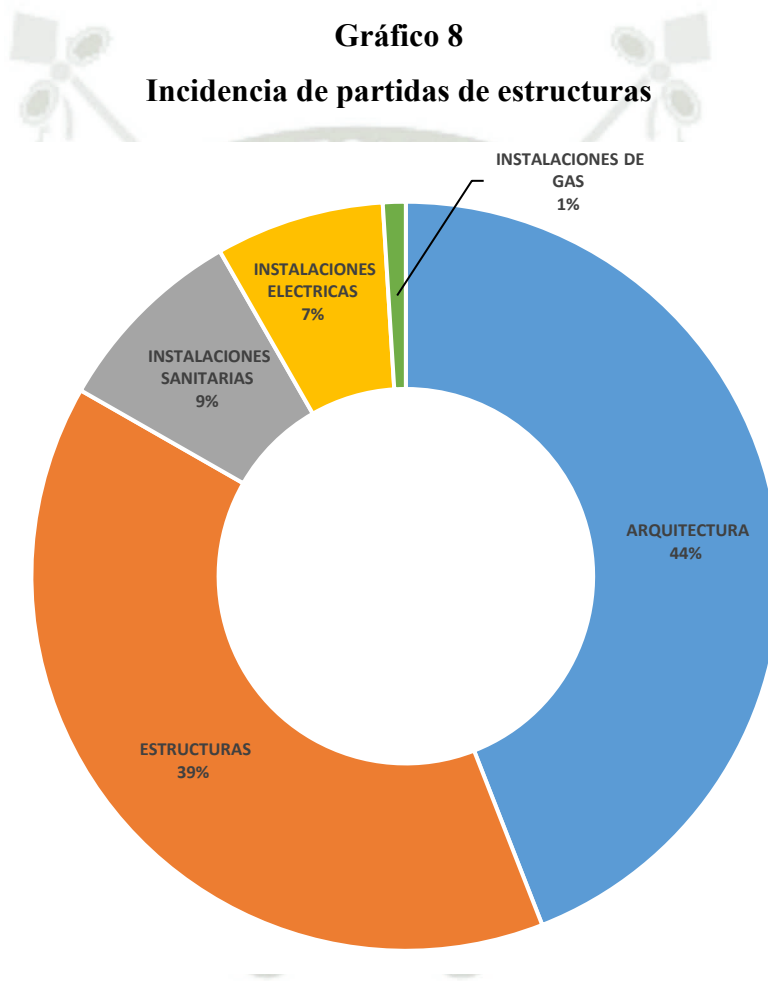
Dentro de las partidas presupuestadas tenemos las especificadas en la tabla 127, teniéndose en cuenta que para las obras de concreto se consideró que la mezcla se realice con una mezcladora de concreto y para la partida de tarrajeos las obras se realizan de forma manual.

Tabla 129
Partidas presupuestadas Albañilería Confinada

ESTRUCTURAS	MOVIMIENTO DE TIERRAS	Excavación de zanjas para cimientos
		Relleno compactado c/equipo mat/propio
		Acarreo interno, material procedente de excavaciones
		Eliminación material excedente
	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	Cimientos corridos $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$
		Falso piso
	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	Sobrecimiento armado
		Columnas
		Vigas
		Losa aligerada
Losa maciza		
	Escaleras	
ARQUITECTURA	MUROS DE ALBAÑILERÍA	Muros portantes y tabiques de albañilería
	TARRAJEOS	Tarrajeo en muro: interior y exterior
		Tarrajeo pulido en losa maciza y aligerada
INSTALACIONES	ELÉCTRICAS	Salidas de luz y tomacorrientes
		Salida para comunicaciones y señales
		Cajas de paso
	AGUA Y DESAGÜE	Instalaciones sanitarias (Empalme a red existente, excavación de zanjas, salidas de desagüe, cajas de registro, tuberías y sumideros)
		Sistema de agua fría (salidas de agua fría, tuberías, etc.)
		Sistema de agua caliente (salidas de agua fría, tuberías, etc.)
	GAS	Tuberías
Válvula reguladora de gas/bronce		

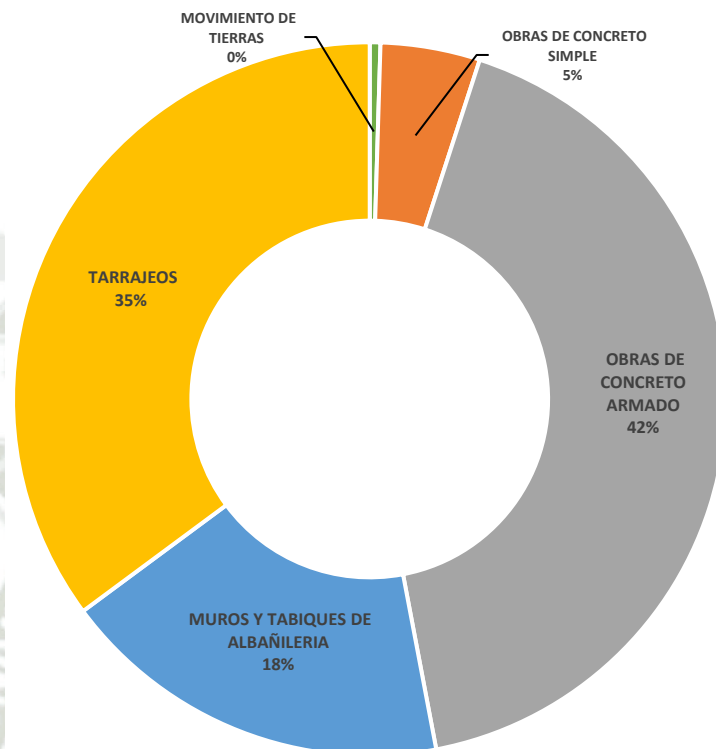
9.2.1.1. INCIDENCIAS EN EL PRESUPUESTO

Al analizar el presupuesto del Sistema Covintec, en el Gráfico 8 podemos observar el porcentaje que ocupan las partidas de las diferentes especialidades del proyecto, siendo la especialidad de arquitectura la que mayor incidencia tiene en el costo directo del presupuesto con un 44%, seguido por la partida de estructuras con un 39% como las más significativas.



La partida con más incidencia en la especialidad de estructuras de albañilería confinada es la partida de concreto armado con un 49%, debido a que el sistema de albañilería confinada está compuesta por una mayoría de elementos constructivos conformados por concreto armado (vigas, columnas, sobrecimiento armado, losa aligerada, losa maciza y escaleras), seguida por las partidas de arquitectura como es la partida de muros de unidades de albañilería que forma un 26%, unida a la partida tarrajeo con un 21%.

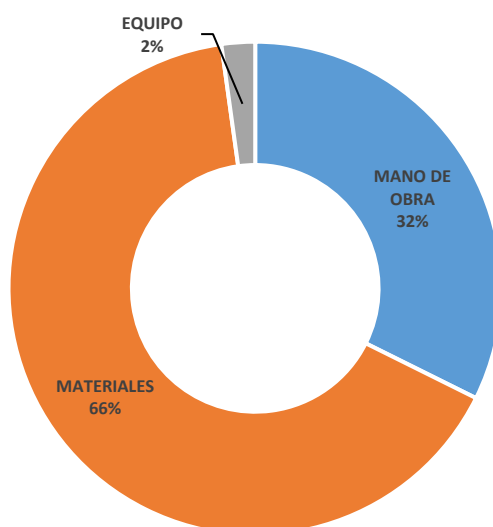
Gráfico 9
Incidencia de partidas de estructuras



Con respecto a la distribución de costos de mano de obra materiales y equipo, se observa que los materiales representan un 66% del costo directo, seguido por la mano de obra con un 32% y equipos con un 2%.

Gráfico 10

Incidencia de mano de obra, materiales y equipos en el costo directo



9.2.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN

El cronograma del módulo de albañilería confinada, se consideró el inicio de obra el 01 de mayo del 2023 y la culminación en 155 días calendarios y 133 días laborables, es decir el 02 de octubre del 2023. Además, se consideró una cuadrilla formada por 2 operarios, 1 oficial y 1 peón bajo la supervisión de 1 capataz, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas.

Gráfico 11
Incidencia de partidas en el cronograma

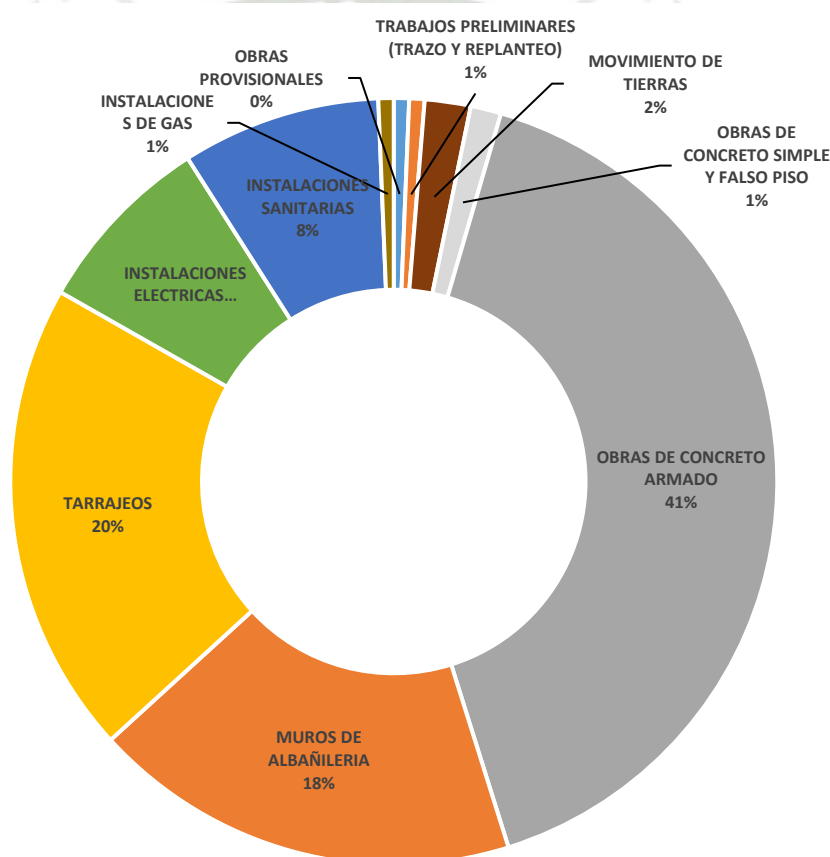


Tabla 130

Cuadro resumen de cada partida según su duración

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN
1. OBRAS PROVISIONALES	1 día
2. TRABAJOS PRELIMINARES (TRAZO Y REPLANTEO)	1 día
3. MOVIMIENTO DE TIERRAS	3 días
4. OBRAS DE CONCRETO SIMPLE (CIMENTOS CORRIDOS $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$) Y FALSO PISO	2 días
5. OBRAS DE CONCRETO ARMADO	63 días
6. MUROS DE ALBAÑILERÍA	28 días
7. TARRAJEOS	31 días
8. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	12 días
9. INSTALACIONES SANITARIAS	13 días
10. INSTALACIONES DE GAS	1 día
Duración total días	155 días

9.3. TABIQUERIA DE ALBAÑILERIA Y COVINTEC APLICADO A SISTEMA APORTICADO

Para este ítem se realizará un análisis comparativo de ambos sistemas constructivos aplicado solo como tabiquería a un edificio multifamiliar con sistema aporticado con la finalidad de ver las diferencias que puedan generar los sistemas en costos y tiempos de ejecución. Una de las ventajas del sistema Covintec es que no requiere de columnetas a diferencia del sistema de albañilería, lo cual pone en ventaja el uso de paneles light Covintec como una opción para la aplicación en tabiquería. El proyecto tomado como referencia es de la empresa Mendieta Asociados EIRL es un edificio multifamiliar que cuenta con 8 niveles y un área ocupada de 262.38 m².

Figura 125

Fachada de edificio multifamiliar



Nota: Mendieta Architect & Group, (2022).

9.3.1. PRESUPUESTO TABIQUERIA COVINTEC

Realizado el análisis de las partidas solo de tabiquería, el presupuesto obtenido para la tabiquería Covintec es de S/ 421,848.66 nuevos soles, con un costo por m2 de S/ 240.46 nuevos soles.

Tabla 131

Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada

PARTIDAS	COVINTEC
Habilitación y montaje de paneles	S/ 124,487.97
Primera mano de tarrajeo	S/ 177,883.03
Segunda mano de tarrajeo	S/ 119,477.66
Costo Directo	S/421,848.66
Costo por m2 con respecto a CD	S/ 240.46

Tabla 132

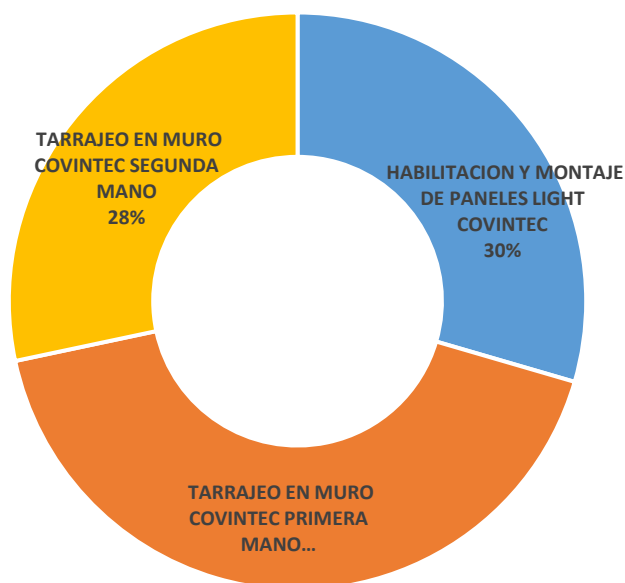
Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo

COVINTEC	
Mano de obra	S/ 64,103.24
Materiales	S/ 330,319.51
Equipo	S/ 27,425.91
Costo directo	S/ 421,848.66

La incidencia de la partida de la habilitación y montaje de paneles en el presupuesto representa el 30%, la primera mano de tarrajeo el 42% mientras que la segunda mano de tarrajeo es el 28% del presupuesto de tabiquería.

Gráfico 12

Incidencia de partidas de tabiquería



9.3.2. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCION

La partida de tabiquería en sistema Covintec se realizará en 268 días calendarios y 230 días laborables, considerándose una cuadrilla formada por 2 operarios, 1 oficial y 1 peón bajo la supervisión de 1 capataz, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas.

Gráfico 13

Incidencia de partidas en el cronograma

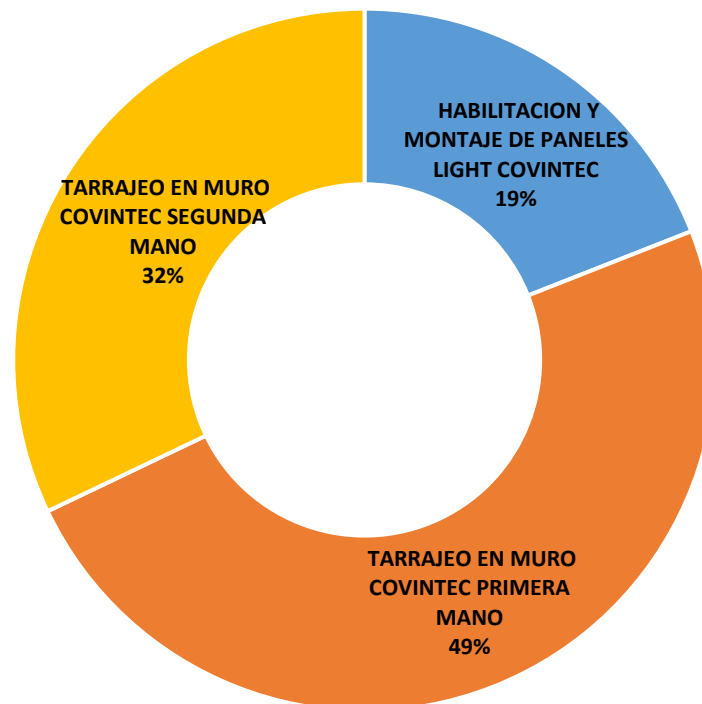


Tabla 133

Cuadro resumen de cada partida según su duración

NOMBRE DE TAREA	DURACION
Habilitación y montaje de paneles light Covintec	51
Tarrajeo en muro Covintec primera mano	131
Tarrajeo en muro Covintec segunda mano	86
Duración total días	268 días

9.3.3. PRESUPUESTO TABIQUERIA DE ALBAÑILERIA

Realizado el análisis de las partidas solo de tabiquería, el presupuesto obtenido para la tabiquería Covintec es de S/ 511,047.56 nuevos soles, con un costo por m2 de S/291.30 nuevos soles.

Tabla 134

Resumen de presupuesto total de Albañilería Confinada

PARTIDAS	ALBAÑILERIA CONFINADA
Muro de ladrillo pandereta	S/ 160,890.52
Tarrajeo en muro	S/ 296,160.58
Columnetas	S/ 53,996.46
Costo Directo	S/ 511,047.56
Costo por m2 con respecto a CD	S/ 291.30

Tabla 135

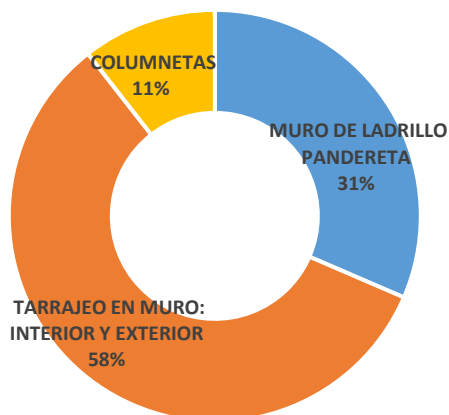
Resumen de costos de mano de obra, materiales y equipo

ALBAÑILERIA CONFINADA	
Mano de obra	S/ 131,744.71
Materiales	S/ 371,202.13
Equipo	S/ 8,100.72
Costo directo	S/ 511,047.56

La incidencia de la partida de muros de ladrillo pandereta en el presupuesto representa el 31%, el tarrajeo de muros el 58% mientras la partida de columnetas representa el 11% del presupuesto de tabiquería.

Gráfico 14

Incidencia de partidas de tabiquería



9.3.4. CRONOGRAMA Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN

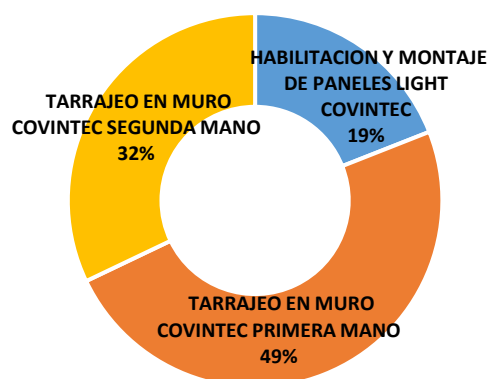
La partida de tabiquería en sistema de albañilería confinada se realizará en 550 días calendarios y 472 días laborables, considerándose una cuadrilla formada por 2 operarios, 1 oficial y 1 peón bajo la supervisión de 1 capataz, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas.

Tabla 136

Cuadro resumen de cada partida según su duración

NOMBRE DE TAREA	DURACIÓ N
Muro de ladrillo pandereta	273
Tarrajeo en muro interior y exterior	260
Columnetas	17
Duración total días	550 días

Gráfico 15
Incidencia de partidas en el cronograma



CAPÍTULO X

ANÁLISIS IMPACTO AMBIENTAL

Para el análisis de impacto ambiental nos basamos en la metodología PAS 2050:2011, siendo una de las más reconocidas internacionalmente para la verificación de la huella de carbono de productos, procesos o servicios.

La huella de carbono se mide mediante la masa de CO₂ equivalente producida durante una etapa o ciclo de vida ya sea de un producto, proceso o servicio; para la presente tesis calcularemos la masa de CO₂ equivalente en el proceso de construcción de los proyectos en cada sistema constructivo.

Las etapas constan de cuantificar los materiales y equipos utilizados en la ejecución del proyecto hasta casco gris, determinar los factores de emisión tanto de los materiales como de los equipos; luego se procederá a la conversión a toneladas de CO₂ equivalente al multiplicar la cantidad de emisión por el factor de emisión y por último se realizará una sumatoria para determinar el total de CO₂ equivalente que se produciría en la ejecución de los proyectos.

10. Capítulo X: Análisis de impacto ambiental.

Para el análisis de impacto ambiental nos basamos en la metodología PAS 2050:2011, siendo una de las más reconocidas internacionalmente para la verificación de la huella de carbono de productos, procesos o servicios. La huella de carbono se mide mediante la masa de CO₂ equivalente producida durante una etapa o ciclo de vida ya sea de un producto, proceso o servicio; para la presente tesis calcularemos la masa de CO₂ equivalente en el proceso de construcción de los proyectos en cada sistema constructivo. Las etapas constan de cuantificar los materiales y equipos utilizados en la ejecución del proyecto hasta casco gris, determinar los factores de emisión tanto de los materiales como de los equipos; luego se procederá a la conversión a toneladas de CO₂ equivalente al multiplicar la cantidad de emisión por el factor de emisión y por último se realizará una sumatoria para determinar el total de CO₂ equivalente que se produciría en la ejecución de los proyectos. (Porras et al, 2015)

10.1. FACTOR DE EMISIÓN POR MATERIAL Y EQUIPOS

Para hallar el factor de emisión se procedió a realizar una investigación documental a diferentes fuentes secundarias como informes e investigaciones internacionales, el inventario nacional de gases de efecto invernadero, y datos de organismos estatales.

Tabla 137

Factores de emisión por material

Material		Factor de emisión	Unidad	Fuente
Cemento		0.5214	Toneladas de CO ₂ / toneladas de Clinker producido	1
Morteros	Mortero (1:4 cemento: arena mezcla)	0.182	Toneladas de CO ₂ / toneladas de material	2
	Mortero (1:5 cemento: arena mezcla)	0.156	Toneladas de CO ₂ / toneladas de material	2
Agregados Material de cantera	Piedra de zanja	0.0052	Toneladas de CO ₂ / toneladas de áridos producida por extracción de material por minería y proceso de tamizado.	2
	Piedra de cajón			
	Piedra chancada			
	Arena Gruesa	0.008	Toneladas de CO ₂ / toneladas de arena gruesa producida por extracción de material por minería	3
	Arena fina			
	Hormigón	0.00742	Toneladas de CO ₂ / toneladas de grava producida (proceso de chancado o triturado)	2
Cal	0,78	Toneladas de CO ₂ / toneladas de cal producida (proceso de chancado o triturado)	2	
Acero	Acero general	1.77	Toneladas de CO ₂ / toneladas de acero producido	1

	Barras lisas	1.06	Toneladas de CO ₂ / toneladas de acero corrugado de 4mm producido	2
	Barras corrugadas			
	Mallas electrosoldadas	1.54		
Madera		0.31	Toneladas de CO ₂ / toneladas de madera procesada	2
Ladrillo		0.44535	Toneladas de CO ₂ / toneladas de carbonato consumido	1
plásticos	poliestireno expandido (EPS)	3.29	Toneladas de CO ₂ / toneladas de poliestireno expandido procesado	2
	Polipropileno (PP)	0.03	Toneladas de CO ₂ / toneladas de polipropileno procesado	4
energía	energía eléctrica	0.000332	Toneladas de CO ₂ / kWh energía eléctrica generada	5
	Diesel	0.8368	Toneladas de CO ₂ / litro combustible generado	5

Tabla 138

Referencias de bases de datos

Ni de Referencia	Fuente
1	INGEI 2016 INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
2	Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 2.0. Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK
3	Análisis comparativo de la huella de carbono necesaria para la asimilación de las emisiones generadas por la producción del agregado pétreo arena gruesa, utilizando residuos de construcción y demolición (RCD) y de extracción a cielo abierto.
4	ASIPLA Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0
5	Defra (2011); Guidelines to Defra / DECC's Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting, v1.1, 08/08/2011

10.2. CÁLCULOS DE HUELLA DE CARBONO POR MATERIALES, EQUIPOS Y PARTIDAS

Para los cálculos de la huella de carbono se procedió a cuantificar la cantidad de materiales y equipos por sistema constructivo en sus respectivas unidades, haciendo una conversión a toneladas (tn) para poder multiplicar esos valores por el factor de emisión correspondiente para así obtener las toneladas de CO2 equivalente emitidas por cada material y equipo.

10.2.1. SISTEMA COVINTEC

En la tabla 139 se detallan las cantidades de cada material y equipos usados en el sistema Covintec con su respectiva unidad para ser convertidas a toneladas.

Tabla 139
Conversión a toneladas

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	295.64	BOL	13.30	TON
MALLA ESQUINERO RECTA 10CMX10CM(2.44 M)	2.43	PZA	0.00	TON
MALLA ESQUINERO RECTA 20CMX20CM (2.44 M)	4.86	PZA	0.00	TON
MALLA UNION RECTA 0.20 X 2.40 M	2.43	PZA	0.00	TON
MALLA ZIG ZAG (7CM X 1.22M)	226.95	PZA	0.04	TON
PANEL ESTRUCTURAL COVINTEC 1.22 X 244 m	100.33	PZA		TON
POLIESTIRENO EXPANDIDO			0.209063641	TON
MALLA ELECTROSOLDADA			0.3160395	TON
ACERO CORRUGADO	592.49	KG	0.59249	TON
ALAMBRE NEGRO N°16	37.28	KG	0.03728	TON
ALAMBRE NEGRO N°8	16.28	KG	0.01628	TON
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	4.18	KG	0.00418	TON
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	61.99	KG	0.06199	TON
ARENA GRUESA	17.99	M3	28.784	TON
AGUA	3290.63	M3	3290.63	TON
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	6.60	M3	9.59112	TON
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	15.55	M3	26.435	TON
CAL (BOLSA x 20 kg)	3.46	BOL	0.0692	TON
HORMIGÓN	21.54	M3	26.925	TON
MADERA TORNILLO	820.83	P2	0.871624395	TON
FIBRA DE POLIPROPILENO	154.05	KG	140.1855	TON

EQUIPOS				
GRAPADORA MANUAL	70.05	HM	2.38	KW/H
CAMIÓN VOLQUETE DE 10 m ³	0.79	HM	4.42	GL
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	11.01	HM	5.28	GL
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.90	HM	0.14	GL
RETROEXCAVADORA	1.62	HM	6.50	GL
TEODOLITO Y MIRA	0.62	HM	0.01	KW/H
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	1.66	HM	0.27	MJ
BOMBA LANZA MORTERO	109.61	HM	89.76	GL

En la **tabla 139** se detallan los datos complementarios de cada material que ayudaron a la conversión a toneladas.

Tabla 140

Datos complementarios de especificaciones de materiales para la conversión a toneladas

MATERIAL	COMENTARIO
MATERIALES	
PANEL ESTRUCTURAL COVINTEC 1.22 X 244 m	
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Se usó la densidad del poliestireno expandido de los paneles Covintec 10 kg/m ³ para la conversión a toneladas
MALLA ELECTROSOLDADA	Se usó la cuantía de acero de malla electrosoldada en los paneles Covintec 3,15 kg/m ² para la conversión a toneladas
PANEL LOSA COVINTEC 1.22 X 244 m	
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Se usó la densidad del poliestireno expandido de los paneles Covintec 10 kg/m ³ para la conversión a toneladas
MALLA ELECTROSOLDADA	Se usó la cuantía de acero de malla electrosoldada en los paneles covintec 2,05 kg/m ² para la conversión a toneladas
ARENA GRUESA	Se usó el peso específico de arena 1600.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	Se usó el peso específico de PIEDRA CHANCADA DE 3/4" 1453.2 kg/m ³ para la conversión a toneladas
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	Se usó el peso específico de PIEDRA GRANDE 1700.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
HORMIGÓN	Se usó el peso específico de arena 1250.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
MADERA TORNILLO	Se considero la densidad de madera Tornillo siendo 450 kg/m ³ para la conversión a toneladas

EQUIPOS	
GRAPADORA MANUAL	batería de GRAPADORA 20v y 1.7Ah
CAMIÓN VOLQUETE DE 10 m ³	5.59 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	0.48 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.16 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
RETROEXCAVADORA	4.015415 Gl/h
TEODOLITO Y MIRA	batería de teodolito 6v y 3500 mAh
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	0.16 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
BOMBA LANZAMORTERO	3.1 L/h https://bishopsl.com/mortero/ob-compact-pro-60/

Tabla 141

Calculo de emisiones de CO2 equivalente de Sistema Covintec

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton CO2 eq)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	12.64	TON	0.5214	6.58794
MALLA ESQUINERO RECTA 10CMX10CM(2.44 M)	0.01	TON	1.54	0.01856
MALLA ESQUINERO RECTA 20CMX20CM (2.44 M)	0.02	TON	1.54	0.03713
MALLA UNIÓN RECTA 0.20 X 2.40 M	0.03	TON	1.54	0.03965
MALLA ZIG ZAG (7CM X 1.22M)	0.08	TON	1.54	0.11617
PANEL ESTRUCTURAL COVINTEC 1.22 X 244 m		TON		
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.211043213	TON	3.29	0.69433
MALLA ELECTROSOLDADA	0.319032	TON	1.54	0.49131
ACERO CORRUGADO	0.59249	TON	1.06	0.62804
ALAMBRE NEGRO N°16	0.03728	TON	1.77	0.06599
ALAMBRE NEGRO N°8	0.01628	TON	1.77	0.02882
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.00418	TON	1.77	0.00740
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.06199	TON	1.77	0.10972
ARENA GRUESA	28.784	TON	0.008	0.23027
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	9.59112	TON	0.0052	0.04987
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	26.435	TON	0.0052	0.13746
CAL (BOLSA x 20 kg)	0.0692	TON	0.78	0.05398
HORMIGÓN	26.925	TON	0.00742	0.19978
MADERA TORNILLO	0.871624395	TON	0.31	0.27020
FIBRA DE POLIPROPILENO	140.1855	TON	0.03	4.20557
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				14.16067
EQUIPOS				
GRAPADORA MANUAL	2.38	KW/H	0.000332	0.00079
CAMIÓN VOLQUETE DE 10 m3	4.42	GL	0.84	3.69539
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	5.28	GL	0.84	4.42232
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.14	GL	0.84	0.12050
RETROEXCAVADORA	6.50	GL	0.84	5.44336
TEODOLITO Y MIRA	0.01	KW/H	0.000332	0.0000432264
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	0.27	MJ	0.84	0.22225
BOMBA LANZA MORTERO	89.76	GL	0.84	13.90462
TOTAL DE EMISIONES DE EQUIPOS				27.80924
TOTAL DE EMISIONES DE SISTEMA COVINTEC				41.96992

En la tabla 141 se detallan la cantidad de materiales en toneladas multiplicadas por el factor de emisión de cada ítem, resultando que el total de emisiones de CO₂ eq del sistema Covintec es 41.96 tn.

10.2.1.1. EMISIONES DE CO₂ POR PARTIDAS

En el análisis de las emisiones de CO₂ por partidas el total de emisiones por materiales del sistema Covintec de la partida de estructuras es 18.19 tnCO₂eq mientras que las emisiones por equipos resultan 13.90 tnCO₂eq siendo un total de 32.10 tnCO₂eq totales por las partidas de estructuras.

Tabla 142

Emisiones de CO₂ de la partida de estructuras de sistema Covintec

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	9.42	TON	0.5214	4.90940
MALLA ESQUINERO RECTA 10CMX10CM(2.44 M)	0.00	TON	1.54	0.00086
MALLA ESQUINERO RECTA 20CMX20CM (2.44 M)	0.00	TON	1.54	0.00345
MALLA UNIÓN RECTA 0.20 X 2.40 M	0.00	TON	1.54	0.00173
MALLA ZIG ZAG (7CM X 1.22M)	0.04	TON	1.54	0.05641
PANEL ESTRUCTURAL COVINTEC 1.22 X 2.44 m		TON		0.00000
POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.20906364 1	TON	3.29	0.68782
MALLA ELECTROSOLDADA	0.3160395	TON	1.54	0.48670
ACERO CORRUGADO	0.01628	TON	1.06	0.01726
ALAMBRE NEGRO N°16	0.00418	TON	1.77	0.00740
ALAMBRE NEGRO N°8	0.01754	TON	1.77	0.03105
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.00833	TON	1.77	0.01474
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.022	TON	1.77	0.03894
ARENA GRUESA	10.56	TON	0.008	0.08448
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	5.028072	TON	0.0052	0.02615
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	36.618	TON	0.0052	0.19041
CAL (BOLSA x 20 kg)	13.0896	TON	0.78	10.20989
HORMIGÓN	192.5625	TON	0.00742	1.42881
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				18.19550
EQUIPOS				
GRAPADORA MANUAL	2.38	KW/H	0.000332	0.00079
CAMIÓN VOLQUETE DE 10 m ³	4.42	GL	0.84	3.69539
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	5.28	GL	0.84	4.42232

PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.14	GL	0.84	0.12050
RETROEXCAVADORA	6.50	GL	0.84	5.44336
TEODOLITO Y MIRA	0.01	KW/H	0.000332	0.0000043226 4
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	0.27	MJ	0.84	0.22225
TOTA DE EMISIONES DE EQUIPOS				13.90462

TOTALDE EMISIONES DE ESTRUCTURAS	32.10012
---	-----------------

Por otro lado, las emisiones de CO₂ por partidas el total de emisiones por materiales de Sistema Covintec de la partida de arquitectura es 2.75 tnCO₂eq mientras que las emisiones por equipos resultan 75.11 tnCO₂eq siendo un total de 77.86 tnCO₂eq totales por las partidas de arquitectura.

Tabla 143

Emisiones de CO₂ de la partida de arquitectura de sistema Covintec

MATERIAL	CANTIDA D	UNIDA D	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	3.89	TON	0.5214	2.02720
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.04445	TON	1.77	0.07868
ARENA GRUESA	15.456	TON	0.008	0.12365
MADERA TORNILLO	0.17664402 9	TON	0.31	0.05476
FIBRA DE POLIPROPILENO	15.7066	TON	0.03	0.47120
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				2.75549

EQUIPOS				
BOMBA LANZA MORTERO	89.76	GL	0.84	75.11388

TOTAL DE EMISIONES DE ARQUITECTURA	77.86937
---	-----------------

10.2.2. SISTEMA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

En la tabla 144 se detallan las cantidades de cada material y equipos usados en albañilería confinada con su respectiva unidad para ser convertidas a toneladas.

Tabla 144
Conversión a toneladas

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	448.87	BOL	20.20	TON
ACERO CORRUGADO	2080.66	KG	2.08	TON
ALAMBRE NEGRO N°16	104.55	KG	0.10	TON
ALAMBRE NEGRO N°8	49.23	KG	0.05	TON
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.31	KG	0.00	TON
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	58.55	KG	0.06	TON
ARENA FINA	5.58	M3	8.93	TON
ARENA GRUESA	20.77	M3	33.23	TON
AGUA	1530.01	M3	1530.01	TON
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	6.65	M3	9.66	TON
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	17.77	M3	25.82	TON
PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2" Y 3/4"	15.02	M3	21.83	TON
CAL (BOLSA x 20 kg)	3.46	BOL	0.07	TON
HORMIGON	19.96	M3	24.95	TON
MADERA TORNILLO	1536.49	P2	1.63	TON
PUNTAL DE EUCALIPTO DE 3M	165.11	P3	0.18	TON
LADRILLO PARA TECHO 15x30x30 cm	591.07	UND	3.75	TON
LADRILLO ARCILLA KK 10 X 14 X 24 CM	8822.53	UND	26.03	TON
EQUIPOS				
CAMION VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	0.90	HM	5.03	GL
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	24.81	HM	11.91	GL
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.90	HM	0.14	GL
RETROEXCAVADORA	1.62	HM	6.50	GL
TEODOLITO Y MIRA	0.62	HM	0.01	KW/H
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	14.40	HM	2.30	MJ
WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	8.98	HM	44.90	Kw/H

En la tabla 144 se detallan los datos complementarios de cada material que ayudaron a la conversión a toneladas.

Tabla 145

Datos complementarios de especificaciones de materiales para la conversión a toneladas

MATERIAL	COMENTARIO
MATERIALES	
ARENA FINA	Se usó el peso específico de arena 1600.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
ARENA GRUESA	Se usó el peso específico de arena 1600.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	Se usó el peso específico de PIEDRA CHANCADA DE 3/4" 1453.2 kg/m ³ para la conversión a toneladas
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	Se usó el peso específico de PIEDRA GRANDE 1700.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2" Y 3/4"	Se usó el peso específico de PIEDRA CHANCADA DE 3/4" 1453.2 kg/m ³ para la conversión a toneladas
HORMIGÓN	Se usó el peso específico de arena 1250.00 kg/m ³ para la conversión a toneladas
MADERA TORNILLO	Se considero la densidad de madera Tornillo siendo 450 kg/m ³ para la conversión a toneladas
LADRILLO PARA TECHO 15x30x30 cm	Se usó el peso específico de ladrillo 6.35 kg/unidad para la conversión a toneladas
LADRILLO ARCILLA KK 10 X 14 X 24 CM	Se usó el peso específico de ladrillo 2.95 kg/unidad para la conversión a toneladas
EQUIPOS	
CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	5.59 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por capeco
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	0.48 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.16 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
RETROEXCAVADORA	4.015415 Gl/h
TEODOLITO Y MIRA	batería de teodolito 6v y 3500 mAh
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	0.16 Gl/h el equipo y sus costos de operación publicado por Capeco
WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	5 KW en Monofásico 220V

Tabla 146

Calculo de emisiones de CO2 equivalente de Albañilería confinada

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton CO2 eq)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	20.20	TON	0.5214	10.53184
ACERO CORRUGADO	2.08	TON	1.06	2.20550
ALAMBRE NEGRO N°16	0.10	TON	1.77	0.18505
ALAMBRE NEGRO N°8	0.05	TON	1.77	0.08714
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.00	TON	1.77	0.00055
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.06	TON	1.77	0.10363
ARENA FINA	8.93	TON	0.008	0.07142
ARENA GRUESA	33.23	TON	0.008	0.26586
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	9.66	TON	0.0052	0.05025
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	25.82	TON	0.0052	0.13428
PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2" Y 3/4"	21.83	TON	0.0052	0.11350
CAL (BOLSA x 20 kg)	0.07	TON	0.78	0.05398
HORMIGÓN	24.95	TON	0.00742	0.18513
MADERA TORNILLO	1.63	TON	0.31	0.50579
PUNTAL DE EUCALIPTO DE 3M	0.18	TON	1.31	0.22968
LADRILLO PARA TECHO 15x30x30 cm	3.75	TON	0.44535	1.67153
LADRILLO ARCILLA KK 10 X 14 X 24 CM	26.03	TON	0.44535	11.59089
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				27.98601
EQUIPOS				
CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	5.03	GL	0.8368	4.20994
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	11.91	GL	0.84	9.96528
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.14	GL	0.84	0.12050
RETROEXCAVADORA	6.50	GL	0.84	5.44336
TEODOLITO Y MIRA	0.01	KW/H	0.000332	0.0000043226 4
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	2.30	MJ	0.836800	1.92799
WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	44.90	Kw/H	0.000332	0.01491
TOTAL DE EMISIONES DE EQUIPOS				21.68198
TOTAL DE EMISIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA				49.66799

En la tabla 146 se detallan la cantidad de materiales en toneladas multiplicadas por el factor de emisión de cada ítem, resultando que el total de emisiones de CO2 eq del sistema de albañilería confinada es 49.66 tnCO2eq.

10.2.2.1. EMISIONES DE CO2 POR PARTIDAS

En el análisis de las emisiones de CO2 por partidas el total de emisiones por materiales de albañilería confinada de la partida de estructuras es 14.41 tnCO2eq mientras que las emisiones por equipos resultan 21.68 tnCO2eq siendo un total de 36.09 tnCO2eq totales por las partidas de estructuras.

Tabla 147

Emisiones de CO2 de la partida de estructuras de albañilería confinada

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	17.01	TON	0.5214	8.87066
ACERO CORRUGADO	2.08	TON	1.06	2.20550
ALAMBRE NEGRO N°16	0.10	TON	1.77	0.18505
ALAMBRE NEGRO N°8	0.05	TON	1.77	0.08714
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.00	TON	1.77	0.00055
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.04	TON	1.77	0.07861
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	24.50	TON	0.008	0.19597
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	9.66	TON	0.0052	0.05025
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	25.82	TON	0.0052	0.13428
PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2" Y 3/4"	21.83	TON	0.0052	0.11350
CAL (BOLSA x 20 kg)	0.07	TON	0.78	0.05398
HORMIGÓN	24.95	TON	0.00742	0.18513
MADERA TORNILLO	1.14	TON	0.31	0.35269
PUNTAL DE EUCALIPTO DE 3M	0.18	TON	1.31	0.22968
LADRILLO PARA TECHO 15x30x30 cm	3.75	TON	0.44535	1.67153
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				14.41451
EQUIPOS				
CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	5.03	GL	0.8368	4.20994
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	11.91	GL	0.84	9.96528
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.14	GL	0.84	0.12050
RETROEXCAVADORA	6.50	GL	0.84	5.44336
TEODOLITO Y MIRA	0.01	KW/H	0.000332	0.00000432264
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	2.30	MJ	0.836800	1.92799
WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	44.90	Kw/H	0.000332	0.01491
TOTAL DE EMISIONES DE EQUIPOS				21.68198
TOTAL DE EMISIONES DE ESTRUCTURAS				36.09649
MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE

				EMISIONES (ton)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG) YURA	17.01	TON	0.5214	8.87066
ACERO CORRUGADO	2.08	TON	1.06	2.20550
ALAMBRE NEGRO N°16	0.10	TON	1.77	0.18505
ALAMBRE NEGRO N°8	0.05	TON	1.77	0.08714
CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	0.00	TON	1.77	0.00055
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.04	TON	1.77	0.07861
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	24.50	TON	0.008	0.19597
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	9.66	TON	0.0052	0.05025
PIEDRA GRANDE (MAX 8")	25.82	TON	0.0052	0.13428
PIEDRA ZARANDEADA DE 1/2" Y 3/4"	21.83	TON	0.0052	0.11350
CAL (BOLSA x 20 kg)	0.07	TON	0.78	0.05398
HORMIGÓN	24.95	TON	0.00742	0.18513
MADERA TORNILLO	1.14	TON	0.31	0.35269
PUNTAL DE EUCALIPTO DE 3M	0.18	TON	1.31	0.22968
LADRILLO PARA TECHO 15x30x30 cm	3.75	TON	0.44535	1.67153
TOTAL DE EMISIONES DE MATERIALES				14.41451
EQUIPOS				
CAMIÓN VOLQUETE 4x2 140-210 HP 6 M3.	5.03	GL	0.8368	4.20994
MEZCLADORA DE CONC. (TAMBOR) 11 P3, 22 HP	11.91	GL	0.84	9.96528
PLANCHA COMPACTADORA VIBRAT. 4.0 HP	0.14	GL	0.84	0.12050
RETROEXCAVADORA	6.50	GL	0.84	5.44336
TEODOLITO Y MIRA	0.01	KW/H	0.000332	0.00000432264
VIBRADOR A GASOLINA 1 3/4", 4HP	2.30	MJ	0.836800	1.92799
WINCHE - 2 BALDES, 3.6 HP	44.90	Kw/H	0.000332	0.01491
TOTAL DE EMISIONES DE EQUIPOS				21.68198
TOTAL DE EMISIONES DE ESTRUCTURAS				36.09649

Por otro lado, las emisiones de CO₂ por partidas el total de emisiones por materiales de albañilería confinada de la partida de arquitectura es 13.57 tnCO₂eq mientras que las emisiones por equipos resultan 0 ya que en estas partidas solo se usaron herramientas manuales.

Tabla 148

Emisiones de CO2 de la partida de arquitectura de albañilería confinada

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	CANTIDAD PARCIAL DE EMISIONES (ton)
MATERIALES				
CEMENTO PORTLAND TIPO 1 (42.5KG) YURA	3.19	TON	0.5214	1.66118
CLAVOS CON CABEZA DE 3"	0.01	TON	1.77	0.02503
ARENA FINA	8.93	TON	0.008	0.07142
ARENA GRUESA	8.74	TON	0.008	0.06989
MADERA TORNILLO	0.49	TON	0.31	0.15310
LADRILLO ARCILLA KK 10 X 14 X 24 CM	26.03	TON	0.44535	11.59089
TOTAL DE EMISIONES DE ARQUITECTURA				13.57150

10.3. APLICACIÓN EDGE

EDGE es un sistema de certificación de construcción sostenible que se enfoca en hacer edificios más eficientes, ya que permite a los desarrolladores y empresas constructoras identificar las maneras más efectivas de reducir energía, agua y recursos en los materiales de construcción. (García, 2023)

La certificación se inicia desde la primera etapa de diseño, cuando los detalles del proyecto se introducen en el software EDGE y se seleccionan las opciones verdes, el proyecto debe alcanzar el estándar EDGE de 20% de mejoría en cuanto a energía agua y materiales en comparación con la práctica de construcción local para lograr dicha certificación. (Excellence In Desing For Greater Efficiencies, 2022)

Gráfico 16
Proceso de certificación EDGE



Nota: Excellence In Desing For Greater Efficiencies, (2022).

En la presente investigación se procedió a introducir los datos del proyecto a la aplicación EDGE building para cada sistema constructivo obteniendo los siguientes resultados: Para el aplicativo EDGE según la Guía del usuario de EDGE 3.0. el cálculo de la energía incorporada de los materiales para cada sistema constructivo al momento de la fabricación del producto como se observa en los gráficos 17 y 18 donde los materiales del sistema de albañilería confinada cumplen en un 31% con la norma EDGE relativa a los materiales mientras que el sistema Covintec cumple con un 53%.

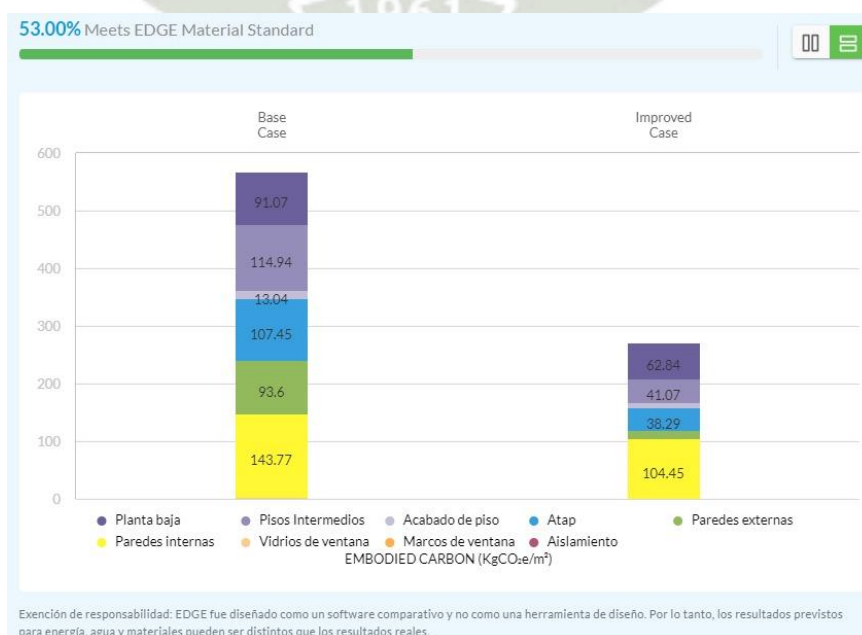
Gráfico 17

Medidas de eficiencia de materiales Albañilería



Gráfico 18

medidas de eficiencia de materiales Albañilería



10.4. RESIDUOS Y REAPROVECHAMIENTO DE MATERIALES

En esta parte se realiza un análisis de la reciclabilidad, recuperación y reutilización de los residuos que produce la construcción con el sistema constructivo de Albañilería y Covintec, estructurada en 2 partes: la primera es un análisis de la normativa peruana vigente sobre reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición; la segunda parte es un análisis de las opciones de reutilización y reciclabilidad de los residuos por sistema constructivo. (Carpio & Quintanilla, 2021)

10.4.1. Análisis del reglamento para la gestión y manejo de los residuos de las actividades de construcción y demolición

La normativa vigente se rige bajo el Reglamento Para La Gestión Y Manejo De Los Residuos De Las Actividades De La Construcción Y Demolición aprobado bajo el Decreto Supremo N°003-2013-Vivienda y modificado por el Decreto Supremo N° 019-2016-Vivienda. Este reglamento tiene por objeto regular, gestionar y manejar los residuos sólidos generados por las actividades y procesos de construcción y demolición; con el fin de minimizar el impacto ambiental y contribuir al desarrollo sostenible del país. Uno de los objetivos más importantes de esta norma es regular la minimización de la segregación, almacenamiento, reaprovechamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos procedentes de las actividades de construcción; en adelante se utilizará la abreviatura RCD para referirnos a residuos de construcción y demolición. (Moromisato, 2018)

10.4.1.1. Clasificación de residuos solidos

10.4.1.1.1. Residuos Peligrosos

Este tipo de residuos están contemplados en la siguiente tabla:

Cuadro 1
Residuos peligrosos

Residuos	Elementos peligrosos posiblemente presentes	Peligrosidad
Restos de madera tratada	Arsénico, plomo, formaldehído, pentaclorofenol	Tóxicos, inflamables
Envases de removedores de pinturas, aerosoles	Cloruro de metileno Tricloroetileno	Inflamables, irritantes
Envases de: removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pintura	Tricloroetileno	Inflamable y tóxico
Envases de: pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas	Formaldehído	Tóxico, corrosivo.
Restos de tubos fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.	Mercurio, Bifenilos policlorados (BPCs)	Tóxicos.
Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40° C)	Aditivos: Estabilizantes, colorantes, plastificantes	Inflamable, Tóxico
Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbesto.	Asbesto o amianto	Tóxico (Cancerígeno)
Envases de pinturas y solventes.	Benceno	Inflamable
Envases de preservantes de madera.	Formaldehído, pentaclorofenol	Tóxico, inflamables
Envases de pinturas	Pigmentos: Cadmio, Plomo	Tóxico
Restos de cerámicos, baterías	Níquel	Tóxico
Filtros de aceite, envases de lubricantes.	Hidrocarburos	Inflamable, tóxico
Los residuos enumerados en este Anexo están definidos como peligrosos de conformidad con la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, y el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, Anexo 4, lista A. A1.0 Residuos metálicos o que contengan metales A2.0 Residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que puedan contener metales o materia orgánica A3.0 Residuos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que puedan contener metales y materia inorgánica A4.0 Residuos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos		



10.4.1.1.2. Residuos no peligrosos

Son reutilizables y reciclables, están contemplados en la siguiente lista.

Cuadro 2
Residuos no peligrosos - Desmonte limpio

Instalaciones	Fachadas	Acabados interiores
<ul style="list-style-type: none"> • Mobiliario fijo de cocina • Mobiliario fijo de cuartos de baño 	<ul style="list-style-type: none"> • Puertas • Ventanas • Revestimientos de piedra • Elementos prefabricados de hormigón 	<ul style="list-style-type: none"> • Cielo raso (escayola) • Pavimentos flotantes • Alicatados • Elementos de decoración
Cubiertas <ul style="list-style-type: none"> • Tejas • Tragaluces y claraboyas • Soleras prefabricadas • Tableros • Placas sándwich 	Particiones interiores <ul style="list-style-type: none"> • Mamparas • Tabiquerías móviles o fijas • Barandillas • Puertas • Ventanas 	Estructura <ul style="list-style-type: none"> • Vigas y pilares • Elementos prefabricados de hormigón

Nota: Carrión, (2018).

10.4.1.2. Segregación y reaprovechamiento de residuos sólidos de la construcción y demolición

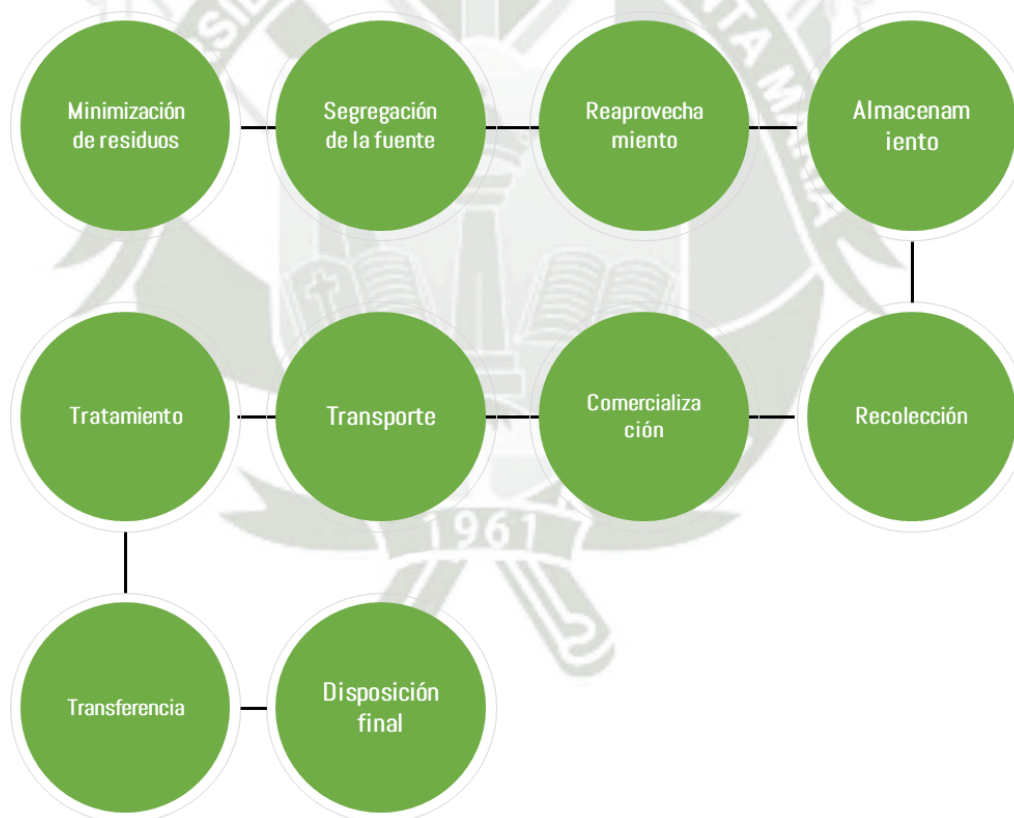
La segregación de residuos es una estrategia que sirve para facilitar el reaprovechamiento y/o comercialización, que se realiza en obra o en una instalación designada para su conveniente tratamiento. La segregación de residuos es la técnica de separar eficientemente los desechos y productos con el objetivo de reducir, reutilizar y reciclar. El reaprovechamiento de residuos según esta norma tiene por objeto reducir la cantidad final de residuos sólidos para la disposición final; además de la obtención de un beneficio a partir de sus reciclaje y reutilización, se recomienda que el reaprovechamiento y la minimización de residuos sólidos deben ser considerados en el diseño del proyecto. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016)

Se debe tener en cuenta que no todos los residuos son reaprovechables por lo que la norma clasifica los residuos como:

- Residuos sólidos son reaprovechables cuando pueden ser reincorporados a un proceso siempre y cuando su uso no afecte a la calidad ambiental, salud y sus características o propiedades sean compatibles con los requerimientos técnicos de dicho proceso. Se reconocen como técnicas de reaprovechamiento el reciclaje, la recuperación o la reutilización.
- Residuos sólidos no reaprovechables son los que resultan de los procesos de segregación, reciclaje o reutilización, estos deben ser dispuestos en una escombrera autorizada, en celdas de rellenos sanitarios autorizados o relleno de seguridad según corresponda. (Carrión, 2018)

Esquema 4

Operaciones y procesos de disposición final de RCD



Nota: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, (2016).

10.4.1.3. Infraestructura para el manejo de residuos sólidos procedente de construcción:

Según la norma las infraestructuras necesarias para el tratamiento y destino de residuos son:

- Almacenes de residuos o zonas de almacenamiento.
 - Plantas de tratamiento, reaprovechamiento, segregación o reciclaje.
 - Escombreras para disposición final.
 - Rellenos de seguridad para residuos peligrosos.
 - Áreas potenciales para ubicación de escombreras en caso de desastres.
- (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016)

10.4.1.4. Los actores involucrados en el proceso de RCD

“Según la norma los principales actores encargados del correcto procesamiento de RCD son los gobiernos regionales, las EPS-RS (Empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos) y la comunidad” (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016).

Esquema 5

Obligaciones de los actores que participan en el proceso de disposición final de RCD

Gobiernos Locales

Actor estatal

Las municipalidades provinciales en coordinación con las municipalidades distritales, en función de los criterios y parámetros establecidos para la localización pertinente de la infraestructura necesaria para el procesamiento de residuos sólidos

- ▶ Implementar centros de recolección
- ▶ Formular estrategias
- ▶ zonificación para disposición final y ubicación de áreas para escombreras
- ▶ implementar sistemas de recojo

Comunidad

Empresas privadas y población en general

El titular es responsable del manejo seguro, sanitario y ambientalmente adecuado de los residuos así como por los daños que pudieran producirse por el incumplimiento del reglamento de los RCD. Las comunidades como generadoras de residuos tienen las siguientes obligaciones:

- ▶ De acuerdo a los impactos ambientales que genera el proyecto, éste deberá contar con certificación ambiental aprobada
- ▶ Tener un plan de manejo de residuos sólidos
- ▶ Contratar a una EPS- RS, registrada en la DIGESA y autorizada por la municipalidad correspondiente para la prestación de los servicios de recolección ,transporte ,y disposición final según sea el caso
- ▶ Brindar las facilidades necesarias a las autoridades municipales, de salud ,y sectoriales para que cumplan con sus funciones de supervisión y fiscalización
- ▶ Asumir el costo que genera el servicio de traslado y manejo de residuos sólidos
- ▶ recolectar y embalar los residuos sólidos considerados como peligrosos

EPS-RS Y ECRS

Empresas privadas o estatales

Los EPS-RS de transporte y EC-RS autorizadas para el transporte de residuos deben cumplir con las obligaciones siguientes :

- ▶ Contar con el equipo de protección personal para los operarios de vehículos
- ▶ Informar y capacitar al personal operario sobre las medidas y métodos que permita minimizar el impacto de los residuos
- ▶ Coordinar con las autoridades correspondientes para el traslado de residuos
- ▶ Verificar el embalaje que contiene los residuos peligrosos concordando con las características y el volumen declarado por el generador
- ▶ Suscribir una póliza de seguro que cubra los riesgos derivados del transporte de residuos

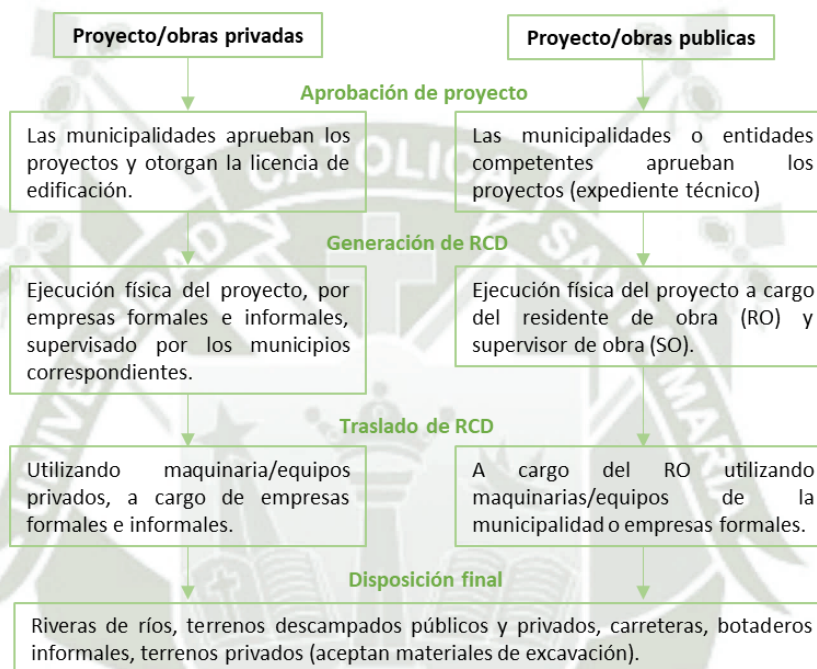
Nota: Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, (2016).

En la revisión de la normativa se encuentra una clasificación de residuos sólidos definiéndolos como residuos no peligrosos y residuos peligrosos, observándose que la norma vigente carece de un catálogo de RCD donde exprese el tipo de residuo, su valorización, tratamiento y disposición final. Actualmente los RCD en Arequipa no se gestionan adecuadamente, esto se debe a diversos factores como la falta de regulación desde la etapa de diseño de proyecto, la falta de EPS-RS y EC-RS para gestionar los RCD y falta de infraestructura para el tratamiento y disposición final. La figura 15 muestra el esquema actual de manejo de RCD,

tanto de proyectos públicos como privados en la ciudad de Arequipa, donde se puede apreciar que los RCD terminan en lugares inadecuados provocando impactos ambientales negativos. (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, 2016)

Esquema 6

La gestión actual de los RCD en la ciudad de Arequipa



El transporte y disposición final de RCD de la ciudad, actualmente no es competencia de la Municipalidad Provincial de Arequipa, el generador está obligado a solicitar a terceros el recojo y el transporte de los residuos de la construcción y demolición siendo responsabilidad directa del generador y contratista, la disposición de la municipalidad provincial de Arequipa fue que los residuos de las obras de construcción deben ser derivados por su contratista desde la obra a zonas autorizadas por la municipalidad o en terrenos privados que requieran de material de relleno. (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2013)

Cabe resaltar que la Provincia de Arequipa actualmente no cuenta con un relleno sanitario oficial o un área específica que funcione como vertedero para residuos de construcción y demolición, tampoco tiene ninguna EPS-RS y EC-RS

dedicada a gestionar RCD autorizada por el MINAM , por lo que estos residuos se concentran en lugares de la vía pública en medio de avenidas, canteras, etc. (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2013)

En el 2013, la Municipalidad de Arequipa elaboró un diagnóstico de residuos de construcción y demolición autorizado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, dándose a conocer el informe en donde la municipalidad llegó a cumplir con las metas establecidas (Meta 9 “Identificación, cuantificación y clasificación de los residuos de la construcción y la demolición depositados en espacios públicos”) y (Meta 32 propone el desarrollo de un “Plan de Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición depositados en Espacios Públicos y de Obras Menores”) en relación al manejo de residuos procedentes de la demolición y construcción de obras menores, con un porcentaje final del 69%, dejando un excedente del 31% aún pendiente, por lo que la gestión y manejo de RCD, debería ser un requisito para la aprobación de los proyectos, priorizando en estos documentos la segregación la fuente y una recolección selectiva. (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017)

10.4.2. Análisis de las opciones de reutilización y reciclabilidad de los residuos por sistema constructivo.

En la actualidad el Perú carece de información estadística fiable relacionada a la gestión y tratamiento de RCD, ya que la norma que actualmente regula los residuos de construcción y demolición carece de una lista de RCD, que describa el tipo de residuo, su disposición, procesamiento y disposición final, tanto de proyectos públicos como de privados, por lo que, para el desarrollo de este punto, nos basamos en manuales y guías de otros países. Para la clasificación de los residuos de construcción y demolición nos basaremos en la siguiente tabla tomada de la GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN - RCD EN LA OBRA realizada por la Alcaldía mayor de Bogotá DC, en donde clasifica los residuos no peligrosos como aprovechables y no reaprovechables. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)

Tabla 149

Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
A. RCD APROVECHABLES	I- Residuos mezclados	1. Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
	II-Residuos de material fino	1. Residuos finos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾ .
		2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200 de granulometría ⁽¹⁾⁽²⁾ .
	III- Otros Residuos	1. Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos.
		2. Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc.
		3. Residuos orgánicos de pedones	Residuos de tierra negra.
		4. Residuos orgánicos de cespedones	Residuos vegetales y otras especies bióticas.
B. RCD NO APROVECHABLES	IV-Residuos peligrosos	1. Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos, patógenos (biológicos)	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas volantes, luminarias, desechos explosivos, y los residuos o desechos incluidos en el Anexo I y Anexo II o que presenten las características de peligrosidad descritas en el Anexo III del Decreto 4741 de 2005.
B. RCD NO APROVECHABLES	V-Residuos especiales	No definida	Poliestireno - Icopor, cartón-yeso (drywall), llantas entre otros
	VI- Residuos contaminados con otros residuos	1. Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dispuestos como residuos peligrosos.
		No definida	Residuos contaminados con otros residuos, que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.
	VII- Otros residuos	No definido	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en las obras.

Nota: Secretaría Distrital de Ambiente, (2014).

En la siguiente tabla se definen los residuos provenientes de cada sistema constructivo analizado en esta tesis, teniendo en cuenta los componentes de cada uno.

Tabla 150

Tipo de residuos por cada sistema constructivo

Albañilería	Covintec
Hormigón de cimentaciones (cimiento corrido)	Hormigón de cimentaciones (Platea de cimentación o cimiento corrido)
Bloques de hormigón armado (vigas y columnas)	Bloques de hormigón proyectado y paneles Covintec (muros estructurales)
Bloques de ladrillo y mortero (muros estructurales)	Bloques de panel de losa Covintec (techo)
Bloques de aligerados (techo)	

Nota: Secretaría Distrital de Ambiente, (2014).

Los escombros de RCD de los muros de sistema Covintec están hechos de materiales compuestos, como paneles sándwich, aisladores compuestos o paneles de yeso que son de difícil valorización y/o reutilización. Unos de los principales problemas de la reutilización y reciclado de poliestireno expandido es que su degradación es demasiado lenta por lo que no se recomienda ser utilizado en rellenos para suelo sin antes darle un tratamiento en donde se aplican solventes después del proceso de triturado de bloques, haciendo que el poliestireno aumente su densidad y reduzca su volumen, haciendo posible su uso en rellenos. (Ihobe, 2012)

Tabla 151

Tipo de residuos por cada sistema constructivo

Covintec	Categoría	Grupo	Clase	Posibles aplicaciones
Hormigón de cimentaciones (Platea de cimentación o cimiento corrido)	RCD APROVECHABLES	RESIDUOS MEZCLADOS	RESIDUOS PÉTREOS	Reutilización como masa para rellenos Reciclado como grava suelta Reciclado como granulado Reciclado para producción de morteros y cemento
Bloques de hormigón proyectado y paneles Covintec (muros estructurales)	RCD NO APROVECHABLES	RESIDUOS ESPECIALES	NO DEFINIDA	Reutilización como masa para rellenos
Bloques de panel de losa Covintec (techo)				

Nota: Secretaría Distrital de Ambiente, (2014).

Mientras que los escombros de RCD provenientes de Albañilería confinada por lo general está compuesto por materiales que pueden tener diferentes características, dependiendo del tipo de obra, la técnica constructiva, la etapa en la que se encuentra la obra, entre otros factores. Sin embargo, este tipo de residuos tiene un alto potencial de reciclaje al estar formado por una gran cantidad de materiales inertes como cemento, grava, arena, cerámica, piedra, etc.

Tabla 152

Tipo de residuos por cada sistema constructivo

Albañilería confinada	Categoría	Grupo	Clase	Posibles aplicaciones
Hormigón de cimentaciones (cimiento corrido)	RCD APROVECHABLES	RESIDUOS MEZCLADOS	RESIDUOS PÉTREOS	Reutilización como masa para rellenos
Bloques de hormigón armado (vigas y columnas)				Reciclado como grava suelta
Bloques de ladrillo y mortero (muros estructurales)		OTROS RESIDUOS	RESIDUOS DE CARÁCTER METÁLICO	Reciclado como granulado
Bloques de aligerados (techo)				Reciclado para producción de morteros y cemento

Nota: Secretaría Distrital de Ambiente, (2014).

10.4.2.1. Cuantificación de volumen de RCD generado por cada sistema constructivo

El volumen total de escombros de Residuos procedentes de la demolición de los módulos de vivienda proyectados para el sistema Covintec es 128.70 m³ de los cuales 47.41 m³ que pueden ser reciclados, 78.43m³ no reciclables y 2.86m³ reutilizables.

Tabla 153

Cuantificación de RCD reciclable de Sistema Covintec

RECICLABLE	
UNIDAD DE OBRA	M3 DE RCD
CIMIENTOS CORRIDOS $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$	22.22
FALSO PISO MEZCLA 1:12 e=3"	3.045
ESCALERAS, CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	10.32
ACERO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	11.83
TOTAL	47.415

Tabla 154

Cuantificación de RCD no reciclable de Sistema Covintec

NO RECICLABLE	
UNIDAD DE OBRA	M3 DE RCD
HABILITACIÓN Y MONTAJE DE PANELES ESTRUCTURALES COVINTEC	30.66
HABILITACIÓN Y MONTAJE DE PANELES ESTRUCTURALES PARA LOSA	30.66
VACIADO DE LOSA COVINTEC (e=7.00 cm, $f_c'=200 \text{ kg/cm}^2$, 1:2:4)	3.85
TARRAJEO EN MURO COVINTEC: INTERIOR Y EXTERIOR (e=1.5 cm, mortero 1:4) PRIMERA MANO	6.57
TARRAJEO EN MURO COVINTEC: INTERIOR Y EXTERIOR (e=1.00 cm, mortero 1:4) SEGUNDA MANO	4.38
TARRAJEO CIELO RASO COVINTEC (e=3cm, mortero 1:4)	2.3106
TOTAL	78.4306

Tabla 155

Cuantificación de RCD reutilizable de Sistema Covintec

REUTILIZABLE	
UNIDAD DE OBRA	M3 DE RCD
SOBRECIMIENTO ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	0.63
ESCALERAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	0.3075
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA COVINTEC	1.9255
TOTAL	2.863

Por otro lado, el volumen total de escombros de Residuos procedentes de la demolición de los módulos de vivienda proyectados para Albañilería confinada es 138.92 m³ de los cuales 132.64 m³ que pueden ser reciclados y 6.28 m³ reutilizables

Tabla 156

Cuantificación de RCD reciclable de Albañilería confinada

RECICLABLE	
UNIDAD DE OBRA	M3 DE RCD
CIMIENOS CORRIDOS $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$	25.39
FALSO PISO MEZCLA 1:12 e=3"	2.891
CONCRETO $F'C=175 \text{ KG/CM}^2$	2.14
VIGAS, CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	6.91
LOSA ALIGERADA, CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	6.21
LOSAS MACIZAS, CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	1.26
ESCALERAS, CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$	10.32
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA $M=1:4 \text{ E}=1.5 \text{ CM}$	29.4084
TARRAJEO EN MURO: INTERIOR Y EXTERIOR	5.81595
TARRAJEO CIELO RASO (e=1.5cm, mortero 1:4)	1.1574
ACERO $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	41.14
TOTAL	132.64275

Tabla 157

Cuantificación de RCD no reciclable de Albañilería confinada

REUTILIZABLE	
UNIDAD DE OBRA	M3 DE RCD
SOBRECIMIENTO ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	0.63
COLUMNAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1.67725
VIGAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1.479
LOSA ALIGERADA, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2.064
LOSAS MACIZAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	0.126
ESCALERAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	0.3075
TOTAL	6.28375



CAPÍTULO XI

ANÁLISIS COMPARATIVO

En este capítulo se abordan los resultados de los análisis comparativos aplicados a cada ítem de la investigación, las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

11. Capítulo XI: Análisis Comparativo

11.1. Resultados

El sistema Covintec puede igualar o superar las características cuantitativas y cualitativas (físicas, mecánicas, ambientales y confort termoacústico) del sistema de albañilería confinada, siendo más eficiente para la aplicación en proyectos de vivienda social progresiva.

11.1.1. Resultados análisis comparativo de factores de espacialidad Arquitectónica.

El capítulo aborda las posibilidades de diseño y la flexibilidad de cada sistema constructivo, para los criterios de estructuración se tomará información de la normativa para la albañilería confinada y para el caso del sistema Covintec se tomó información de los manuales técnicos.

Para el presente objetivo de la investigación esta desgregado en 7 ítems los cuales servirán para identificar las principales características arquitectónicas de cada sistema constructivo, algunos ítems están relacionados con el proyecto de vivienda social progresivo propuesto.

Tabla 158

Síntesis comparativa análisis arquitectónico

	Albañilería confinada		Covintec	
Criterios de estructuración	Luces máximas	Máxima de 5 m	Luces máximas	Máxima de 4 m
	Distanciamiento de elementos verticales	Máxima de 3 m	Distanciamiento de elementos verticales	Máxima de 4 m
Vanos	Reforzamiento	No requiere de reforzamiento obligatorio	Reforzamiento	Requiere un reforzamiento obligatorio de 30 cm
Porcentaje de muros	Ancho de muro terminado	17 cm	Ancho de muro terminado	13 cm
Flexibilidad	Permite adición y sustracción de elementos de tabiquería	Si permite	Permite adición y sustracción de elementos de tabiquería	Si permite
Acabados	Compatibilidad de acabados	Alta	Compatibilidad de acabados	Alta

Imagen	Composición compleja de fachadas	Menor facilidad	Composición compleja de fachadas	Mayor facilidad
Facilidad para instalaciones eléctricas y sanitarias	Dificultad para ranurado	Mayor dificultad	Dificultad para ranurado	Menor dificultad
	Generación de residuos	Si genera residuos	Generación de residuos	No genera residuos

Las principales diferencias entre los sistemas en el criterio de estructuración el sistema de AC permite mayores luces, La propuesta de vanos para el sistema Covintec requiere de un refuerzo adicional para evitar las fisuras, Los porcentajes de muros para AC es mayor a comparación del sistema Covintec, en flexibilidad y acabados ambos poseen características similares, en imagen el Covintec brinda una mayor facilidad de composición de formas en el proyecto y por último el sistema Covintec es más eficiente para la instalación de tuberías de las instalaciones eléctricas y sanitarias sin generar residuos.

11.1.2. Resultados del análisis comparativo de diseño estructural y comportamiento sísmico

El desarrollo de este capítulo se dividió en 2 partes: En la primera parte se procedió a analizar el comportamiento estructural de la vivienda ante sismos mediante el software ETABS que sirve para realizar el análisis estructural y el dimensionamiento de edificaciones. La segunda parte de este capítulo consta de la recopilación y análisis de ensayos de laboratorio realizados a los materiales de cada sistema constructivo.

11.1.2.1. ANALISIS COMPARATIVO DE PESOS POR COMPONENTES

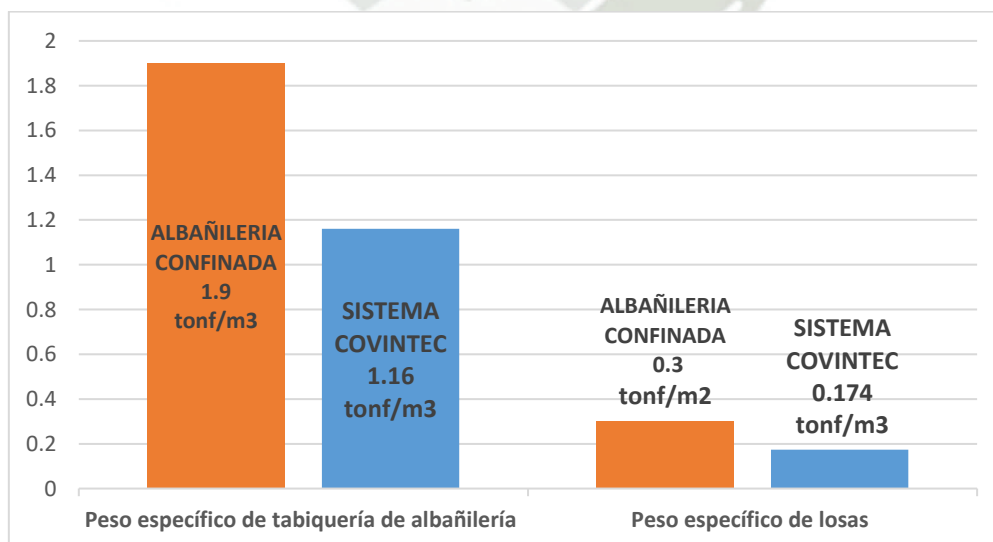
En la tabla 159 se muestra la comparación del peso de la tabiquería, losas y peso de la edificación de cada sistema constructivos. Se evidencia que la diferencia de peso de la edificación el sistema Covintec es de 64.07 toneladas mientras que el peso de la edificación de albañilería confinada es de 95.44 toneladas resultando que el peso de la edificación de sistema Covintec es un 32.86% más liviano que albañilería confinada.

Tabla 159
Comparación de pesos por componentes

ALBAÑILERIA		COVINTEC	
Peso específico de tabiquería de albañilería con tarrajeo	1.9 tonf/m ³	Peso específico de tabiquería COVINTEC con mortero proyectado	1.16 tonf/m ³
Losa aligerada unidireccional de 20 cm	0.30 tonf/m ²	Losa COVINTEC 13 cm	0.174 tonf/m ²
Peso de la edificación	95.44 tonf	Peso de la edificación	64.07 tonf

La diferencia de los pesos específicos de la tabiquería de albañilería confinada es de 1.9 tonf/m³ mientras que el peso de la tabiquería de Covintec es de 1.16 tonf/m³, siendo un 38.94% más liviano. Por otro lado, el peso específico de la losa de albañilería confinada es de 0.3 tonf/m² y del sistema Covintec es de 0.174 tonf/m² resultando un 42% más liviana que la losa de albañilería confinada.

Gráfico 19
Comparación de pesos específicos



11.1.2.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE CADA SISTEMA

Si bien ambos sistemas cumplen con la norma de diseño sismorresistente, para identificar qué sistema constructivo posee un mejor comportamiento sísmico utilizamos el indicador de las derivas mínimas, en donde nos indica que mientras más cercano el valor resultante a 0 mejor es el comportamiento sísmico.

Tabla 160
Comparación de las derivas resultantes de cada sistema

	ALBAÑILERÍA		COVINTEC	
Dirección X				
	Elástico	Inelástico	Elástico	Inelástico
NIVEL	Max Drift	Max Drift	Max Drift	Max Drift
1° Techo	0.000657	0.00147825	0.000033	0.00007425
2° Techo	0.00106	0.002385	0.000032	0.000072
Dirección Y				
	Elástico	Inelástico	Elástico	Inelástico
NIVEL	Max Drift	Max Drift	Max Drift	Max Drift
1° Techo	0.000461	0.00103725	0.000009	0.00002025
2° Techo	0.001099	0.00247275	0.000014	0.0000315

Como podemos observar en la tabla 160 las derivas del sistema Covintec tanto en la dirección X en el primer techo es 0.000033 y 0.000032 y en la dirección Y es 0.000009 y 0.000014, mientras que en el sistema de albañilería confinada la dirección X en el primer techo es 0.000657 y 0.00106, la dirección Y es 0.000461 y 0.001099; lo que nos permite deducir que el sistema que está trabajando mucho mejor ante un sismo es el Sistema Covintec debido a que por su materialidad el sistema distribuye las fuerzas más uniformemente que la albañilería confinada.

Por lo que se puede concluir que ambos sistemas constructivos responden eficientemente ante sismos, sin embargo, se comprobó que las derivas de Covintec son hasta 20 veces menores que las derivas de albañilería confinada

reduciendo hasta el movimiento de la estructura frente al sistema de Albañilería, esto se debe a que la estructura es más liviana, por lo que el movimiento es menor.

11.1.2.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES Y ENSAYOS DE LABORATORIO DE CADA SISTEMA

El análisis comparativo de las propiedades y ensayos de laboratorio de ambos sistemas constructivos, se debe recalcar que los ensayos de albañilería confinada se realizaron según la normativa peruana mientras que los ensayos realizados al sistema Covintec fueron realizados según la normativa chilena NCh806 Arquitectura y construcción - Paneles prefabricados - Clasificación y requisitos, ya que la normativa no dispone de normativas actuales que regulen a sistemas constructivos a base de paneles prefabricados.

Tabla 161

Resumen de ensayos realizados a ambos sistemas constructivos

ALBAÑILERÍA		COVINTEC	
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		POLIESTIRENO EXPANDIDO	
1. Variación dimensional	No tiene reducción significativa.	1. Estabilidad dimensional	2 a 2.8 mm
2. Densidad	1.79 gr/cm ³	2. Densidad	10 kg/m ³ - 0.01gr/m ³
3. Alabeo	0.69 mm de cóncavo y 0.00 mm de convexo	3. Absorción de humedad	< 5%
4. Absorción	13.13%		
ENSAYOS PROBETAS DE MORTERO		ENSAYOS PROBETAS DE MORTERO	
Ensayo a compresión	138.02 kg/cm ²	Ensayo a compresión	140kg/cm ² , fluidez de 138 y retentividad 74%.
ENSAYOS A PRISMAS DE ALBAÑILERÍA		ENSAYOS A PANELES PREFABRICADOS COVINTEC	
1. Ensayo de resistencia a compresión de una unidad	197.81 kg/cm ²	1. Ensayo a compresión axial de muros sin estucar	1004 kg/m ²
2. Ensayo de compresión axial de pilas de albañilería	65.71 kg/cm ²	2. Ensayo a compresión excéntrica del panel	4323.6 kg/ml
3. Ensayo de corte diagonal de muretes con ladrillos de arcilla	12.68 kg/cm ²	3. Ensayo de carga horizontal	265.13 kg/ml
		4. Ensayo a flexión fuera de plano	231.48 kg/ml
		5. Ensayo a flexión de losa	461.93 kg/ml

Por la naturaleza de los materiales de ambos sistemas constructivos se pueden observar que la comparación de las propiedades físicas la densidad del ladrillo es notablemente más elevada que la densidad del poliestireno expandido, así como la absorción del ladrillo es de 13.13%, mientras que la absorción del poliestireno es menor al 5%.

Respecto a los ensayos de las probetas de mortero para ambos sistemas no tienen una diferencia significativa ya que ambos sistemas tienen una dosificación de mortero de 1:4 por lo que tienen una misma resistencia al ensayo de compresión.

Debido a que los ensayos tanto en prismas de albañilería como en los ensayos de los paneles prefabricados, no se puede llegar a una comparación estricta de los datos obtenidos ya que los procedimientos para cada prueba exigida por la normativa peruana y la normativa chilena para paneles prefabricado, es sustancialmente diferente.

11.1.3. Resultados del análisis comparativo del confort térmico y acústico.

En el desarrollo de este capítulo tomamos 2 factores importantes que influyen en el confort ambiental de las viviendas: **El confort térmico y confort acústico** que en gran medida se ven condicionados por el sistema constructivo aplicado al proyecto.

Para los ensayos respectivos se recopilaron datos cuantitativos de los elementos constructivos de cada sistema para cada tipo de confort y se procedió al cálculo respectivo; considerando solo los elementos envolventes mas no el mobiliario como factores determinantes en los cálculos.

Tabla 162

Análisis comparativo del aislamiento térmico

Transmitancia térmica en los sistemas constructivos			
Albañilería confinada		Covintec	
Muros	U= 1.79	Muros	U= 0.383
Piso/techo	U= 1.42	Piso/techo	U= 0.254

Si bien ambos sistemas están por debajo de los máximos indicados en la EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Como se observa en el

Gráfico 20 el sistema Covintec posee valores mucho más bajos que el sistema de Albañilería confinada lo que indica que la materialidad del sistema Covintec posee mejores cualidades para un correcto confort térmico.

Gráfico 20

Comparación de transmitancia térmica

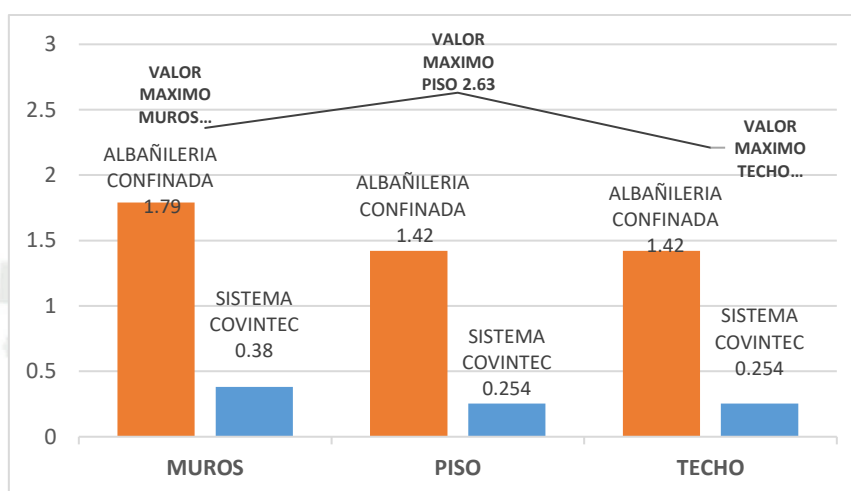


Tabla 163

Análisis comparativo de ensayos de laboratorio de aislamiento acústico

	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA R_w	Entre 45 y 49 dB	45 dB

Tabla 164

Análisis comparativo predicción del aislamiento acústico mediante insul v9

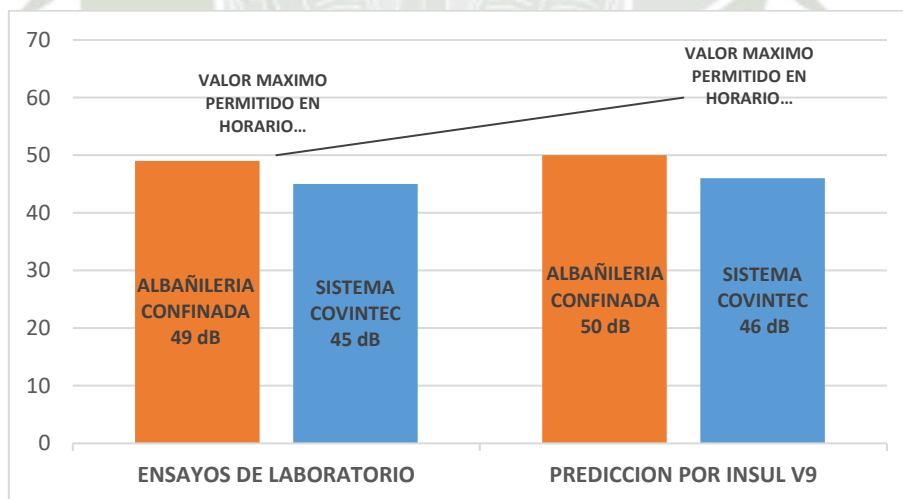
	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
TIPO	Muro de separación vertical estructural	Muro de separación vertical estructural
MATERIAL BASE	Ladrillo King Kong mecanizado	EPS Poliestireno expandido
REVESTIMIENTO	Mortero (cemento +arena)	Concreto proyectado (cemento +arena+ fibra de polipropileno)
DATOS DE PARED		
DENSIDAD (KG/M3)	1900	10
ESPESOR MM	140	70
MÓDULO DE YOUNG (GPA)	8,9	8,9
DATOS DEL REVESTIMIENTO		

DENSIDAD (KG/M3)	2170	2207
ESPESOR MM	10	25
MÓDULO DE YOUNG (GPA)	7,29	7,29
ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA R_w	50 dB	46 dB

En el análisis del aislamiento acústico de ambos sistemas constructivos, tanto de los ensayos de laboratorio y la predicción de aislamiento mediante la simulación en el programa INSUL V9 y teniendo en cuenta la naturaleza del comportamiento del sonido, llegamos a la conclusión de que la materialidad de ambos sistemas constructivos sometidos a frecuencias medias tienen un aislamiento aceptable, mientras que si ambos sistemas se ven sometidos a frecuencias bajas, la albañilería confinada se comporta mejor compitiendo contra el sistema Covintec; esto se debe a que la densidad de las unidades de albañilería es mayor al del poliestireno favoreciendo al aislamiento.

Gráfico 21

Comparación de índices de reducción por sistema constructivo



11.1.4. Resultados del análisis comparativo económico y de tiempos de ejecución.

Se realizaron los presupuestos y cronogramas de construcción para cada sistema constructivo, de las partidas de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y de gas en donde se tomaron en cuenta los precios unitarios y rendimientos basándonos en la revista de costos y presupuesto de la revista Costos para el sistema de albañilería confinada, mientras que para el sistema Covintec se tomó información de los precios y rendimientos de las empresas distribuidoras y proyectos referenciales realizados.

11.1.4.1. COMPARACIÓN DEL COSTO DIRECTO DEL PRESUPUESTO DE OBRA

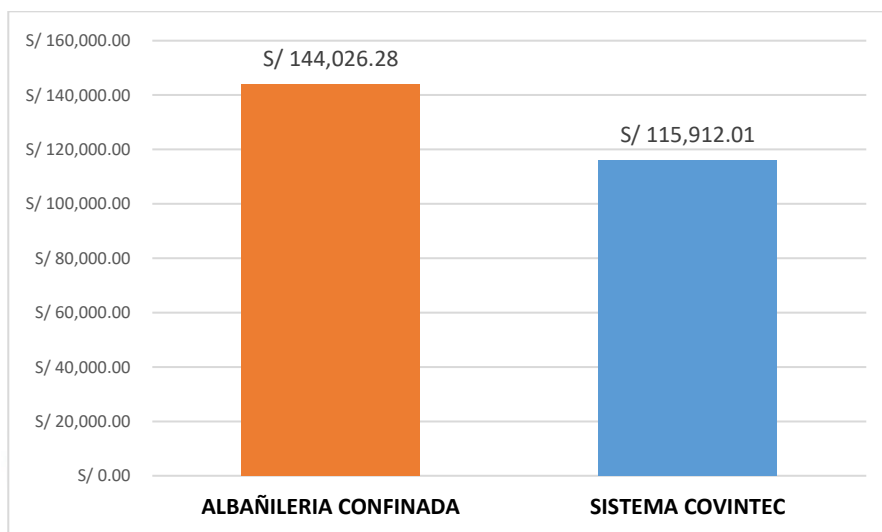
En el análisis del COSTO DIRECTO de ambos sistemas constructivos el sistema más económico es el Sistema estructural Covintec, resultando ser un 19.52% más económico en comparación a la albañilería confinada, teniendo alrededor de S/ S/28,114.27 de ahorro.

Tabla 165

Comparación del costo directo de ambos sistemas constructivos

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
COSTO DIRECTO	S/144,026.28	S/115,912.01
% DE AHORRO	-	19.52%

Gráfico 22
Comparación del costo directo



11.1.4.2. COMPARACIÓN DEL COSTO POR M2 CONSTRUIDO HASTA CASCO GRIS

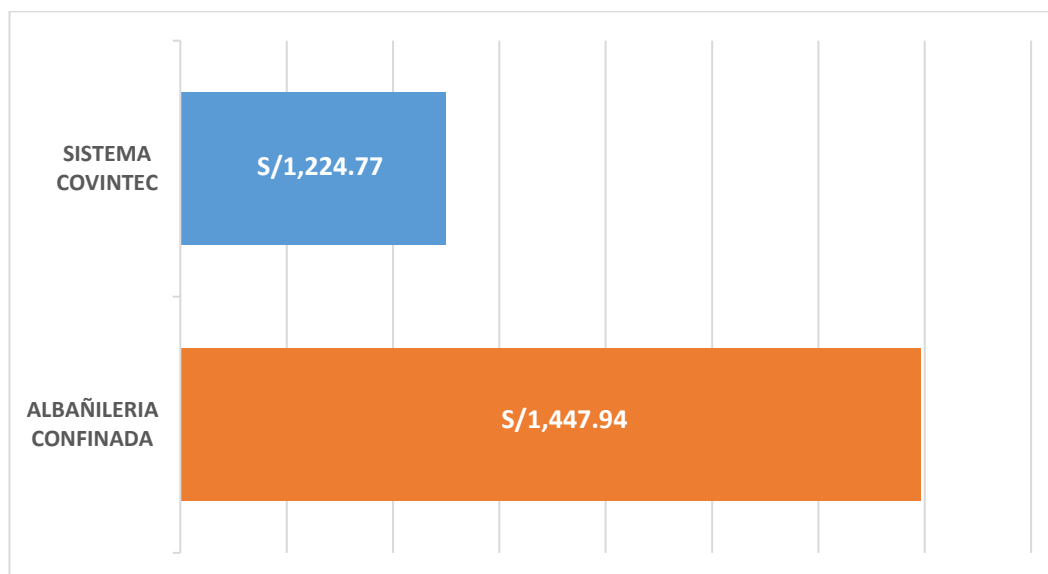
En el costo por m2 construido hasta casco gris, como se indica en la tabla 166 y en el Gráfico 23 se detalla que el Sistema Covintec es un 19.52% más barato, teniendo un ahorro de 223.17 soles por m2 construido. En los siguientes ítems iremos detallando los factores que influyen a que el Sistema Covintec resulte más económico, dentro de estos tenemos los análisis de costos por partidas y por componentes constructivos.

Tabla 166
Comparación de costo por m2 construido

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
COSTO DIRECTO	S/1,447.94	S/1,224.77
AHORRO	-	S/223.17

Gráfico 23

Comparación del costo por m2 construido



11.1.4.3. COMPARACIÓN DE COSTOS POR PARTIDAS

Se realizó la comparación de costos en las partidas de arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas de ambos sistemas, en la tabla 167 y en los gráficos 24 y 25 se detallan los porcentajes de ahorro por partida.

Tabla 167

Comparación de costos por partidas

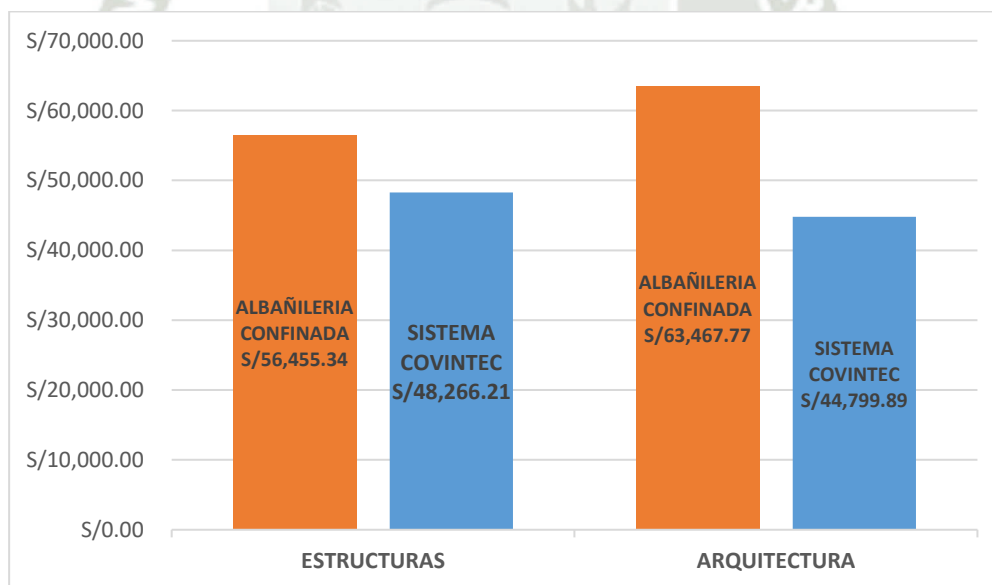
COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC	MENOR PRECIO	% DE AHORRO	AHORRO
ESTRUCTURA	S/56,455.34	S/48,266.21	COVINTEC	14.51 %	S/8,189.13
ARQUITECTURA	S/63,467.77	S/44,799.89	COVINTEC	29.41 %	S/18,667.88
INS. SANITARIAS	S/12,184.69	S/11,432.43	COVINTEC	6.17%	S/752.26
INS. ELÉCTRICAS	S/10,498.40	S/9,993.40	COVINTEC	4.81 %	S/505.00
INS. DE GAS	S/1,420.08	S/1,420.08	-	0.00 %	S/0.00

COSTO DIRECTO	S/144,026.28	S/115,912.01	COVINTEC	19.52 %	S/28,114.27
----------------------	--------------	--------------	-----------------	---------	-------------

Como se puede observar el Sistema Covintec resulta ser hasta 14.51% más económico en las partidas de estructuras y 29.41% en las partidas de arquitectura, esto se debe a que el sistema Covintec al no necesitar elementos estructurales como vigas y columnas en la construcción de una vivienda con un máximo de 2 pisos (que es lo que recomienda el sistema y el informe técnico de la resolución de incorporación del sistema dentro de sistemas constructivos no convencionales vigentes en el Perú) hace que el uso de concreto armado se reduzca notablemente en el sistema Covintec a comparación de Albañilería confinada.

Gráfico 24

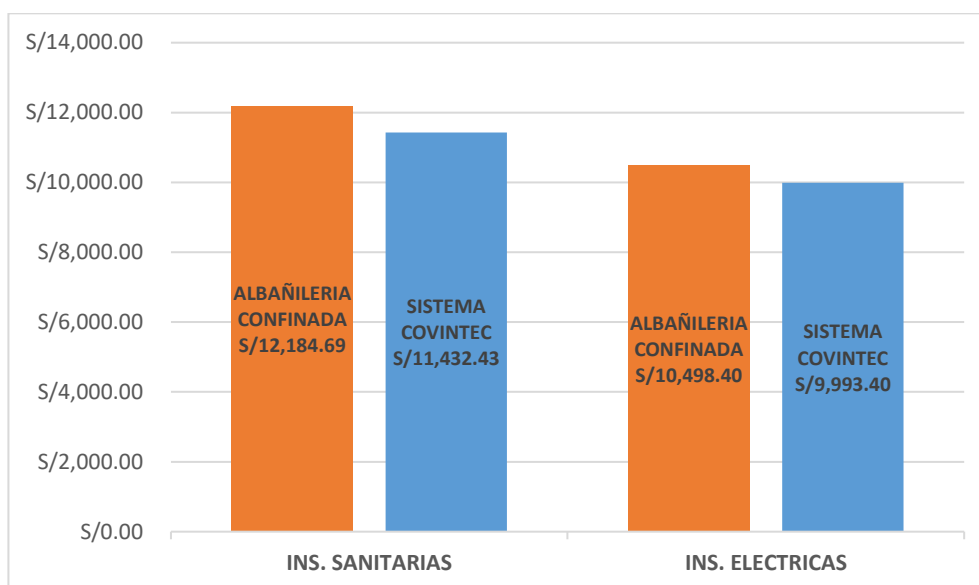
Comparación de costos de partidas de estructuras y arquitectura



Por otro lado, en el análisis del costo de las partidas de las instalaciones sanitarias y eléctricas, el **sistema constructivo es 6.17% y 4.81%** más económico que la albañilería confinada con ahorros de S/752.26 y S/505.00 soles respectivamente, debido a que el proceso de canalización en los muros para la instalación de tuberías tiene un rendimiento hasta un 36% más rápido.

Gráfico 25

Comparación de costos de partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias



11.1.4.4. COMPARACIÓN DE COSTOS POR COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

Se realizó la comparación de costos por componentes constructivos como la cimentación, muros, losas y tarrajeos, en la tabla 168 y en los gráficos 26 y 28 se detallan los porcentajes de ahorro por componentes. Cabe señalar también que para albañilería confinada las columnas y vigas están contempladas en los costos de muros y losas correspondientemente.

Tabla 168

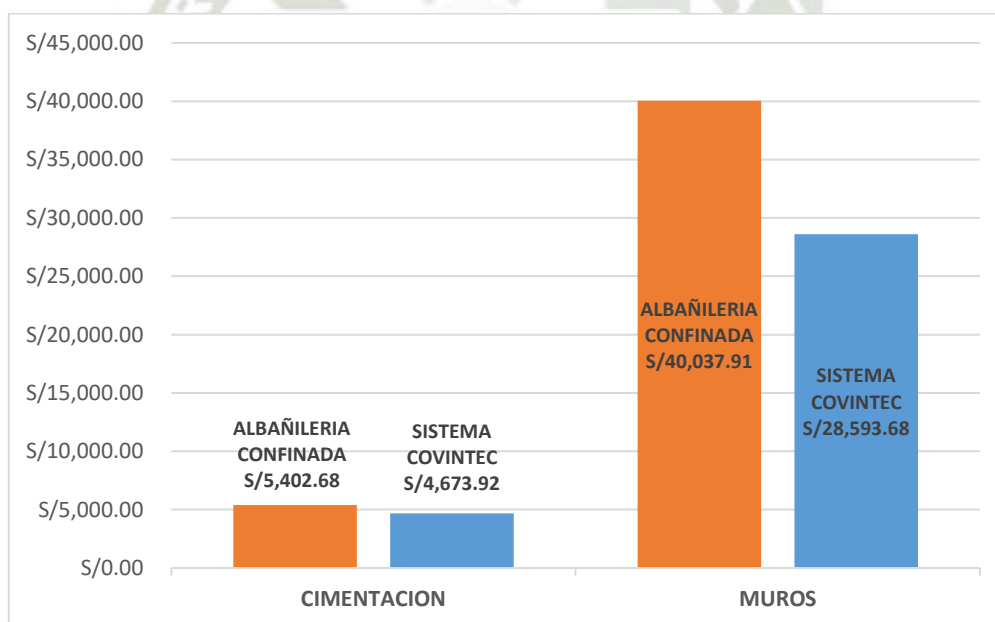
Comparación de costos por componentes constructivos

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC	% DE AHORRO	AHORRO
CIMENTACIÓN	S/10,687.99	S/9,364.12	12.39 %	S/1,323.87
MUROS	S/33,124.80	S/18,011.77	45.62 %	S/15,113.03
LOSAS	S/27,541.91	S/14,502.65	47.34 %	S/13,039.26
TARRAJEOS	S/42,087.86	S/44,799.89	6.05 %	S/2,712.03

Como se puede observar en la tabla 168 la cimentación en sistema Covintec es 12.39 % más económica que la cimentación de albañilería confinada, esto se debe a que el sistema Covintec al ser más liviano permite que la cimentación sea de menores dimensiones logrando abaratar el costo de cimentación.

En el caso de los muros se observa también que el sistema Covintec resulta un 45.62 % más económica que los muros de albañilería confinada, logrando S/15,113.03 soles de diferencia. Se debe tener en cuenta también que para lograr un muro terminado de Covintec y pueda funcionar estructuralmente es necesario realizar el revocado de concreto, mientras que el muro de albañilería puede funcionar estructuralmente sin el tarrajeo.

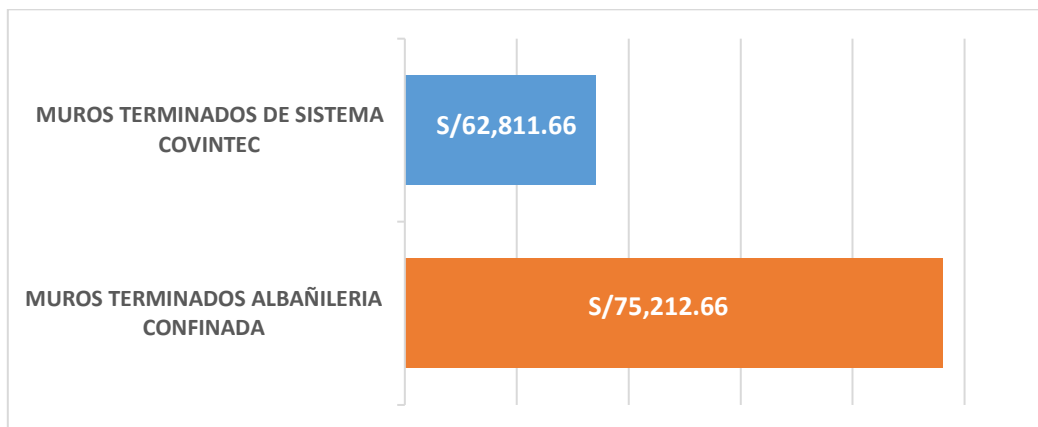
Gráfico 26
Comparación de costos de cimentación y muros



En el caso de analizar el muro terminado de Covintec más el revocado de concreto tendríamos un costo de S/62,811.66 a comparación del muro terminado de albañilería más el tarrajeo que resulta S/75,212.66 nuevos soles. Resultando que el muro terminado de Sistema Covintec resulta un 16.49 % más económico que el muro terminado Albañilería confinada.

Gráfico 27

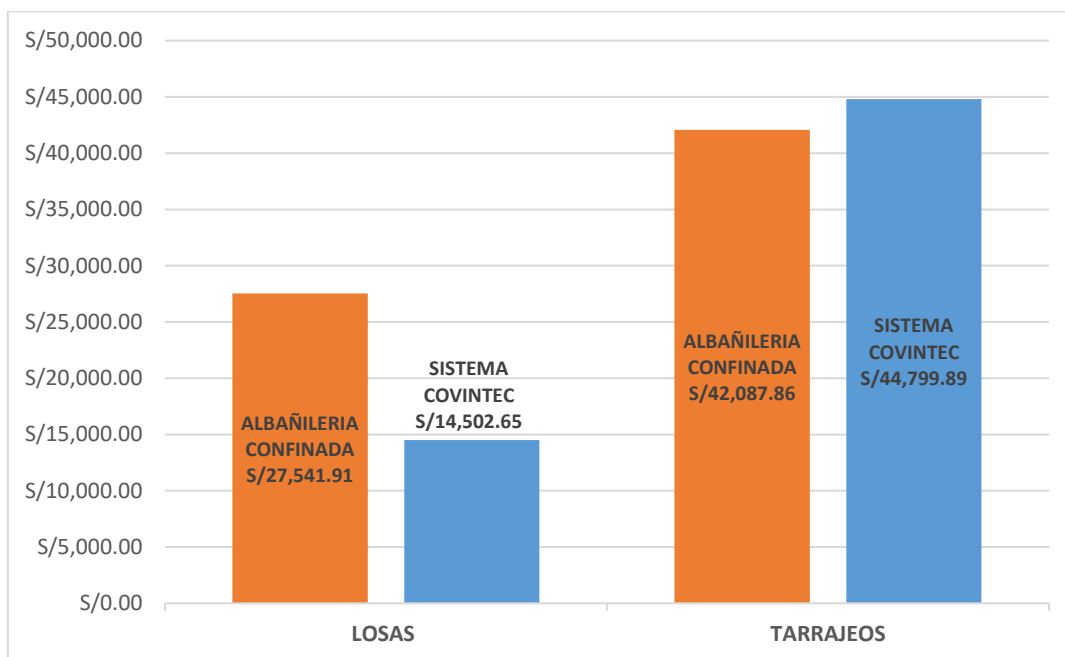
Comparación de costos de muro terminado de ambos sistemas constructivos



En el análisis del costo de las losas, el sistema Covintec resulto ser 47.34% más económico, teniendo un ahorro de S/13,039.26 soles, los costos de tarrajeo el sistema de albañilerías confinada es un 6.05% más económico que el sistema Covintec, teniendo un ahorro de S/2,712.03 soles, esto se debe a que el muro de albañilería solo requiere el tarrajeo para poder darle un acabado, en cambio el muro del Sistema Covintec si bien no necesita de un tarrajeo extra, el revocado de mortero está compuesto por 2 capas siendo este el principal componente para poder brindarle la resistencia estructural necesaria para que el sistema sea portante.

Gráfico 28

Comparación de costo de losas y tarrajeos



11.1.4.5. COMPARACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN DE OBRA PROGRAMADO

En el tiempo de ejecución de obra programado, en la tabla 169 y en el Gráfico 29 se detallan los datos extraídos del diagrama de Gantt, se obtuvo que el tiempo de ejecución en el Sistema Covintec es un 39.49% más rápido que el sistema de albañilería confinada con una diferencia de 47 días. (Chavez, 2017)

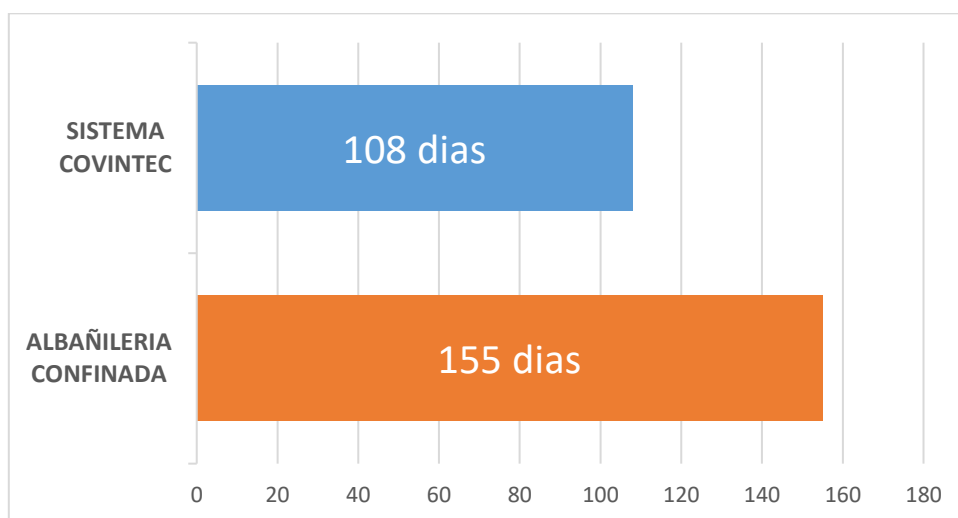
Tabla 169

Comparación de tiempo de ejecución de obra programado

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCIÓN	155 días	108 días
AHORRO EN TIEMPO		47 días

Gráfico 29

Tiempos de ejecución de obra programado por sistema constructivo



11.1.4.6. COMPARACIÓN DE TIEMPO POR COMPONENTES CONSTRUCTIVOS

Se realizó la comparación de los tiempos de ejecución por componentes constructivos como la cimentación, muros, losas y tarrajeos, en la tabla 170 y en los gráficos 30 y 32 se detallan los porcentajes de ahorro por componentes. Cabe señalar también que para albañilería confinada las columnas y vigas están contempladas en los costos de muros y losas correspondientemente.

Tabla 170

Comparación de tiempo por componentes estructurales

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC	AHORRO EN DÍAS
CIMENTACIÓN	8 días	8 días	0
MUROS	37 días	14 días	23
LOSAS	55 días	41 días	14
TARRAJEOS	31 días	28 días	3

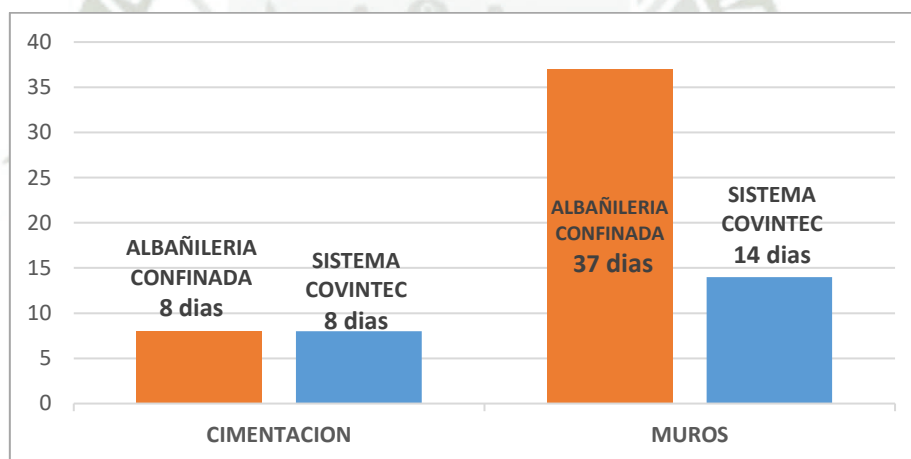
Como se puede observar en la tabla 170 la cimentación en sistema Covintec tiene el mismo tiempo de ejecución que la cimentación de albañilería confinada, esto se debe a que el sistema Covintec se proyectó con una cimentación de

cimiento corrido al igual que albañilería confinada, puesto que proyectar el sistema Covintec con una losa de cimentación hubiese encarecido demasiado el presupuesto en cambio un cimiento corrido era la opción más recomendable y al ser un sistema más liviano permite que la cimentación sea de menores dimensiones logrando abaratar el costo de cimentación.

En el caso de los muros se observa también que el sistema Covintec resulta un 62.16% más rápido que los muros de albañilería confinada, logrando realizarse con 23 días de diferencia. Se debe tener en cuenta también que para lograr un muro terminado de Covintec y pueda funcionar estructuralmente es necesario realizar el revocado de concreto, mientras que el muro de albañilería puede funcionar estructuralmente sin el tarrajeo.

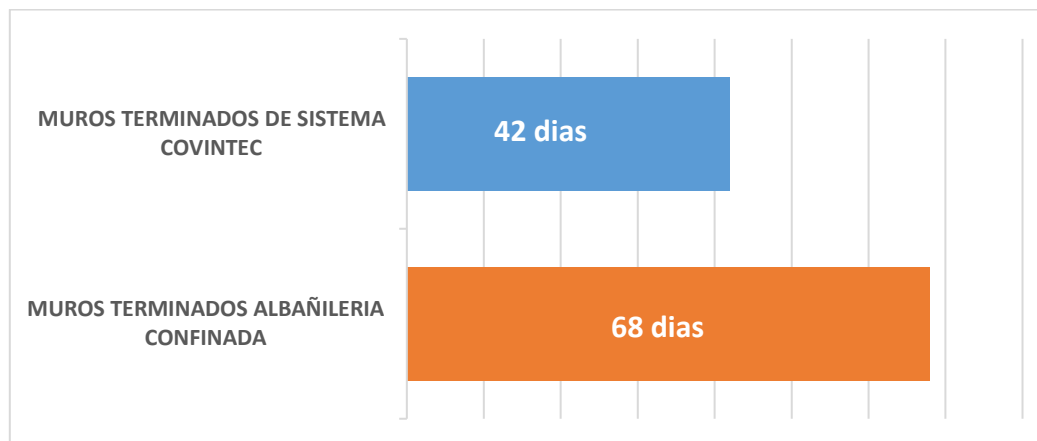
Gráfico 30

Comparación de tiempos proyectados de partidas de cimentación y muros



En el caso de analizar el muro terminado de Covintec más el revocado de concreto demorarían en realizarse 42 días a comparación del muro terminado de albañilería más el tarrajeo que resulta 68 días. Resultando que el muro terminado de sistema Covintec resulta un 38.24% más rápido que el muro terminado de Albañilería confinada con una diferencia de 26 días.

Gráfico 31

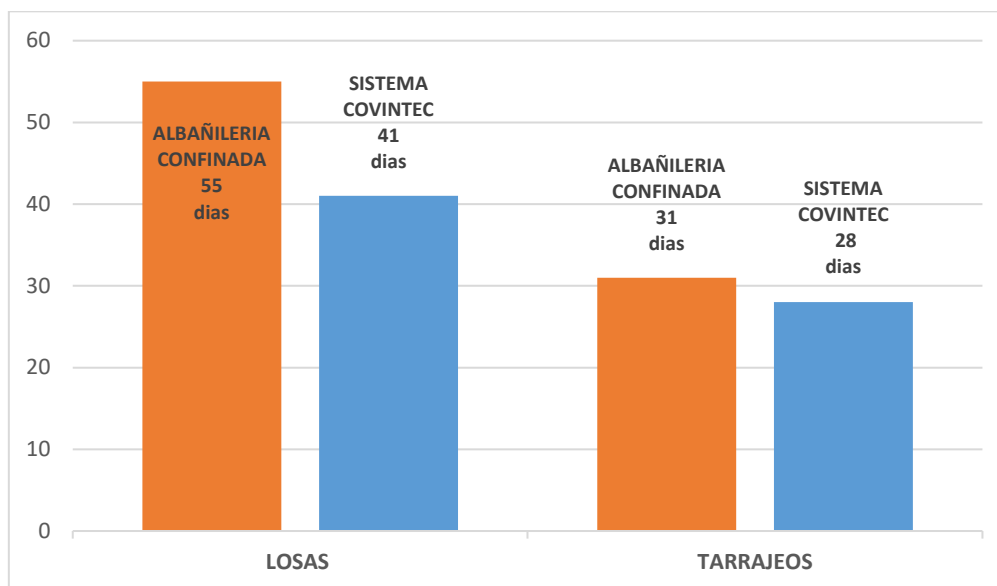
Comparación de tiempos de construcción de muro terminado de ambos sistemas constructivos

En el análisis del tiempo de construcción de las losas, el sistema Covintec resulto ser 25.45% más rápido, teniendo una diferencia de 14 días, debido a que el armado de las losas del Sistema Covintec con paneles estructurales tienen una habilitación y montaje menos complicado que una losa aligerada.

Para los tiempos de tarrajeo el sistema Covintec es un 9.68% más rápido que el sistema de Albañilería confinada, teniendo una diferencia de 3 días, debido a que el revocado de mortero de los muros Covintec, está compuesto por 2 capas de mortero revocados con un día de diferencia, la eficiencia de este proceso se logra por el uso de una bomba lanza mortero que hace que el rendimiento del tarrajeo del sistema Covintec pueda competir con el tiempo de tarrajeo de la albañilería confinada.

Gráfico 32

Comparación de tiempos proyectados de partidas de losas y tarrajeos



11.1.4.7. COMPARACIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA, MATERIALES Y EQUIPOS

En el análisis de costos de mano de obra, el sistema Covintec es un 42.55 % más económico que la albañilería, teniendo un ahorro de S/19,820.85 soles, debido a que los tiempos de ejecución de las partidas del Sistema Covintec tiene mayores rendimientos que albañilería confinada.

Tabla 171

Comparación de mano de obra, materiales y equipos

COMPONENTES	ALBAÑILERÍA	COVINTEC	% DE AHORRO	AHORRO
MANO DE OBRA	S/46,578.68	S/26,757.83	42.55 %	S/19,820.85
MATERIALES	S/94,282.78	S/83,531.43	11.40 %	S/10,751.35
EQUIPO	S/3,164.82	S/5,622.75	43.71 %	S/2,457.93

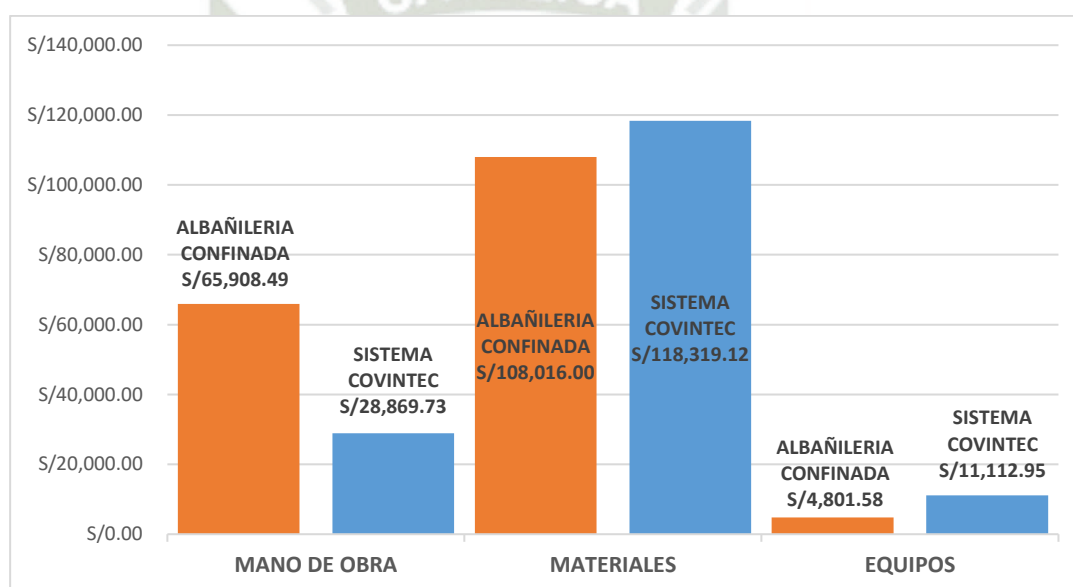
En el caso de los materiales utilizados en cada sistema, el sistema Covintec es 11.40% más económico que los materiales usados en albañilería confinada significando un ahorro de S/10,751.35, si bien los paneles estructurales deberán ser traídos desde la ciudad de Tacna en donde se encuentra un distribuidor

autorizado del sistema, los mismos que importan los paneles desde Chile, el precio del flete no incrementa significativamente el precio de los paneles.

Para el análisis del costo de equipos, el sistema de albañilería es un 43.71% más económico, con un ahorro de S/2,457.93 soles, debido a que la albañilería confinada requiere del uso de menos equipos para su ejecución en contraste con el sistema Covintec ya que para elevar el rendimiento del revocado del concreto para los paneles se usa una bomba lanza mortero.

Gráfico 33

Comparación de mano de obra, materiales y equipos



11.1.4.8. COMPARACION DE TABIQUERIA DE ALBAÑILERIA Y COVINTEC APLICADO A SISTEMA APORTICADO

La comparación de costos en la tabiquería de albañilería confinada y sistema Covintec, el sistema más económico para tabiquería es el sistema Covintec siendo un 17.45% más económico que la tabiquería de albañilería, teniendo alrededor de S/89,198.90 soles de ahorro.

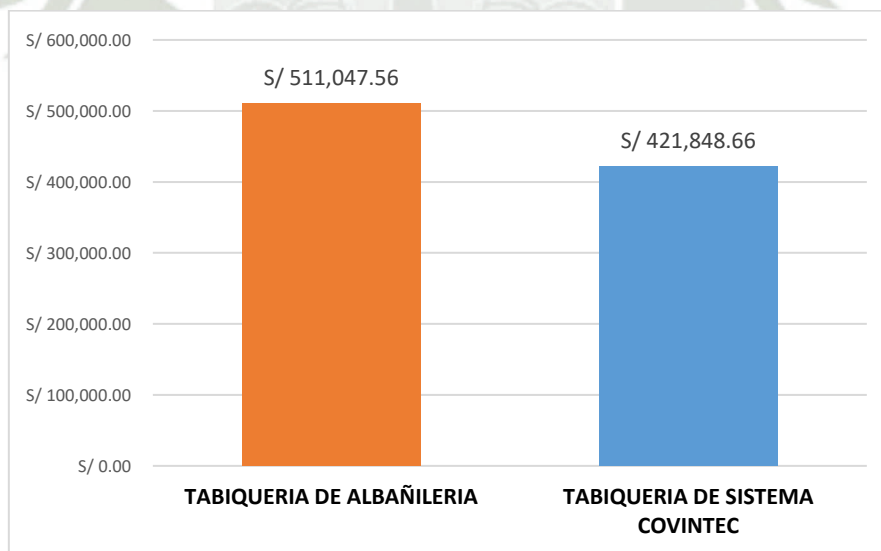
Tabla 172

Comparación de costo total y por m2 construido de tabiquería

COMPONENTES	ALBAÑILERIA	COVINTEC	%	AHORRO
COSTO	S/511,047.56	S/421,848.66	17.45%	S/89,198.90
COSTO x m2	S/291.30	S/240.46		S/50.84

Gráfico 34

Comparación del costo de tabiquería



En el análisis de costos de mano de obra, el sistema Covintec es un 51.34 % más económico que la albañilería, teniendo un ahorro de S/ S/67,641.47 soles, en el caso de los materiales utilizados en cada sistema, el sistema Covintec es 11.04% más económico que los materiales usados en albañilería confinada significando

un ahorro de S/40,882.62 mientras que el costo de equipos, el sistema de albañilería es un 70.46% más económico, con un ahorro de S/19,325.19 soles.

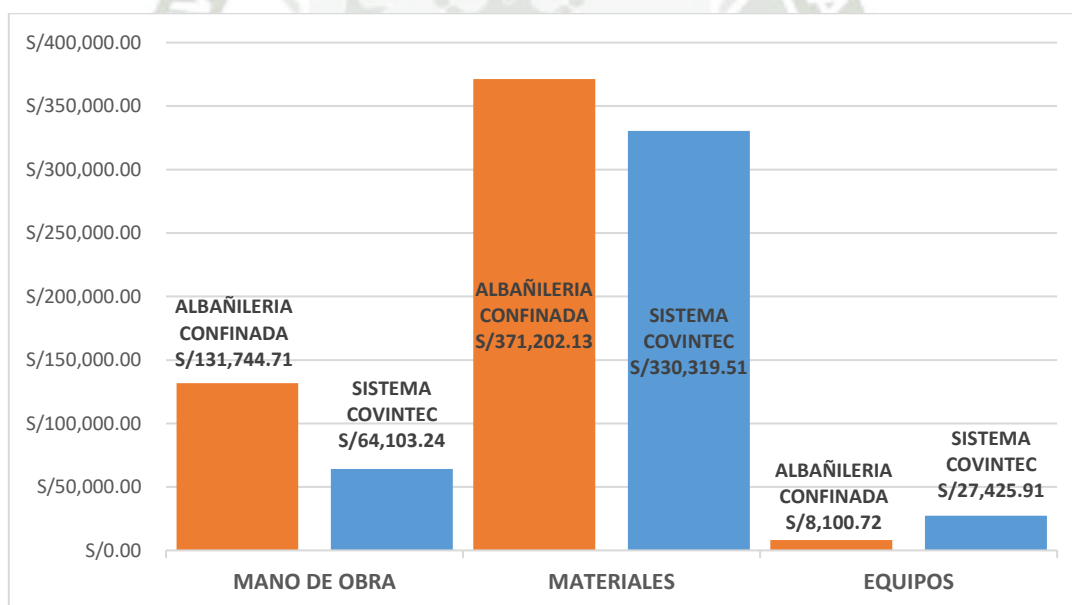
Tabla 173

Comparación de mano de obra, materiales y equipos

COMPONENTES	ALBAÑILERIA	COVINTEC	%	AHORRO
MANO DE OBRA	S/131,744.71	S/64,103.24	51.34	S/67,641.47
MATERIALES	S/371,202.13	S/330,319.51	11.04	S/40,882.62
EQUIPO	S/8,100.72	S/27,425.91	70.46	S/19,325.19

Gráfico 35

Comparación de mano de obra, materiales y equipos

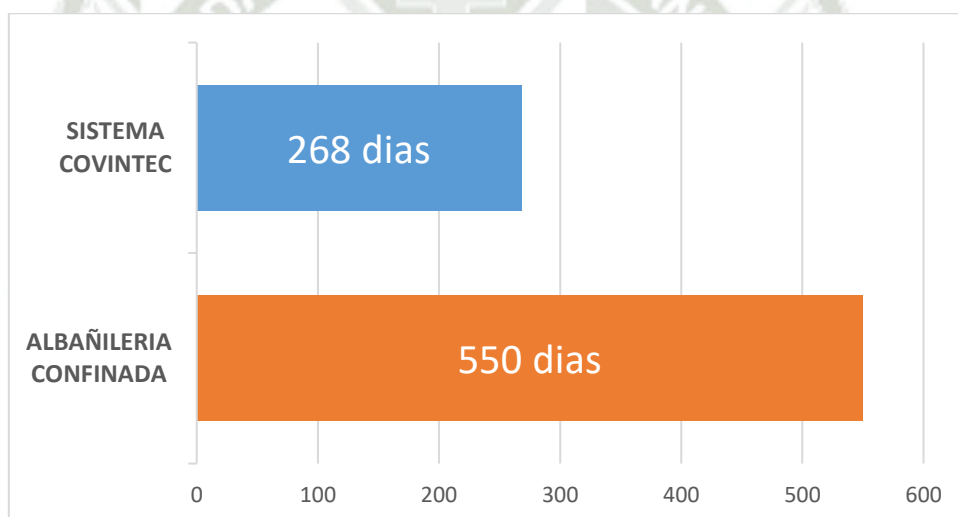


En el tiempo de ejecución de la tabiquería de ambos sistemas, la tabiquería de sistema Covintec es 51.27% más rápida que la tabiquería de albañilería con una diferencia de 282 días.

Tabla 174
Comparación de tiempo de ejecución tabiquería

COMPONENTES	ALBAÑILERIA	COVINTEC
TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION	550 días	268 días
AHORRO EN TIEMPO	-	282 días

Gráfico 36
Tiempos de ejecución de tabiquería por sistema constructivo



La partida de habilitación y montaje de paneles Covintec para tabiquería es hasta 81.31% más rápida que la partida de muros de ladrillo pandereta, debido a que la habilitación de paneles es de fácil corte e instalación, por otro lado, la partida de tarrajeo de sistema Covintec es hasta un 16.53% más rápida que el tarrajeo en muros de albañilería.

Tabla 175

Comparación de tiempo de ejecución de obra programado

COVINTEC		ALBAÑILERIA	
HABILITACION Y MONTAJE DE PANELES LIGHT COVINTEC	51	MURO DE LADRILLO PANDERETA	273
TARRAJEO EN MURO COVINTEC PRIMERA MANO	217	TARRAJEO EN MURO: INTERIOR Y EXTERIOR	260
		COLUMNETAS	17
TOTAL DIAS	268	TOTAL DIAS	550

11.1.5. Resultados del análisis comparativo del impacto ambiental producido por la ejecución de una edificación de Covintec y albañilería confinada.

Se calculo la masa de CO₂ equivalente en el proceso de construcción de los proyectos en cada sistema constructivo. Se cuantificaron los materiales y equipos utilizados en la ejecución del proyecto hasta casco gris, se determinaron los factores de emisión tanto de los materiales como de los equipos; luego se procedió a la conversión a toneladas de CO₂ equivalente al multiplicando la cantidad de emisión por el factor de emisión y por último se realizó una sumatoria para determinar el total de CO₂ equivalente que se produciría en la ejecución de los proyectos. (Porras et al, 2015)

11.1.5.1. COMPARACIÓN DE EMISIONES TOTALES DE CO₂eq DE CADA SISTEMA CONSTRUCTIVO

En el análisis comparativo de emisiones de CO₂eq, se observa que el sistema de albañilería confinada produce mayores emisiones de CO₂eq, lo que indica que tiene mayor impacto negativo hacia el medio ambiente. El sistema Covintec produce 15.49% menos de emisiones de CO₂eq que el sistema de albañilería confinada. (Porras et al, 2015)

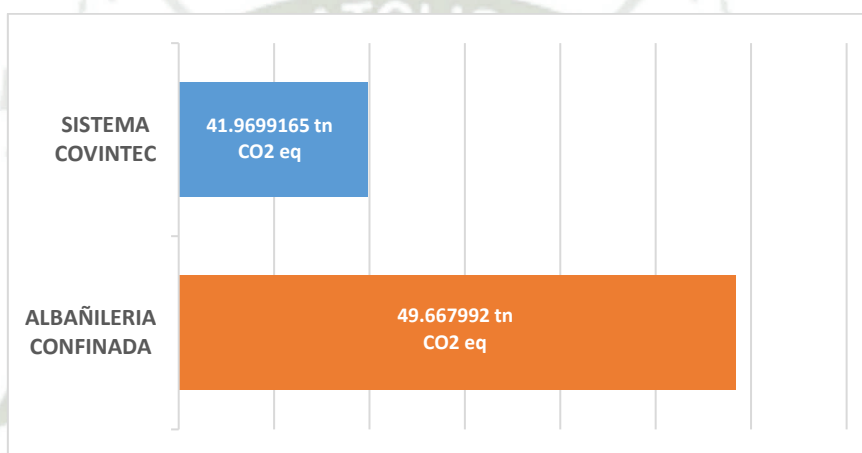
Tabla 176

Comparación de emisiones totales de co2eq de cada sistema constructivo

ELEMENTOS	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
EMISIONES TOTALES DE CO2eq	49.66799 tn CO2 eq	41.96991 tn CO2 eq

Gráfico 37

Comparación de emisiones totales de co2eq de cada sistema constructivo



11.1.5.2. COMPARACIÓN DE HUELLA DE CO2eq DE MATERIALES Y EQUIPOS

En la tabla 177 se observa que los materiales de sistema Covintec producen 16.35% menos contaminación que los materiales de albañilería confinada mientras que los equipos de sistema Covintec producen 4.68% menos contaminación que los equipos de albañilería.

Tabla 177

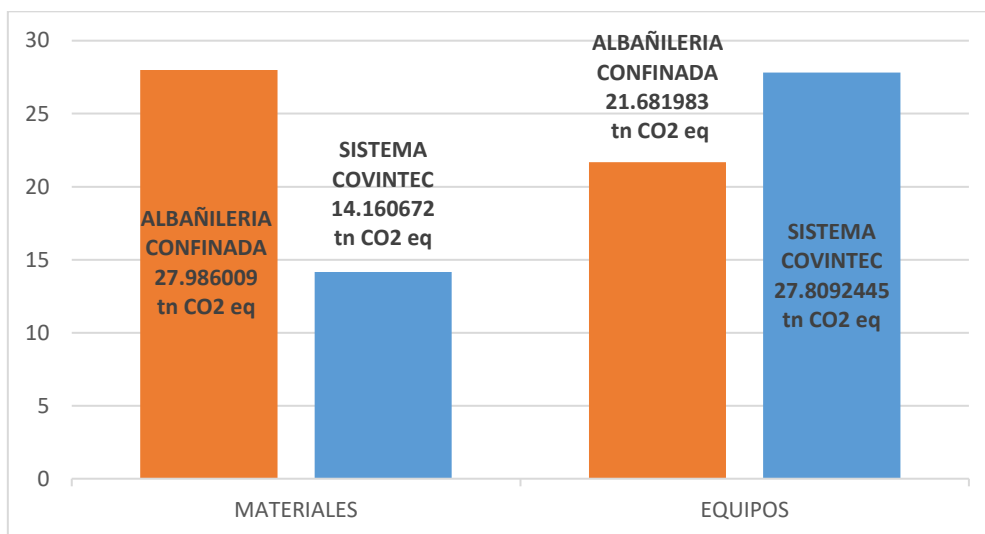
Comparación de huella de CO₂eq de materiales y equipos

ELEMENTOS	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
MATERIALES	27.986009 tn CO ₂ eq	14.160672 tn CO ₂ eq
EQUIPOS	21.681983 tn CO ₂ eq	27.8092445 tn CO ₂ eq

En ambos sistemas se observa que los equipos son los que más emisiones producen, en cuanto a los materiales de Sistema Covintec el material más contaminante es la fibra de polipropileno con 4.20557 ton CO₂ eq mientras que el material más contaminante en albañilería confinada es el cemento con 10.53184 ton CO₂ eq seguido del ladrillo con 13.26242 ton CO₂ eq.

Gráfico 38

Comparación de huella de CO₂eq de materiales y equipos



En el Gráfico 38 podemos observar que las emisiones de los materiales y equipos en ambos sistemas los materiales son los que más contaminación producen, sin embargo, el sistema de albañilería confinada es el que requiere de mayores toneladas de material; mientras que en el sistema Covintec tiene un mayor funcionamiento de sus equipos debido al uso de la bomba lanza mortero para el revoque del mortero aun así los equipos de albañilería confinada siguen produciendo mayor contaminación.

Gráfico 39

**Porcentaje de huella de CO₂eq de
materiales y equipos de Albañilería
Confinada**

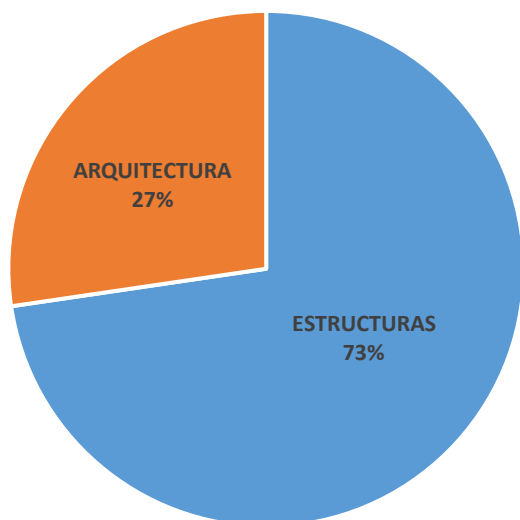
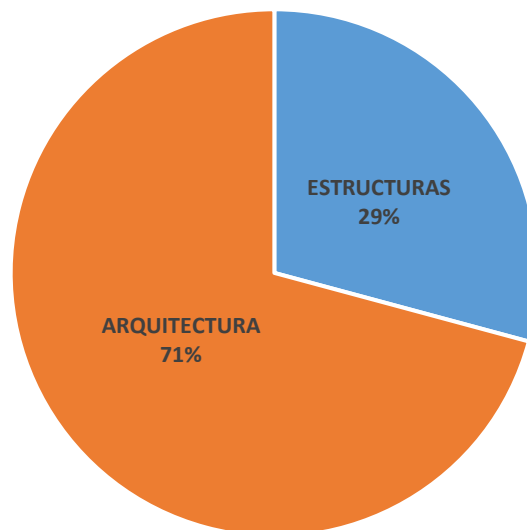


Gráfico 40

**Porcentaje de huella de CO₂eq de
materiales y equipos del sistema Covintec**



En los gráficos 39 y 40 podemos observar que la partida de estructuras en albañilería confinada representa un 73% de contaminación esto se debe a que la mayor cantidad de concreto está presente en las columnas, vigas y losas aligeradas, mientras que la partida de arquitectura en el sistema Covintec representa un 71% de contaminación debido al revoque de mortero estructural.

11.1.5.3. COMPARACIÓN DE HUELLA DE CO₂eq DE MATERIALES Y EQUIPOS POR PARTIDAS

Analizando la partida de estructuras para ambos sistemas constructivos podemos concluir que los materiales utilizados en Covintec producen un 20.77% más emisiones que los materiales del sistema de Albañilería, mientras que los equipos de albañilería producen 35.87% más emisiones que los equipos de sistema Covintec en la partida de estructuras.

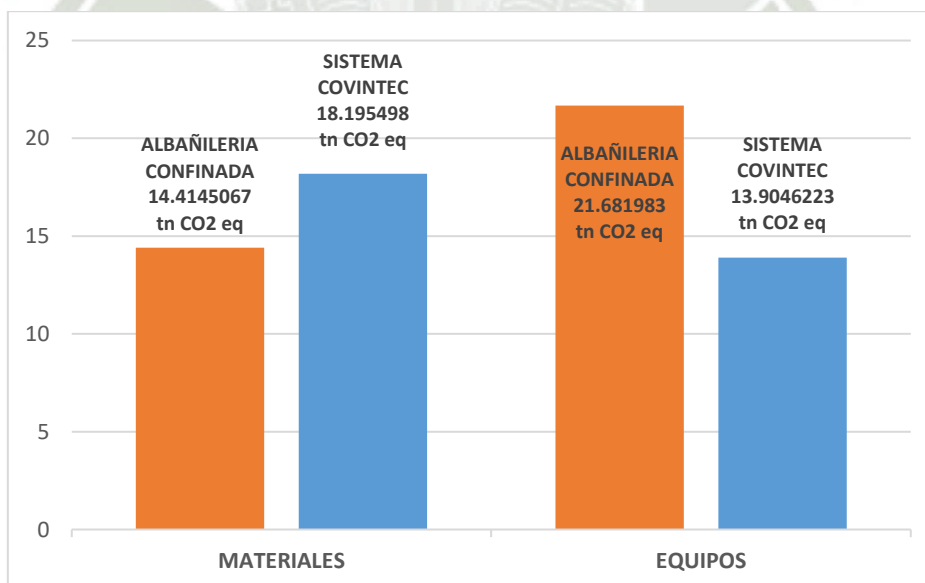
Tabla 178

CO₂eq de materiales y equipos por partida de estructuras

ELEMENTOS	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
MATERIALES	14.4145067 tn CO ₂ eq	18.195498 tn CO ₂ eq
EQUIPOS	21.681983 tn CO ₂ eq	13.9046223 tn CO ₂ eq

Gráfico 41

CO₂eq de materiales y equipos por partida de estructuras



Por otro lado, en la partida de arquitectura se puede observar que los materiales de Albañilería confinada emiten hasta un 79.69% más contaminación que los materiales de Sistema Covintec. Dentro de esto también cabe recalcar que las partidas más contaminantes en Albañilería confinada son las columnas mientras

que para el sistema Covintec es la partida de revoque de mortero estructural, debido a que la fibra de polipropileno siendo el material más contaminante del sistema Covintec compone en gran medida el mortero estructural.

Tabla 179

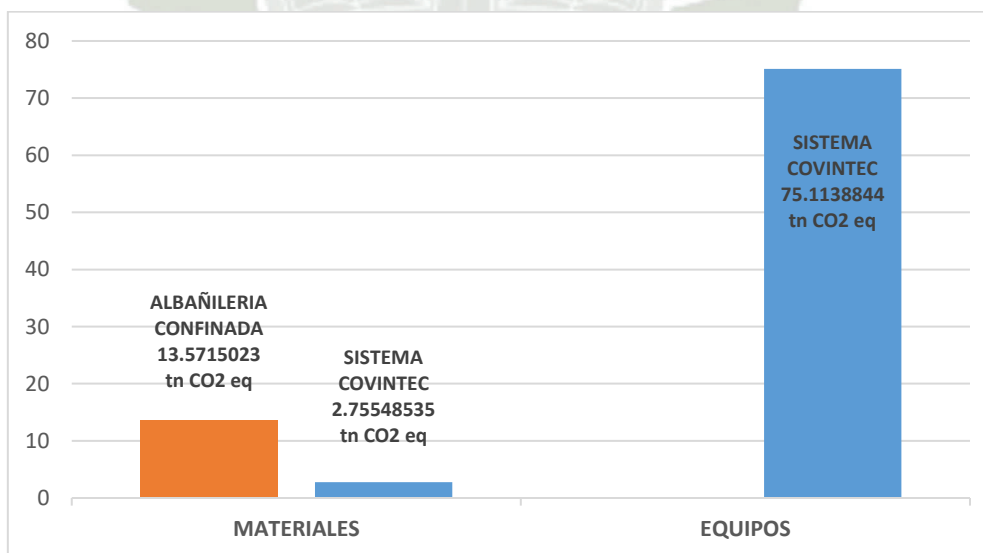
CO₂eq de materiales y equipos por partida de arquitectura

ELEMENTOS	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
MATERIALES	13.5715023 tn CO ₂ eq	2.75548535 tn CO ₂ eq
EQUIPOS	-	75.1138844 tn CO ₂ eq

También se observa un contraste muy marcado entre el uso de los equipos, puesto que en la partida de arquitectura en el caso de albañilería confinada se utilizan herramientas manuales mientras que en el revoque de mortero para el sistema Covintec se eleva notablemente el uso de equipos con la bomba lanza mortero.

Gráfico 42

CO₂eq de materiales y equipos por partida de arquitectura



Dentro de este análisis podemos concluir que la partida más contaminante de Albañilería confinada es la de estructuras, mientras que la partida más contaminante del Sistema Covintec es la partida de Arquitectura.

11.1.5.4. COMPARACIÓN DE ELEMENTOS REUTILIZABLES Y RECICLABLES

El sistema de Albañilería confinada genera un 7.35% menos volumen de escombros de RCD, como se puede observar en la tabla 180 todos los componentes de albañilería confinada son reciclables o reutilizables, mientras que el sistema Covintec tiene residuos que no son reciclables.

Tabla 180
Cuantificación de RCD por sistema constructivo

	ALBAÑILERÍA	COVINTEC
RCD RECICLABLE	132.64275 m ³	47.415 m ³
RCD NO RECICLABLE	-	78.4306 m ³
RCD REUTILIZABLE	6.28375 m ³	2.863 m ³
TOTAL	138.9265 m³	128.7086 m³

El porcentaje de componentes reciclables de albañilería confinada es de un 95% a comparación del sistema Covintec que representa un 37%. Con respecto a los residuos reutilizables el porcentaje de albañilería confinada es de un 5% y el porcentaje de Covintec representa un 2% mientras que el porcentaje de residuos no reciclables del sistema Covintec es de un 61%.

Gráfico 43

**Porcentaje de componentes constructivos
reutilizables y reciclables de Albañilería**

Confinada

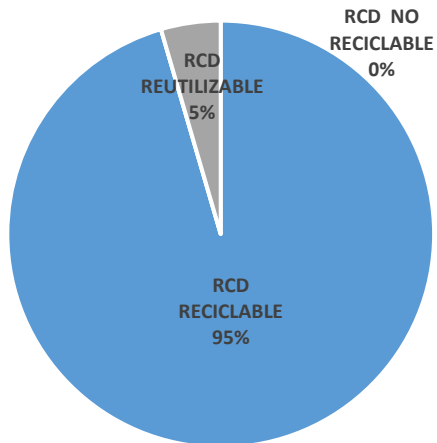
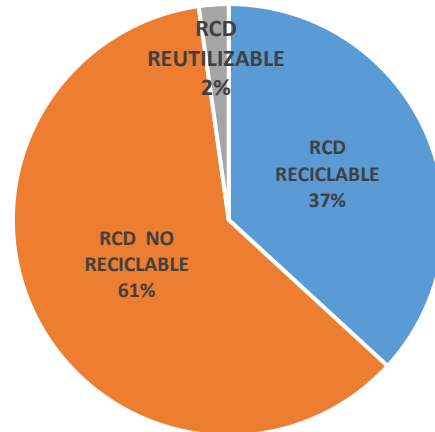


Gráfico 44

**Porcentaje de componentes constructivos
reutilizables y reciclables del sistema**

Covintec



CONCLUSIONES

Culminando con la investigación con los objetivos planteados podemos concluir con lo siguiente para cada capítulo.

PRIMERA: Para el análisis comparativo de factores de espacialidad arquitectónica de cada sistema se determinó que ambos sistemas poseen similares características en cuanto al criterio estructural, sin embargo, en cuanto a las luces máximas el sistema Covintec permite 4m y el sistema de AC permite hasta 5 generando 1m de diferencia, los mismo sucede con los elementos verticales el sistema de AC permite una altura máxima de 3m entre elementos estructurales horizontales mientras el que sistema Covintec puede alcanzar una altura de 4m. Se concluyó que los vanos en el sistema de AC no requieren reforzamientos extras a menos que el diseño lo imponga ya que las vigas funcionan como dinteles, sin embargo, cuando se desarrollan proyectos que en su totalidad están hechos con el Sistema Covintec requieren de reforzamientos de 30 cm para evitar fisuras en los encuentros de paneles. Se concluye que el sistema Covintec ofrece una mayor área útil ya que el ancho de muro terminado es de 13 cm a diferencia del sistema de AC que posee muros con un ancho final de hasta 17 cm, esto según los datos obtenidos de los módulos progresivos propuestos en los que el sistema Covintec tiene un porcentaje de área de muros de 12.13% y el sistema de AC tiene un 16.16%. En cuanto a la flexibilidad se concluye que ambos sistemas poseen las mismas ventajas ya que el sistema de AC permite remodelación y ampliación siempre y cuando no se remuevan muros portantes al igual que el sistema Covintec el cual permite la adición o sustracción de paneles a un proyecto ya culminado. Se concluye para los acabos que ambos sistemas son compatibles en su totalidad con diversos acabados, una única diferencia es que el sistema de AC puede permitir un acabado de ladrillo caravista, por el resto ambos sistemas aceptan acabados como papel tapiz, enchapes y pintura. En cuanto la imagen se concluye que el sistema Covintec posee una mayor libertad y facilidad para la propuesta de volúmenes y formas complejas esto gracias a la maleabilidad de sus paneles. Finalmente, para la instalación de tuberías de las diferentes especialidades se concluye que el sistema Covintec posee mayor ventaja ya que usa equipos que implican un menor riesgo al operario, no genera contaminación

por levantamiento de partículas ni contaminación auditiva y un punto muy importante es que la canalización de tuberías no genera desperdicios a comparación con el sistema de AC.

SEGUNDA: Para el análisis estructural y comportamiento sísmico de ambos sistemas se concluye que el peso específico de tabiquería del sistema Covintec es un 38.94 % más liviano que el sistema de AC, el peso específico de la losa del sistema Covintec es un 42% más liviana que la del sistema de AC y el peso específico de la edificación total en el sistema Covintec es un 32.86% más liviana que el sistema de AC, según los datos técnicos de cada sistema y el diseño de software estructural ETABS. Se concluyó que ambos sistemas cumplen con la norma de diseño sismorresistente E.030, sin embargo, se comprobó que las derivas del sistema Covintec son hasta 20 veces menores que las derivas del sistema AC, según los cálculos realizados en el software estructural ETABS. Debido a que los ensayos tanto en prismas de albañilería como en los ensayos de los paneles prefabricados, no se puede llegar a una comparación estricta de los datos obtenidos ya que los procedimientos para cada prueba exigida por la normativa peruana y la normativa chilena para paneles prefabricado, es sustancialmente diferente.

TERCERA: Para el análisis comparativo de confort termoacústico se determinó que el confort térmico que ambos sistemas ofrecen está por debajo de los máximos indicados en la normativa, sin embargo, el sistema Covintec posee valores mucho más bajos que el sistema de AC lo que indica que la materialidad del sistema Covintec posee mejores cualidades para un correcto confort térmico, según los cálculos realizados en base a la norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética. Para el confort acústico se concluyó ambos sistemas constructivos sometidos a frecuencias medias tienen un aislamiento aceptable, mientras que, si ambos sistemas se ven sometidos a frecuencias bajas, la albañilería confinada se comporta mejor compitiendo contra el sistema Covintec, según la simulación en el programa INSUL V9 y los ensayos de laboratorio de los materiales.

CUARTA: Para el análisis comparativo económico y tiempos de ejecución del sistema Covintec y albañilería confinada se determinó que el COSTO DIRECTO de

ambos sistemas constructivos el sistema más económico es el Sistema Covintec, resultando ser un 19.52% más económico en comparación a la albañilería confinada, En el tiempo de ejecución de obra programado, los datos extraídos del diagrama de Gantt, se obtuvo que el tiempo de ejecución en el Sistema Covintec es un 39.49% más rápido que el sistema de albañilería confinada con una diferencia de 47 días. Se concluyo también que para el análisis de tabiquería aplicado a el sistema aporticado el sistema Covintec es un 17.45% más económico que la tabiquería del sistema AC y en tiempos de ejecución el sistema Covintec es hasta 81.31% más rápida que la partida de muros de ladrillo pandereta, debido a que la habilitación de paneles es de fácil corte e instalación, por otro lado, la partida de tarrajeo de sistema Covintec es hasta un 16.53% más rápida que el tarrajeo en muros de albañilería.

QUINTA: Para el análisis comparativo del impacto ambiental producido por la ejecución de una edificación de Covintec y albañilería confinada se concluyó que las emisiones de CO₂eq del sistema Covintec son menores hasta un 15.49% menores que las del sistema de AC, según la metodología PAS 2050:2011. Se concluyó que el sistema Covintec los materiales producen 16.35% menos contaminación que los materiales del sistema AC y el sistema Covintec los equipos producen 4.68% menos contaminación que el sistema de AC, según la metodología PAS 2050:2011. Para la reciclabilidad de los materiales se concluyó que el sistema de AC es de un 95% a comparación del sistema Covintec que representa solo un 37%. Con respecto a los residuos reutilizables el porcentaje de albañilería confinada es del 5% y el porcentaje de Covintec representa un 2%, el porcentaje de residuos no reciclables del sistema Covintec es de un 61%.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para futuras investigaciones realizar ensayos de laboratorio equivalentes para ambos sistemas y evidenciar de una manera más clara y precisa las diferencias que puedan tener.
2. Para futuras investigaciones analizar y ver la posibilidad de implementar paneles con instalaciones o tuberías ya instaladas en los paneles para agilizar aún más el proceso constructivo.
3. Se recomienda para futuras investigaciones analizar el comportamiento de sistemas constructivos no convencionales aplicados en conjunto con otros sistemas, sobre todo para reducir costos en la ejecución de obra.
4. Se recomienda la fomentación y difusión de sistemas constructivos no convencionales que ofrezcan mejores ventajas frente a los sistemas tradicionales, para generar una cultura de construcción más diversa.
5. La implementación de normativas que regulen estos sistemas para un mejor control de calidad del proceso constructivo y regularización del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, T. F. (2018). *Analisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Editorial San Marcos EIRL.
- Alfaro, S. (2006). Analisis del proceso de autoconstruccion de la vivienda en Chile, bases para la ayuda informatica para los procesos comunicativos de soporte. *Tesis Doctoral*. Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona.
- Araujo. (2017). *Diseño arquitectónico de viviendas progresivas de interes social para el barrio “Menfis Bajo”, en la ciudad de loja*. [Tesis para optar el titulo profesional de Arquitecto].
- Arteaga, I. (2018). *Analisis comparativo de costos en una vivienda familiar usando el sistema constructivo emmedue y el sistema de albañilería en la Ciudad de Huanuco,2018*. Huánuco: [Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1096;jsessionid=E7BAE6B518A53C5065E0C701CB085261>
- Barti, R. (2014). *Elevados Niveles de sonido en Discotecas*. Laboratorio de ensayos Metrologicos, Barcelona.
- Benites et al. (2021). *Análisis y diseño estructural en concreto armado de un edificio multifamiliar de 6 pisos y un semisótano, ubicado en la Ciudad de Arequipa*. [Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil].
- Calderon , J. (2006). Ciudad y patrones de asentamiento: Estructura urbana y tipologización para el caso de Lima. *EURE (Santiago)*, 32(95), 37--59.
- Calderon, & Gamarra. (2020). *Análisis comparativo del diseño sismorresistente estructural y costo de los sistemas constructivos Emmedue y EMDL, en la ciudad de Trujillo, 2020*. [Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24414>
- Camara peruana de la construcción. (2009). *Costos y presupuestos en edificacion*. Lima, Peru. Retrieved from <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Costos-y-Presupuestos-en-Edificacion-CAPECO.pdf>
- Cámara Peruana de la Construcción. (2016). *Informe economico de la construcción*. Lima.

- Cansario. (2005). *Sistema constructivo de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial: Estudio estructural y optimización*. Barcelona: [Tesis para optar el grado académico de Doctor]. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93477>
- Carpio, F., & Quintanilla, V. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del concreto empleando los agregados y cementos con mayor demanda comercial en la ciudad de Arequipa utilizando métodos de diseños de mezclas para resistencias $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10506>
- Carrillo et al. (2017). *Anteproyecto Conjunto Habitacional de Interés Social en Altura, basados en Principios de Arquitectura Sustentable, en el municipio de Managua*. [Tesis para optar el título profesional de Arquitecto]. Retrieved from <https://ribuni.uni.edu.ni/1651/1/80776.pdf>
- Carrión. (2018). *Planeamiento de estrategias para el adecuado manejo de los residuos sólidos de construcción y demolición generados en los laboratorios de las facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario]. Retrieved from <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2461>
- Castillo, R. (1998). *Manual básico del ingeniero residente en edificación*. Lima: Capeco; Cámara Peruana de la construcción.
- Cemento Wari. (2021). *Ficha Técnica Cemento Wari Portland tipo I*. Retrieved from <http://www.cementowari.com/>.
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2001). *Guía para la construcción con albañilería*. Lima. Retrieved from <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2178/doc2178-contenido.pdf>
- Chavez, A. (2017). *Análisis de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6541>

- Constructora Valencia. (2001). *Proyectos*. Retrieved from <https://www.universidadperu.com/empresas/constructora-valencia.php>
- Corporación Aceros Arequipa S.A. (2010). *Manual de construcción para maestros de obra*. Lima. Retrieved from <https://www.acerosarequipa.com/manual-para-maestro-de-obra/albanileria-confinada/que-es-albanileria-confinada-2.html>
- Covintec . (2015). *Sistema Estructural - Catálogo Técnico*. Santiago, Chile .
- Covintec. (2022). *Reseña histórica*. Retrieved from <https://covintec.com/>
- Covintec Chile. (2014, Junio). *Catalogo tecnico Covintec*.
- Covintec Chile. (2021). *Covintec Sistema Estructural*. Retrieved from Protocolo de supervisión: <https://covintec.cl/informacion-tecnica/manuales-y-catalogos/>
- Covintec Mexico. (2021). Presentacion de proyectos.
- Covintec Tacna. (2022). *Covintec Peru*.
- Del Carpio, M. (2016). *Propuesta de mejora en el area de produccion para incrementar las ventas de ladrillos de la ladrillera Continental S.A.C*. Arequipa: [Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Retrieved from <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/5990/44.0497.II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, G. (2012). *Costos y presupuestos*. Lima: EDICIVIL SRLtda.
- Excellence In Desing For Greater Efficiencies. (2022). *Certificación EDGE*. Retrieved from <https://gbc-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf>
- Flores, L. E. (2018). Análisis y evolución de los sistemas constructivos prefabricados, impacto ambiental e interacción con el sistema constructivo tradicional mexicano. *Anales de Edificación*, 4(3), 44--51.
- Fondo Mivivienda. (2018). *Estudio de demanda de vivienda a nivel de las principales ciudades, hogares no propietarios*. Arequipa. Retrieved from <https://www.mivivienda.com.pe/PortalCMS/archivos/documentos/01.%20Estudio%20de%20Demanda%20de%20Vivienda%20Nueva%20de%20Arequipa.pdf>

- Gambetta Paredes, B. (2018, Junio 08). Déficit de 86 mil viviendas registran en la región Arequipa. *El Búho*. Retrieved from <https://elbuho.pe/2018/06/deficit-de-86-mil-viviendas-registran-en-la-region-arequipa/>
- García. (2023). *Implementación de la Certificación Excelencia de Diseño para Mayores Eficiencias en Edificaciones Multifamiliares de Nivel Socioeconómico "C" en el Marco del Desarrollo Sostenible*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6649>
- García, I. (2019). *Comportamiento estructural de los sistemas de poliestireno expandido (Emmedue) y albañilería confinada, para viviendas de carácter social 2019*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55959>
- García, I. (2019). Comportamiento estructural de los sistemas de poliestireno expandido (Emmedue) y albañilería confinada, para viviendas de carácter social 2019. (*Tesis de grado*). Universidad César Vallejo, Lima.
- García, M., & Molinelli, G. (2012). *Sistema de mortero proyectado - Teoría vs Práctica, Adaptaciones constructivas del sistema en Uruguay*.
- Ghio, V., & Bascuñan. (1995). Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando. *Revista Ingeniería de Construcción*, 14. Retrieved from <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10201>
- Gobierno Regional de Arequipa. (2016). *Plan Regional de Vivienda y Suelo (PREVIS) de Arequipa 2016-2021*. Arequipa. Retrieved from <https://viviendarequipa.gob.pe/wp-content/uploads/2021/05/plan-de-trabajo-vivienda-y-urbanismo.pdf>
- Hammond, G., & Jones, C. (2008). *Embodied energy and carbon in construction materials. Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. University of Bath. <https://doi.org/10.1680/ener.2008.161.2.87>
- Haramoto, E., Chiang, P., Sepulveda, R., & Kliwadenko, I. (1987). *Vivienda social: tipología de desarrollo progresivo*. Santiago de Chile. Retrieved from <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140436>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (sexta edición ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. De C.V.

- Ihobe. (2009). *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. Bilbao. Retrieved from <https://www.ihobe.eus/publicaciones/analisis-ciclo-vida-y-huella-carbono-dos-maneras-medir-impacto-ambiental-un-producto-2>
- ihobe. (2012). *Manual para la redacción de estudios de gestión de RCD en obras de edificación, rehabilitación y demolición*. Bilbao : Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2006). *Norma técnica G.010* . Retrieved from <https://www.construccion.org/>
- Instituto municipal de planeamiento. (2016). *Plan de Desarrollo Metropolitano PDM 2016-2025*. Arequipa.
- Investigación, desarrollo e innovación de Estructuras y Materiales. (2014). *Certificados IDIEM Panel Estructural*. Santiago de Chile.
- Jimenez, H., Ascencio, R. H., & Barreto, V. (2016). *Uso de madera en encofrados para la construcción en el Perú*. Lima: SENCICO.
- Juarez, A., & Neira, A. (2020). *Comparación cuantitativa entre ladrillos convencionales de arcilla y un ladrillo a base de materiales plásticos PET, como una alternativa de material eco-eficiente en el sistema de muro portante*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6541>
- Leon, C., & Villon, F. (2016). *Estudio de Pre Factibilidad de un proyecto Inmobiliario de Vivienda Social construido con Sistemas No Convencionales (EVG-3D y EMMEDUE)*. Lima: [Tesis para optar el grado académico de Maestro]. Retrieved from <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7499>
- Llerena, A., & Cumpa, M. (2020). *Análisis comparativo de los sistemas constructivos de albañilería confinada y muros de ductibilidad limitada para la formulación de una guía de selección del sistema constructivo en la fase de estudios previos de un proyecto de vivienda de media densidad*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de Arquitecto].
- Ludeña, Wiley. (2006). Ciudad y patrones de asentamiento: Estructura urbana y tipologización para el caso de Lima. *EURE (Santiago)*, 32(95), 37--59.

- Mac, & Mac. (2011). *Manual de construccion industrializada*. Buenos Aires: Revista vivienda SRL.
- Maltez, Julio. (2014). *Manual tecnico Emmeduee*. Nicaragua: SUMINSA. Retrieved from <https://www.panelconsa.com/wp-content/uploads/2016/04/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-R10.pdf>
- Martinez, N. (2012). *Construccion con paneles estructurales de poliestireno expandido*. Cartagena, España: [Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero en Edificación]. Retrieved from <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3076/tfg62.pdf?sequence=1>
- Medina, E. (2008). *Construccion de Estructuras de Hormigon Armado* (2da edicion ed.). Madrid: Delta Publicaciones.
- Meli, R., Svetlana, B., Yamin, L., Astroza, M., Boen, T., Crisafulli, F., . . . others. (2010). *Seismic Design Guide for Low Rise Confined Masonry Buildings-World housing Encyclopedia*. EERI & IAEE.
- Mendieta Architect & Group. (2022). *Fachada de edificio multifamiliar*.
- Meza. (2016). *La vivienda social en el Perú: evaluación de las políticas y programas sobre vivienda de interés social: caso de estudio: programa "Techo Propio"*. Barcelona: [Tesis para optar el grado academico de Maestro]. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/87782>
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (2019). *Documento Básico HR - Protección frente al ruido*. Retrieved from <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HR/DBHR.pdf>
- Ministerio de vivienda construccion y saneamiento. (2016). *Decreto Supremo N°019-2016-vivienda Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de lasActividades de la Construcción yDemolición*. Lima.
- Ministerio de vivienda construccion y saneamiento. (2016). *Decreto Supremo N°019-2016-vivienda Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de lasActividades de la Construcción yDemolición*. Lima.
- Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile. (1999). *Norma Chilena de emergencia oficial NCh806.EOf71*. Santiago de Chile.

- Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile. (2000). *Norma chilena nch 352/1. of 2000: aislación acústica parte 1: construcciones de uso habitacional requisitos mínimos y ensayos.* Santiago de Chile. Retrieved from <https://www.acusonic.cl/documentos/NCH%20352.pdf>
- Ministerio de vivienda y urbanismo de Chile. (2014). *Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Acústico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo ED12.* Santiago de Chile.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Tecnica E.070 Albañileria.* Lima. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27938/Norma-E-070-MV-2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Resolución Ministerial N.º 45-2010-Vivienda.* Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/15973-45-2010-vivienda>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). *Resolución Ministerial N.º 74-2011-Vivienda.* Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/14494-74-2011-vivienda>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013, febrero 1). *Resolución ministerial nº 027-2013-vivienda.* Lima, Perú. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/13974-27-2013-vivienda>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Norma Tecnica EM.110 Confort termico y luminico con eficiencia energetica.* Retrieved from <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686426/EM.110%20Confort%20T%C3%A9rmico%20y%20Lum%C3%ADnico%20Con%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica.pdf?v=1641411379>
- Ministerio de vivienda, construccion y saneamiento. (2018). *Decreto supremo N° 010-2018-vivienda, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Especial de Habilitación Urbana y Edificación.* Lima. Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1668579-2>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento. (2018). *Norma Tecnica E.050 Suelos y cimentaciones del reglamento nacional de edificaciones.* Lima.

- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Oficina de Atención al ciudadano*. Retrieved Abril 05, 2021, from https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/vivienda_y_urbanismo.html
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma E0.60 Concreto Armado*. Lima. Retrieved from <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Resolucion ministerial N° 120-2020-VIVIENDA Reglamento Operativo para acceder al Bono Familiar Habitacional, para la modalidad de Aplicación de Construcción en Sitio Propio*. Lima: El Peruano normas legales.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *SENSICO. Reglamento para la aprobación de utilización de sistemas constructivos no convencionales*. Retrieved from <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3474091/Reglamento%20para%20la%20utilizaci%C3%B3n%20de%20sistemas%20constructivos%20no%20convencionales.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM*. Retrieved from <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-013-2014-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Infocarbono*. Retrieved from <https://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/intro/>
- Montaner, J. (2015). *La arquitectura de vivienda colectiva: Políticas y proyectos en la ciudad contemporánea*. Barcelona.
- Mora, K., & Orozco, L. (2017). *Comparacion entre sistemas de construccion de mamposteria confinada y paneles de Covintec como nueva alternativa para la construccion de modelo de casas de interes social en la ciudad de Granada, Nicaragua*. Managua: [Tesis para optar el titulo profesional de Arquitecto]. Retrieved from <https://repositorio.unan.edu.ni/3557/1/19106.pdf>

- Moromisato. (2018). *Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en proyectos comerciales*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3178/moromisato-sonan-diana-beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morón. (2022). *Aplicación del sistema constructivo no convencional EVG-3D en vivienda de interés social (vis) en la Ciudad de Tacna, 2022*. [Tesis para optar el título profesional de Arquitecto]. Retrieved from <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2746/Moron-Santana-Marcelo.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2012). *Manual de autoconstrucción y mejoramiento de vivienda*. Lima. Retrieved from <https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/gerencias/GDU/SALT/manual-de-autoconstruccion-y-mejoramiento-de-vivienda.pdf>
- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2013). *Plan de Gestión de los Residuos de la Construcción y la Demolición y de Obras Menores depositados en espacios públicos*. Arequipa. Retrieved from https://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/transportes/PLAN_GESTION_RESIDUOS_OBRAS.pdf
- Municipalidad Provincial de Arequipa. (2017). *Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (pigars)*. Arequipa. Retrieved from <https://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/gestionmanejoresiduos/PIGARS%202017-2028/PIGARS%20final%202022%20de%20Diciembre.pdf>
- Muñoz Cosme, G., & Cristina Vidal, L. (2004). Análisis comparativo de los diferentes sistemas constructivos en el área Maya. In B. A. J.P. Laporte (Ed.), *XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2003*. Guatemala.
- Nilson, A., & Winter, G. (1996). *Diseño de estructuras de concreto*. México: Editorial Limusa.
- Núñez, H., Farfan, E., & Diaz, H. (2001). *Geología y estratigrafía del cuaternario y zonificación geotécnica-sísmica del área urbana de Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Retrieved from <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2172/doc2172.htm>

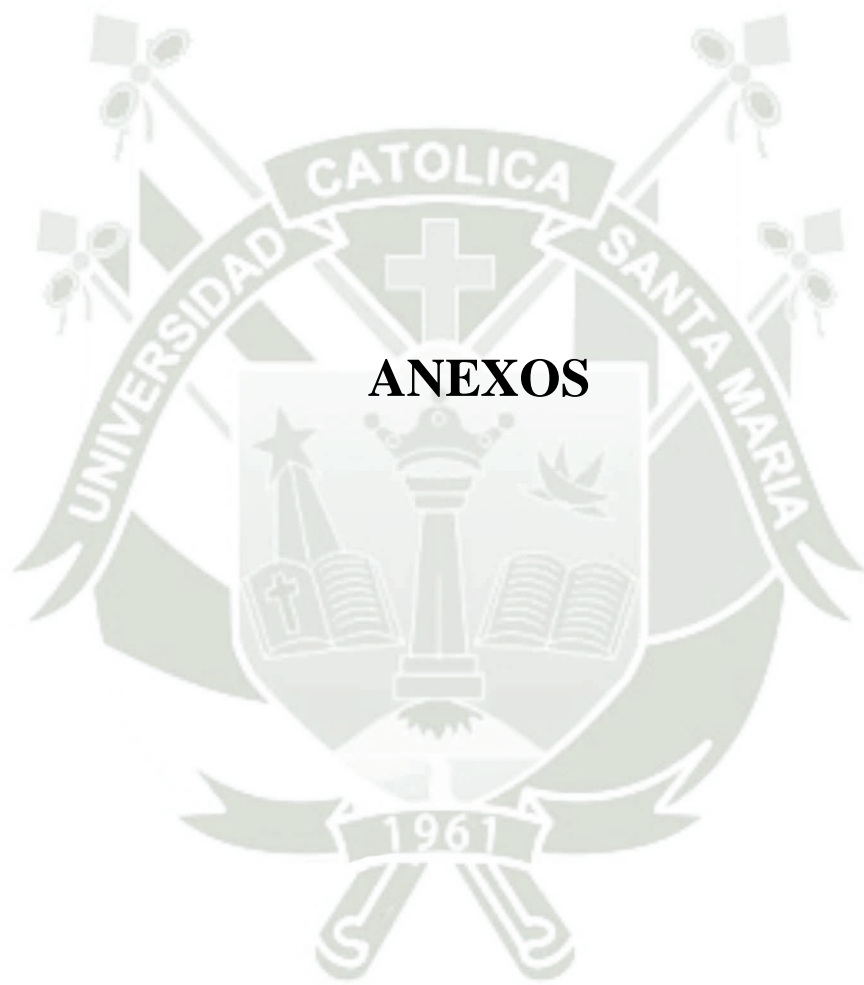
- Orellana-Rivadeneira, G., Sandoval-Solís, M. L., Linares-Fleites, G., García-Calderón, N. E., & Tamariz-Flores, J. V. (2012). Descripción de la dinámica de carbono en suelos forestales mediante un modelo de reservorios. *Avances en ciencias e ingeniería*, 3(1), 123--135.
- Orozco, A., & Puentes, A. (2016). *Evaluación de productividad en el sistema portante Hormi2 de paneles de hormigon Armado con Nucleo de Poliestireno Expandido mediante el uso de formaletas*. Quito, Ecuador: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil].
- Panel Covintec S.A. de C.V. (2011). *Manual Tecnico Covintec*.
- Porras et al. (2015). *CO2e: Cálculo de huella de carbono para materiales de construcción en Costa Rica*. [Tesis para optar el título profesional de Arquitecto]. Retrieved from <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3212>
- Programa Regional Aire Limpio. (2009). *Caso de estudio Detras de los ladrillos: Una gestion integral para el sector informal*. Lima: Programa regional Aire Limpio. Retrieved from https://catalogobiam.minam.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8217&query_desc=an%3A%224076%22
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2021). *Norma A.010 Condiciones Generales de Diseño*. Retrieved from https://transparencia.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/transparencia/proyectos-de-inversion/niveles-de-servicio/2021/PNDP/NS/Norma_A_010_CONDICIONES_GENERALES_DE_DISENO.pdf
- Rocatech S.A.C. (2021). *Ficha tecnica Cemento mishky Portland puzolanico tipo IP*. Retrieved from https://rocattech.com.pe/?Ctrl=C_productos#productos.
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagacao e de construcao do conhecimento. *Revista Ean*(82), 179--200.
- Rojas. (2020). *Análisis comparativo entre el sistema constructivo Emmedue y el sistema convencional de albañilería para la construcción de viviendas sociales unifamiliares, Lima Metropolitana, 2020*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25433>

- Roos, L. (2020). *Presentacion tecnica sistema Covintec*.
- San Bartolomé, A. (1998). *Construcciones de albañilería: Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2014). *Guía para la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en obra*. Retrieved from <https://construccionsostenible.cfia.or.cr/wp-content/uploads/2018/08/Gu%C3%ADa-para-la-elaboraci%C3%B3n-del-plan-de-gesti%C3%B3n-integral-de-residuos-de-construcci%C3%B3n-y-demolici%C3%B3n-RCD-en-obra.pdf>
- Serra , R., & Coch , H. (2001). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona : Edicions UPC. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36276>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. (2022). *Sistemas Constructivos No Convencionales*. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887231-sistemas-constructivos-no-convencionales>
- Taranilla. (2009). *Estudio comparativo de viabilidad económica y comercial de promociones de viviendas: sistema convencional y sistema industrializado de acero ligero*.
- Tokeshi, J., Noriega, C., & Miyashiro, J. (2005). *El programa PASO A PASO, la vivienda progresiva en el Peru*. Lima. Retrieved from https://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/Manuales_Herramientas_de-desarrollo/HD_DENSIFICACION_HABITACIONAL_Arquitectura.pdf
- Torres. (2020). *Transformación de las viviendas de PREVI desde 1973 al 2020*. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/616/3/ta764.pdf.txt>
- Vargas, G., & Yataco, A. (2020). *Efecto de las fibras de acero y propileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos*. Lima: [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil]. Retrieved from https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3678/CIV-T030_72636801_T%20%20%20YATACO%20BARREDA%20ALVARO%20GUSTAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vásquez. (2016). *Implementación de una guía sobre la protección al ruido en sistemas constructivos para la Norma Ecuatoriana de la Construcción*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro].

Yura S.A. (2021). *Ficha Técnica Cemento portland tipo IP*. Retrieved from <https://www.yura.com.pe/productos/>





ANEXO 1
CARPETA DE ANEXOS

Se adjunta el enlace de la carpeta de anexos

[Anexos finales.rar](#)

